



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**ESTUDIO DE UN SINDROME LOCOMOTOR EN
OVINOS DE LA ZONA DEL EX-LAGO DE XALTOCAN:
ASPECTO CLINICO - PATOLOGICO Y RELACION
SUELO - PLANTA - ENFERMEDAD**

T E S I S

Que para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P r e s e n t a

Víctor Manuel Noffal Nuño

N658



**Asesores: M.V.Z. René Rosiles Martínez
M.C. Rosa Ma. García Escamilla
M.V.Z. Juan José Enríquez Ocaña**

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTUDIO DE UN SINDROME LOCOMOTOR
EN OVINOS DE LA ZONA DEL EX-LAGO
DE XALTOCAN, : ASPECTO CLÍNICO-PATOLOGICO
Y RELACIÓN SUELO-PLANTA-ENFERMEDAD

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médico Veterinario y Zootecnista
por
Victor Manuel Noffal Nuño

Asesores:

M.V.Z. René Rosiles Martínez
M.C. Rosa Ma. García Escamilla
M.V.Z. Juan José Enriquez Ocaña

México, D.F.

1986

DEDICATORIA

A mis padres:

Dr. Manuel Noffal Zepeda

Socorro Nuño de Noffal

De quienes siempre he recibido apoyo, buenos consejos y amor; quienes me han enseñado que solo trabajando se alcan--zan las metas.

A mis hermanos:

Nuri, Jacobo y Yazmín.

Quienes comparten mis penas y alegrías.

A la memoria de mi abuela Gabriela y mis padrinos Joa--quín y Chepita.

A mi Facultad, a mis maestros y compañeros.

A mis amigos.

Al personal del Distrito de Riego 88, ejidatarios y comunidades de su jurisdicción, esperando que este trabajo les sea de utilidad.

A la memoria de los animales que han dado y dan su vida día a día para que el hombre se alimente, amplíe sus conocimientos científicos y mantenga su salud, o la vida misma.

Al ser humano que defiende a los animales y la naturaleza en general y que lucha por su conservación y dignidad.

AGRADECIMIENTOS

Al MVZ Jaime Páramo R. por su invaluable ayuda en la obtención de la mayoría del material de investigación, aportación de bibliografía, especialmente la concerniente a la zona estudiada y en general, por su interés en este trabajo, - que fue el mayor estímulo que tuve para seguir adelante en la realización del mismo.

A ejidatarios del Distrito de Riego 88, por su cooperación generosa y entusiasta, especialmente al Sr. Tomás Gutiérrez.

A la Dra. Aline S. de Aluja quien me dio la oportunidad de realizar este trabajo; por proporcionarme contactos, bibliografía y sus valiosas opiniones.

A: Quím. Ma. Antonieta Aguirre, MVZ Rogelio López y los QFB Alfredo Gonzalez y Virginia R. de Gonzalez por su paciencia y colaboración en el procesamiento, lectura de las muestras y realización de los cálculos.

Al personal del lab. de control de calidad de los Laboratorios Upjohn, especialmente a los IQs Alcántara y Freyre, por quienes fue posible la lectura de selenio.

Al personal del lab. de Patología Clínica, especialmente a los MVZ Genaro Jardón, Jorge Fernández y téc. lab. Fidel Luna.

A los Ings. Felipe Solorio y Georgina Fernández por su ayuda en la determinación de sulfatos. Al MVZ Luis Contreras C. por permitirme el acceso a las instalaciones de Ferreteria. Al Dr. Alfonso Delgado, por la identificación de algunos forrajes.

A mis asesores, por proporcionarme bibliografía, opiniones y ayuda técnica. Al Sr. Aureliano García, técnico de la Sala de Necropsias, por su colaboración en los exámenes post-mortem.

Y a: MVZ Carlos Córdoba, QFB Marcela R. de Bledt, Quím. Ana Ma. Rocha y MVZ Alicia Pérez por sus consejos, opiniones y amable aportación de información bibliográfica.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.	1
INTRODUCCIÓN	3
MATERIAL Y MÉTODOS	17
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	65
GLOSARIO	90
LITERATURA CITADA	94

RESUMEN

NOFFAL NUÑO, VICTOR MANUEL. Estudio de un síndrome locomotor en ovinos de la zona del ex-lago de Xaltocan: aspecto clínico-patológico y relación suelo-planta-enfermedad (bajo la dirección de: René Rosiles Martínez, Rosa Ma. García Escamilla y Juan José Enríquez Ocaña).

Se efectuó un estudio descriptivo de un síndrome locomotor en ovinos, caracterizado por debilitamiento progresivo de las extremidades posteriores. Se realizaron análisis encaminados a comprobar una posible deficiencia de selenio y/o cobre, tratando de esclarecer la probable relación del suelo y forrajes con la enfermedad, en caso de ser un problema de dicha naturalaleza.

Se colectaron muestras de forrajes, cada una con una muestra correspondiente de suelo, provenientes de zonas en que se informó la presentación de casos de animales enfermos, midiéndose el contenido de Se, Cu, Mo, sulfatos y otros elementos minerales; asimismo, se determinó pH y textura del suelo.

Los ovinos se dividieron en 2 grupos: uno afectado por la enfermedad y otro control. Se llevaron a cabo: necropsias y estudios histológicos (en el primer grupo); determinación de elementos minerales en diversos tejidos (Se y Cu) y suero sanguíneo (otros, incluyendo Cu); enzimas CPK y TGO séricas y biometría hemática completa, comparándose estadísticamente ambos grupos.

Se observó un pobre contenido promedio de Cu en el suelo (1.5 ppm) y en los forrajes (4.1 ppm), asociados con una baja concentración del elemento en los tejidos de los ovinos afectados (9.1 ppm en hígado), presentación de altos niveles séricos de CPK (1289 UI/l), cambios post-mortem que indican desnutrición y lesiones microscópicas en sistema nervioso central.

El contenido de Se de los forrajes fue adecuado y se relacionó con un status aparentemente normal de los ovinos y au

sencia de lesiones específicas de su deficiencia.

Se ofrece una interpretación de la interacción suelo----
planta-enfermedad y se proponen medidas para atacar el problema
ma.

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES.

De acuerdo con la información verbal de pobladores de diversas comunidades* ubicadas dentro del Distrito de Riego 88, S.A.R.H.**, el cual ocupa la zona del ex-Lago de Xaltocan, al NE del Distrito Federal (Fig. 1), desde hace aproximadamente sesenta años, época en que se iniciaba la cría de ganado ovino en la zona, se presenta en algunos borregos un problema locomotor, caracterizado por debilitamiento progresivo de las extremidades posteriores, que se inicia a los 2 o 3 meses de edad. Esto ocasiona que la mayoría de los animales mueran, -- cuando ha avanzado la enfermedad, por inanición o aplastados por otros animales mayores, ante la imposibilidad de estar en pié y caminar.

Los animales así afectados reciben la denominación regional de "güillos", y al referirse a la presentación del problema, se dice que "se engüilan".

En general, los ovinos afectados no presentan cambio en las constantes fisiológicas, ni pérdida de apetito***.

Se informa que el 20.18% de los hatos existentes en la zona ha sido afectado, con una morbilidad de 15% y mortalidad aproximadamente equivalente. El promedio de borregos por hato es de 13***.

Los propietarios se encuentran convencidos de que una -- vez que los animales adquieren la enfermedad, su estado empeora paulatinamente y llegan a morir aun cuando reciban tratamiento, por lo que se ven obligados a sacrificarlos a edad -- temprana, sin obtener de dichos animales el rendimiento deseado.

* Sta. Ma. Tonanitla, Sn. Miguel Xaltocan, Sn. Pedro Atzompa, Sto. Tomás Chiconautla, Sn. Cristóbal Ecatepec y Sta. Ma. --- Ozumbilla.

** Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

*** Páramo, J.: Comunicación personal, 1984.

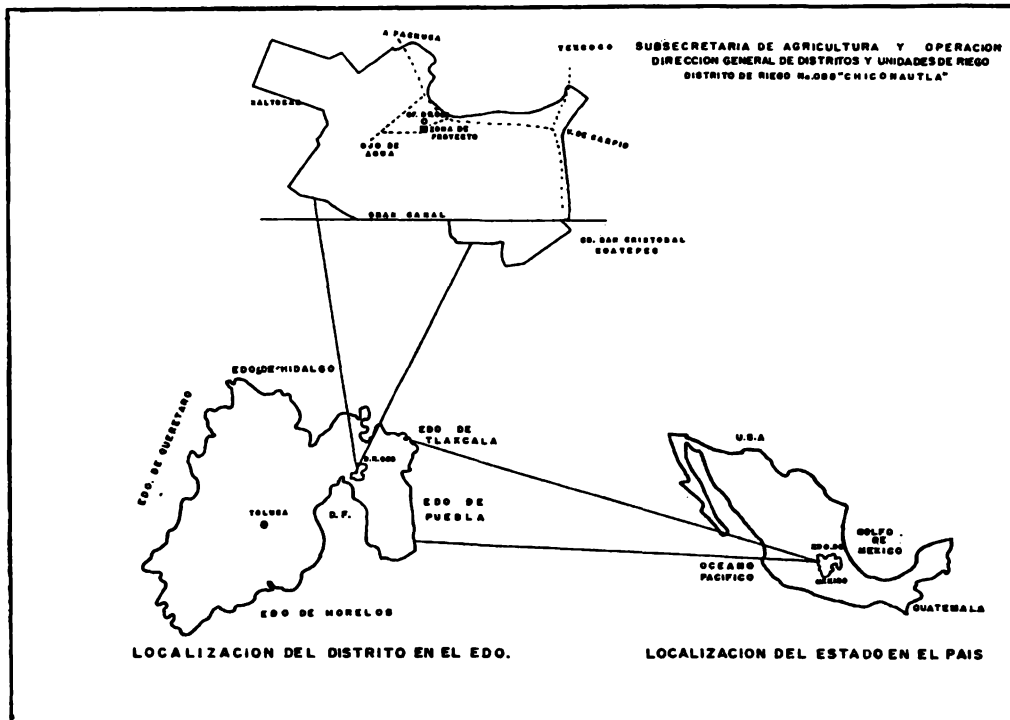


Fig. 1. Localización de la zona de origen de los ovinos afectados por el síndrome locomotor.

La ovinocultura es en esta zona, en cuanto al número de cabezas, la segunda actividad pecuaria de importancia (8), -- por lo que el daño a ésta, resulta en detrimento de la economía local.

Se efectuaron algunos estudios preliminares sobre este problema. Los datos obtenidos en ellos han orientado el presente trabajo hacia la búsqueda de la naturaleza específica del padecimiento.

2. INFORMACIÓN VINCULADA AL PROBLEMA.

La presentación de un síndrome locomotor de carácter enzoótico en ovinos que afecta a las extremidades posteriores, como el descrito anteriormente, podría coincidir con el cuadro clínico que se describe en la literatura para dos deficiencias de minerales o una intoxicación por plantas:

- (1) Deficiencia de cobre (síndromes de ataxia enzoótica y --- "swayback" o "enfermedad del torneo").
- (2) Deficiencia de selenio y/o de vitamina E ("enfermedad del músculo blanco" o miopatía degenerativa nutricional).
- (3) Intoxicación por las plantas Cassia spp. y Karwinskia -- humboldtiana.

(1) Deficiencia de cobre (Cu).- En los rumiantes, una deficiencia de cobre causa interferencia con el proceso de oxidación en los tejidos, lo que resulta en un amplio rango de manifestaciones clínicas, incluyendo particularmente aquellas que se asocian con anemia y desmielinización en el sistema nervioso central (11).

El Cu forma parte de varias metaloenzimas: citocromo C oxidasa, uricasa, tirosinasa, lisil-oxidasa, benicilamina-oxidasa y diamino-oxidasa. Es importante para la formación normal del hueso y fundamental en la actividad osteoblástica, -- así como para la formación de colágena y elastina (39,43).

El deterioro de dichos sistemas enzimáticos conduce entonces a la presentación de otros signos clínicos en los ovinos: depresión del crecimiento, trastornos óseos (fracturas -

espontáneas), despigmentación y crecimiento anormal de la lana (23,31,39,58).

La deficiencia de cobre puede ser: primaria, cuando la ingestión del elemento mineral en la dieta es insuficiente; o secundaria (condicionada), cuando la ingestión es suficiente pero la utilización del cobre por los tejidos se ve impedida (11).

El factor que condiciona una deficiencia de cobre en los tejidos se conoce solo en algunos casos, pero es frecuente -- que se asocie a un exceso de molibdeno en la dieta (11). Se ha demostrado que el molibdeno interfiere en la utilización del cobre por el animal, y que esta interferencia es máxima -- cuando el nivel de sulfatos en el forraje es mayor de 0.2% -- (34).

Otros factores condicionantes de la deficiencia de Cu -- son el zinc, hierro, plomo y carbonato de calcio (11).

En otros países, se describen los siguientes síndromes a sociados con la deficiencia primaria de cobre: en ovinos, ataxia enzoótica (Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos); y en bovinos, "licking sickness" o "liksucht" (Holanda) y -- "falling disease" o "mal de la caída" (Australia) (11).

En Australia y Florida, EE.UU., se presenta una deficiencia combinada de cobre y cobalto ("mal de la costa" y "mal de la sal", llamados así respectivamente) (11).

Se reconocen como deficiencias secundarias o condicionadas de cobre, los siguientes síndromes: "swayback" o "enfermedad del torneo" en Gran Bretaña y EE.UU.; "renguera", en Perú; "teart", en Gran Bretaña; "mal diarreico", en Holanda; "peat scours", en Gran Bretaña, Nueva Zelanda y Canadá; "mal de la sal", en Florida y "pine", en Escocia. Los tres primeros afectan a los ovinos y el resto se presenta en bovinos (11).

Ataxia enzoótica.-- Se ha identificado en corderos lactantes y en brotes severos, éstos pueden ser afectados al nacimiento, pero la mayoría de los casos se presentan en el grupo de 1 a 2 meses. La severidad de la paresia disminuye con el incremen

to de la edad en el momento en que ésta se presenta. La sobrevivencia es más probable en los animales de mayor edad, pero los corderos que sobreviven siempre muestran cierta ataxia y atrofia de los miembros posteriores.

El primer signo en la ataxia enzoótica es incoordinación de las extremidades posteriores, que aparece cuando los corderos son conducidos o arreados.

Conforme progresa la enfermedad, la incoordinación se hace más severa y puede ser aparente después de caminar unos pocos metros. Hay una flexión excesiva de las articulaciones, - balanceo vacilante de los miembros traseros y finalmente caen. Las extremidades posteriores se afectan primero y el cordero puede ser capaz de arrastrarse sentado.

Cuando finalmente resultan involucradas las extremidades anteriores, la recumbencia persiste y el cordero muere de inaniación. No hay una parálisis real, el cordero es capaz de patear vigorosamente aún en estado de recumbencia. No se afecta el apetito.

"Swayback". - Este síndrome tiene manifestaciones idénticas a las de la ataxia enzoótica, pero es con mayor frecuencia, de tipo agudo, de presentación temprana, curso corto, fatal y -- con severas lesiones cerebrales. Se presenta en forma subaguda y es semejante a la mayoría de los casos de ataxia enzoótica (11).

Mientras que la ataxia enzoótica está asociada con pastos deficientes en cobre, no existe tal claridad de asociación con "swayback" (31).

Los corderos son afectados al nacimiento o en las primeras semanas de vida. Pueden nacer muertos o débiles y son incapaces de mantenerse en pié y mamar. La incoordinación y movimientos erráticos son más evidentes que en la ataxia enzoótica y la parálisis es de tipo espástico. Ocasionalmente se presenta ceguera (11).

Se sugiere que además de la deficiencia de Cu, existe una predisposición heredada a la adquisición del "swayback" -- (11).

Patología clínica.- La anemia es constante en los casos avanzados de deficiencia primaria de Cu: se observan niveles de hemoglobina de 5-8 g/dl y cuentas de eritrocitos de 2-4 millones/ul. Los niveles de calcio (Ca) y fósforo (P) en la sangre son habitualmente normales, a pesar de la tendencia incrementada de los huesos a sufrir fracturas. Los signos clínicos de deficiencia de Cu pueden aparecer antes de que haya cambios significativos en los niveles de Cu en sangre e hígado. Niveles menores de 0.5 ug/ml en plasma y 30 mg/kg (base seca) en el hígado de ovinos se consideran diagnósticos de deficiencia de cobre. Los niveles plasmáticos de Cu de 0.5 ug/ml o menos son indicativos de un bajo contenido hepático (11).

Sin embargo, los niveles hepáticos son los que dan la mejor información diagnóstica, puesto que los niveles de cobre en sangre pueden permanecer normales durante largos periodos después de que los niveles de Cu en hígado empiezan a decaer (11).

El status de Cu del animal puede conocerse también mediante la medición de la ceruloplasmina, una cuproproteína plasmática (11).

Hallazgos a la necropsia.- Los hallazgos característicos en la deficiencia de cobre corresponden a anemia y emaciación. Pueden encontrarse extensos depósitos de hemosiderina en el hígado, bazo y riñones en la mayoría de los casos de deficiencia primaria de Cu y en la forma secundaria si el status de cobre es lo suficientemente bajo.

En los corderos puede haber una severa osteoporosis y puede existir un ensanchamiento de la placa epifisiaria (11).

El hallazgo más significativo en la ataxia enzoótica es desmielinización de los tractos cerebelares y de los tractos de Lissauer en la médula espinal. En unos pocos casos extremos y en la mayoría de los casos de "swayback", la desmielinización también involucra al cerebro, con destrucción y cavitación de la sustancia blanca. Existe una marcada hidrocefalia

interna y las circunvoluciones del cerebro están casi obliteradas (11).

Cambios neuronales: se caracterizan por cromatolisis central, vacuolización y principios de necrosis que se presentan en todo el sistema nervioso, aunque se observan mejor en los núcleos rojo y vestibular y en las astas ventrales de las dilataciones cervical y lumbar de la médula espinal (31).

(2) Deficiencia de selenio y/o vitamina E.- Involucradas en la presentación de la "enfermedad del músculo blanco". Esta es una enfermedad aguda o subaguda, caracterizada por trastornos locomotores, falla circulatoria (por degeneración del miocardio), degeneración y necrosis del músculo esquelético y --cardiaco, causada por deficiencia de selenio metabolizable en las ovejas durante la preñez y lactación y se presenta en ambos sexos y todas las razas, del nacimiento a los 3 meses de edad (29).

Existen tres síndromes clínicos. La presentación de alguno de ellos depende de qué músculos sean afectados por la degeneración y la severidad de la misma (31).

Síndrome locomotor.- Se afectan los músculos de las extremidades, sobre todo las posteriores, en el área del muslo (31,58).

Síndrome de muerte súbita.- Se afecta el miocardio. Esto puede acompañarse de edema pulmonar, lo que clínicamente sugiere neumonía (31).

Síndrome respiratorio.- Junto con lo arriba descrito, en el caso en que se afecten los músculos laríngeos (común en --corderos) puede ocasionarse una neumonía, por aspiración de --materia alimenticia (29).

La forma más común de esta enfermedad es la subaguda en los corderos jóvenes ("stiff lamb disease" o "enfermedad del cordero tieso"), que es la presentación del síndrome locomotor. Los animales afectados pueden moverse tiesamente con el dorso arqueado y frecuentemente llegan a adoptar una posición recumbente sobre el esternón, sin la capacidad de pararse pe-

ro con el deseo obvio de hacerlo. Si la condición es lo suficientemente severa como para que se imposibilite la lactancia, el animal muere por inanición (11).

En los corderos que están en pié los signos obvios son - rigidez, tremor de los miembros, debilidad y en la mayoría de los casos, incapacidad para estar en pié más de unos pocos minutos.

La mayoría de los animales afectados retienen su apetito y mamarán si se les detiene junto a la madre o comen si se les da el alimento con la mano (11).

Patología clínica.- Se señala que la miodegeneración nutricional tiene una íntima asociación con hipomagnesemia, hipofosfatemia, deficiencias dietarias de cobre y cobalto y exceso dietario de yodo y azufre (31).

La determinación de la actividad de la creatinfosfoquinasa plasmática (CPK) es el recurso de laboratorio más comúnmente utilizado en el diagnóstico de la miopatía degenerativa en corderos (11).

La CPK es altamente específica para el músculo cardíaco y esquelético y se libera a la sangre después de un ejercicio al cual no está acostumbrado el individuo y posterior a la -- miodegeneración (11).

Los niveles sanguíneos de CPK en ovinos, informados como normales, varían según el autor. Boyd, citado por Blood & Henderson (11) señala un valor de 52 ± 10 UI/l. Consultar a Kaneko (33) y Benjamin (10) para obtener información sobre los -- rangos propuestos por dichos autores.

En los ovinos con miopatía degenerativa aguda los niveles de CPK se incrementan generalmente sobre 1000 UI/l, comúnmente de 5000 a 10 000 UI/l y con frecuencia, aún más (11).

La actividad de la transaminasa glutámico-oxalacética -- (TGO) sérica es también un indicador del daño muscular, pero no tan confiable como la de CPK, porque los niveles elevados de TGO pueden indicar también daño hepático.

La actividad de TGO permanece elevada durante 3-10 días --

porque tiene una vida media mucho más larga que la CPK. En casos agudos de miopatía degenerativa se han observado niveles de 2000 a 3000 UI/l en corderos. Los niveles séricos de referencia de esta enzima en ovinos, varían según los investigadores. Blood & Henderson (11): menos de 100 UI/l. Asimismo, consultar a Kaneko (33) y Benjamín (10) con respecto a los rangos que proponen.

La magnitud del aumento de la TGO y CPK es directamente proporcional a la extensión del daño muscular (11).

Status de selenio del animal.- Las concentraciones de selenio en varios tejidos, son buenos indicadores del status de selenio del animal. Los valores fluctúan con la ingestión del elemento en la dieta.

Niveles de más de 2 ppm (base seca) en el riñón y más de 0.2 ppm (B.S.) en hígado indican cantidades adecuadas de selenio en los ovinos (11,37).

Existe una buena correlación positiva entre el contenido de selenio en los pastos y el de los tejidos y sangre de los animales que se alimentan de ellos (11).

Cuando los animales tienen acceso a dietas adecuadas en selenio, acumulan reservas de éste, suficientes para protegerlos de la deficiencia durante periodos razonablemente largos. Por esto, los animales que hacen movimientos periódicos de áreas con cantidades adecuadas de Se a áreas pobres, pueden no ser afectados por la deficiencia de este elemento mineral --- (35).

La correlación entre la concentración de selenio en sangre y la actividad de glutatión peroxidasa es buena en ovinos y bovinos, por lo que la medición de esta última puede usarse para valorar el status de selenio (11).

Status de vitamina E.- Existen dos informes de miodegeneración nutricional en forma natural en ovinos destetados asociada con un status adecuado de selenio y bajas concentraciones hepáticas de α -tocoferol (vitamina E) y un informe de corderos lactantes asociado con un status bajo de α -tocoferol y

adecuado en cuanto a selenio (37).

La deficiencia de vitamina E no suele deberse a insuficiencia en la ingesta, ya que se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, en las hojas verdes de las plantas y abunda en las semillas de los cereales (22). Sin embargo, es posible cuando la dieta contiene productos con acción antivitaminica o "agentes miopáticos primarios", como ácidos grasos no saturados y sus productos de oxidación (aceites rancios de hígado de bacalao, harinas y aceites de pescado, aceite de linaza), soya, sulfato de sodio, pasta de coco, maíz, leguminosas (como la alfalfa) e hidrocarburos clorados (insecticidas) (4,22).

Los niveles de tocoferol en sangre e hígado proveen una buena información sobre el status de vitamina E del animal. Pero los niveles hepáticos indican con mayor precisión el status de vitamina E (11).

Hallazgos a la necropsia.- La apariencia macroscópica e histológica de las lesiones musculares es constante, pero su distribución varía ampliamente con los diferentes animales.

Los grupos afectados de músculo esquelético siempre son bilateralmente simétricos. En el músculo esquelético y diafragma existen áreas blancas o grisáceas localizadas de degeneración que tienen la apariencia macroscópica de carne de pescado (11).

El músculo afectado está friable y edematoso y puede estar calcificado (11,31).

En los casos de corderos en que el miocardio está lesionado, son visibles áreas blancas de degeneración, particularmente bajo el endocardio de ambos ventrículos. Las lesiones pueden extenderse hasta involucrar el septo interventricular y músculos papilares (11).

Histológicamente, las lesiones musculares son no inflamatorias. La degeneración hialina es seguida por necrosis coagulative.

Los brotes más severos de deficiencia de selenio se han asociado con pasturas que se han fertilizado recientemente -- con azufre (31). El sulfato de los fertilizantes reduce la acumulación de selenio en las plantas inhibiendo su absorción (31,39).

La actividad precipitante de la deficiencia que tienen los fertilizantes sulfurosos, se relaciona posiblemente a la actividad química análoga del azufre y selenio y el condicionamiento de una deficiencia de este último por un exceso de azufre (31).

Relación entre el Se y Cu.

La administración de Se a los ovinos en pasturas deficientes en cobre aumenta la absorción de este último por los ovinos y mejora la tasa de crecimiento de los corderos.

El sulfato inorgánico dietario en combinación con el molibdeno tiene un profundo efecto en la absorción de cobre por los rumiantes. La adición de sulfato en la dieta, también tiene un efecto depresor sobre la absorción de Se, por lo que se pueden presentar, en áreas con niveles marginales de Cu y Se en el suelo, síndromes de deficiencia en los animales. Tales deficiencias combinadas están llegando a ser más comunes (11).

Un dato clínico notable, es que, en bovinos, la deficiencia de cobre puede producir anemia con cuerpos de Heinz en los eritrocitos (11) y recientemente, se ha informado de la presencia de este mismo tipo de anemia en un caso de deficiencia de selenio (40).

(3) Intoxicación por plantas..- Por lo menos dos intoxicaciones por plantas producen blancura del músculo, sobre todo en miembros posteriores, necrosis con hialinización o fragmentación de fibras musculares y aumento de la TGO sérica (más de 18 veces el valor normal): "Coyotillo" (Karwinskia humboldtiana) y Cassia (Senna) spp. (C. occidentalis y C. obtusifolia) (24,31,51).

Evidencia clínica.- Incoordinación, progreso rápido a -- postración y mioglobulinuria. Los animales que no se levantan - no logran recuperarse; la mortalidad es aproximadamente igual a la morbilidad (24,31).

Informes de deficiencias de cobre o selenio en México.

Fick (21) hace una revisión de los países de Latinoaméri_ ca que han notificado diversas deficiencias de minerales, ya_ sea en forrajes y/o en animales. Este autor no menciona que _ en México se haya informado de niveles bajos de Cu en forra- jes o animales. Sin embargo, Gómez, citado por de Alba (1), - indica en Coahuila la presencia de un área problemática, ali- viada por suplementación con cobalto y cobre. El área es rela_ tivamente pequeña, denominada Cañón del Mulato, dentro de la_ llamada Serranía del Burro. Asimismo, se indica que los forra_ jes de ese cañón contienen niveles superiores a 0.1 ppm de mo_ libdeno, por lo cual, el problema no se explica únicamente co_ mo simple deficiencia.

Respecto al selenio, se ha informado de bajas concentra- ciones del elemento mineral en los forrajes de áreas del Esta_ do de Chihuahua (21) y en áreas que proveen de forrajes y de_ leche al Valle de México, como Pachuca, Ixmiquilpan, Actopan_ y Texcoco (20).

Desde hace unos 10 años, se han presentado numerosos ca- sos de miopatía degenerativa en becerros de raza Holstein en_ el altiplano mexicano. Los animales presentan signos de insu- suficiencia cardíaca derecha (degeneración del miocardio) y en_ algunos, incoordinación al caminar, con atrofia muscular, es- pecialmente en las extremidades posteriores (4).

No tenemos conocimiento, sin embargo, de que se haya no- tificado una u otra deficiencia en ovinos.

Relación suelo-planta-animal.

En un sistema pastura-rumiante, la mayor parte de las necesidades de los animales con respecto a energía, proteína y vitaminas, puede ser satisfecha por la pastura. Para que esto sea posible, es necesario que las plantas tengan buenas condiciones de suelo y clima y así puedan producir altos rendimientos de materia seca de buena calidad. Bajo esta situación, -- las plantas extraen de la fase líquida del suelo o "solución del suelo", los siguientes elementos esenciales: nitrógeno -- (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), -- azufre (S), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), hierro --- (Fe), manganeso (Mn), Boro (B) y cloro (Cl), en cantidades -- que satisfagan sus propias necesidades, así como para satisfacer muchas de las del ganado en pastoreo. Además de los elementos esenciales para ellas, las plantas extraen del suelo -- selenio (Se), cobalto (Co), yodo (I), aluminio (Al), silicio (Si), etc., de los cuales, los tres primeros, son esenciales para los rumiantes (59).

La concentración de todos los elementos minerales en las plantas depende de 4 factores básicos e interdependientes: -- (i) el género, especie o cepa de la planta (diferencias genéticas); (ii) el tipo de suelo en el que crece la planta (composición, pH, drenaje y retención del agua, fertilización, -- etc.); (iii) las condiciones climáticas o de la estación durante el crecimiento de la planta y (iv) el estado de madurez de la misma (13,58).

En un suelo dado, la absorción de los elementos ocurre -- en cantidades proporcionales a su concentración en la fase líquida, cuando ésta no es excesiva en relación a la capacidad de absorción de las plantas o cuando no les causa trastornos en su fisiología. Por esto, de acuerdo con las necesidades de la planta, los elementos con concentraciones bajas, altas o -- excesivamente altas en la fase líquida del suelo, darán lugar a plantas que mostrarán una deficiencia, suficiencia o exceso

(nivel tóxico) del elemento en cuestión (59).

La deficiencia o nivel tóxico de un elemento provoca desequilibrios en la absorción de otros elementos y en ambos casos el crecimiento de la planta se reduce. La falta de actividad o la actividad indeseable de ciertos microorganismos - en el suelo, puede ser también la causa de deficiencias o - exceso de algunos elementos en las plantas (59).

Todas las plantas dependen del suelo para su aprovisio-
namiento de nutrientes minerales y los rumiantes en pastoreo
obtienen la mayoría de ellos a partir de las plantas que cre
cen en estos suelos. La relación suelo-planta es directa, en
el sentido de que la planta debe obtener todos sus nutrien-
tes minerales del suelo específico con el que tiene contacto.
En contraste, los animales que pastorean libremente sobre am
plias áreas, obtendrán sus minerales de una variedad de ti-
pos de suelos, especies de plantas y diferentes partes botá-
nicas de las mismas. El restringir el movimiento de los ani-
males, los hace dependientes de estrechos rangos de tipos de
suelos y especies de plantas. La relación suelo-planta-ani-
mal se hace aún más compleja que la relación suelo-planta o
la relación planta-animal (13).

Un análisis del contenido de elementos minerales de las
plantas consumidas por los rumiantes en pastoreo puede ser -
útil para predecir el status correspondiente de estos últi-
mos. Sin embargo, el contenido de minerales de estas plantas
presenta tremendas variaciones. La mayoría de los animales -
consume muchas especies de plantas en diferentes estados de
madurez que crecen en diferentes tipos de suelos (13).

El consumo, digestibilidad, absorción y secreción de e-
lementos minerales es complejo y controlado por muchos facto-
res.

El metabolismo de los elementos minerales importantes -
se ha estudiado en gran detalle y estos estudios indican qué
tejidos son los más representativos del status de minerales

del animal.

Los análisis de animales, plantas y/o suelos, en conjunción con datos clínicos, patológicos y de ingestión, son mediciones valiosas (13).

HIPÓTESIS.

El problema que se presenta en los ovinos del Distrito de Riego No. 88, zona del ex-Lago de Xaltocan, descrito como un trastorno locomotor, es causado por una deficiencia combinada de cobre y selenio.

OBJETIVOS.

- a) Determinar si existe diferencia significativa entre los hemogramas, niveles de enzimas y elementos minerales estudiados, entre el grupo de animales enfermos y el de animales sanos, comparando asimismo, con los valores de referencia.
- b) Identificar tanto la patología macroscópica como microscópica, en este padecimiento.
- c) Relacionar el status de Se y Cu con los niveles séricos - de otros minerales importantes.
- d) Relacionar los niveles de Se y Cu en el organismo con los niveles de éstos y otros minerales en el suelo y plantas.
- e) Relacionar las concentraciones de los elementos minerales estudiados en las plantas con las del suelo, considerando algunas características físicas (como pH y textura) de este último.

MATERIAL Y METODOS

I. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

I.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

El presente trabajo fue realizado en el área de jurisdicción del Distrito de Riego No. 88, de la S.A.R.H., que corresponde en su totalidad al Estado de México y comprende parte de los municipios de Ecatepec, Nextlalpan, Tecamac y Xaltenco. Las coordenadas aproximadas del centro del área son: 19°48' latitud N, 99°10' longitud WG; a una altitud de 2 250 m S.N.M.

Sus límites son: al N el camino Tecamac-Xaltocan; al S y al E la carretera federal México-Pachuca y al O la carretera Ecatepec-Lechería y el Gran Canal de aguas negras procedentes del drenaje de la Ciudad de México, que es la fuente de abastecimiento para esta unidad de riego.

La superficie total del área de procedencia del material objeto de este trabajo es de 8 620.2 Ha, correspondiendo los terrenos que la forman, en su mayor parte, al Vaso del Ex-Lago de Xaltocan, por lo que actualmente contienen altas concentraciones de sales y sodio.

I.2. CLIMA.

El clima, con base en el Segundo Sistema de Clasificación de Thornthwaite (q.v.) es un Dd B'₂d: seco; templado---frío, con baja concentración térmica en el verano.

La temperatura media anual es de 15.1 C y la precipitación media anual, de 437.8 mm, la cual es menor que la evapotranspiración (q.v.) potencial media anual, que asciende a 729.6 mm; por tal motivo, para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos, se hace necesaria la aplicación de riego en esta área.

Las temperaturas extremas registradas durante las observaciones climáticas son: temperatura máxima, 32.5 C y la mínima, de -8 C (9).

I.3. ASPECTOS FISIOGRAFICOS.

El Distrito de Riego No. 88 corresponde en su mayor parte a una zona lacustre antigua, rodeada por pequeñas sierras y cerros (valle lacustre), formados durante las emanaciones volcánicas de la Era Cuaternaria y forman en gran parte la Cuenca del Valle de México.

De este modo, el material geológico es de origen ígneo (q.v.), constituido principalmente por rocas basálticas --- (q.v.) y material piroclástico y en menor medida de riolitas (q.v.) procedentes del cerro Chiconautla; en la parte lacustre estos materiales descansan sobre cenizas volcánicas convertidas en alófono (q.v.).

Se encuentran suelos profundos generalmente con problemas de salinidad, mientras que en las laderas existen suelos delgados y libres de sales.

I.4. VEGETACIÓN.

La vegetación natural herbácea, importante desde el punto de vista de la alimentación de los animales en pastoreo, está representada por las siguientes especies: quelite (Amaranthus hybridus), nabo (Brassica campestris), pata de gallo (Cynodon dactylon), pasto salado (Distichlis spicata), zacahuixtla (Eragrostis obtusiflora), lentejilla (Lepidium intermedium), malva (Malva parviflora), lengua de vaca (Rumex maritimus), diente de león (Paraxacum officinale), banderita - (Bouteloua curtipendula), navajita (Bouteloua gracilis, B. filiformis, B. hirsuta), espiguilla (Setaria geniculata), zacates (Chloris virgata, Agropyron sp.), avena silvestre (Avena fatua), lentejilla de agua (Lemna minor) y toloache --- (Datura stramonium).

I.5. AGRICULTURA.

De las 8 620.2 Ha, que son la superficie total del área, 627.6 corresponden a zonas urbanas, por lo que la superficie agrícola es de aproximadamente 7 992.6 Ha. De éstas, 2 492.6 Ha están desprovistas de red de distribución para servicio -

de riego.

En el área de riego los principales cultivos son, en orden de superficie ocupada: maíz para grano, alfalfa, maíz, - remolacha y avena forrajeros y otros cultivos, como pasto forrajero, trigo, etc., que ocupan una superficie mínima.

La fertilización de los terrenos de cultivo no es una - práctica común (9).

I.6. GANADERÍA.

Las especies domésticas que se crían en la zona son: ganado bovino lechero, ovinos, porcinos y caprinos.

El ganado ovino en su mayoría es criollo y se utiliza - para la producción de carne y lana; su peso entre los 12 y - 18 meses es de 35 a 50 kg aproximadamente. La producción de lana es escasa y de baja calidad, obteniéndose un promedio - anual por borrego de 1 a 1.3 kg de lana sucia y cuando está limpia, de 0.7 kg (9).

II. MATERIAL DE ESTUDIO.

1. Animales.

Se estudiaron 2 grupos de ovinos criollos:

Grupo 1.- Compuesto por 5 animales afectados con el cuadro clínico descrito, de edades entre 1.5 y 6 meses, provenientes del Distrito de Riego 88.

Grupo 2.- Incluye 10 animales clínicamente sanos, cuyas --- muestras de sangre y tejidos fueron obtenidas en el rastro de la Compañía Industrial de Abastos, - provenientes de las zonas centro y centro-Norte - de la República Mexicana (zonas en donde no se ha informado que exista un problema similar).

Se efectuaron los siguientes estudios:

A- Determinación de la concentración de elementos minerales en suero sanguíneo y tejidos.

B- Necropsias y análisis histológicos (en animales afecta--- dos).

C- Enzimología clínica.

D- Biometría hemática.

-Muestras de sangre:

Se tomaron de la vena yugular externa, destinándose como sigue:

- a) Con anticoagulante (EDTA= ácido etileno-diamino-tetraacético): para biometría hemática.
- b) Sin anticoagulante: para la determinación de enzimas y elementos minerales en suero.

-Muestras de órganos (determinación de elementos minerales):

Se tomaron muestras de hígado, riñón, músculos, corazón, encéfalo y lana para la determinación de elementos minerales. Este material fue conservado en congelación (excepto la lana) dentro de bolsas de polietileno hasta el momento de ser preparadas para realizar las determinaciones correspondientes. Las muestras de animales sanos fueron órganos recolectados en el rastro.

A continuación se detalla cada uno de los estudios realizados:

A- Determinación de elementos minerales.

En suero: cobre, calcio, fósforo, magnesio, sodio y potasio.

En órganos:

Selenio.- En hígado, riñón y músculos.

Cobre.- En hígado, riñón, encéfalo y lana.

Estas determinaciones, excepto fósforo sérico, se hicieron por espectrofotometría de absorción atómica de flama (44) y flamometría (sodio y potasio); la cuantificación de selenio se llevó a cabo utilizando el generador de hidruros, aparato analítico que se adapta al espectrofotómetro de absorción atómica y que es específico para la determinación de elementos volátiles (46).

El fósforo sérico fue determinado por el método analítico que utiliza el equipo de reactivos Merckotest (M.R.) para fosfato inorgánico (Laboratorios Merck) (28).

B- Necropsias y estudios histológicos.

Cada animal del grupo afectado fue transportado de su -

lugar de origen a la Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., y se alojó en un corral de la sala de necropsias de la misma facultad. Previo descanso de por lo menos un día, con provisión de agua ad libitum y forraje, se practicó la punción de la vena yugular para la recolección de sangre y posteriormente se llevó a cabo la necropsia, después del sacrificio mediante sobredosis de barbitúrico (Anestésico, M.R.), por el método descrito en el manual de Necropsias en Mamíferos Domésticos (5).

Se tomaron muestras de los siguientes órganos y tejidos:
Músculos.- Intercostales, diafragma, lengua, semitendinoso y semimembranoso.

Corazón.- Septo interventricular, ventrículo izquierdo y ventrículo derecho.

Tejido nervioso.- Encéfalo y médula espinal.

Hígado, riñón y pulmón, como órganos de revisión rutinaria.

Otros tejidos u órganos afectados.

Las muestras fueron fijadas en formol al 10% para su inclusión en parafina y teñidas con hematoxilina-eosina (HE) - (7).

Los cortes de médula espinal de cada animal fueron divididos en 2 grupos: uno, teñido con HE y otro con "Luxol fast blue" (tinción de Klüver y Barrera, modificada), específica para mielina (56). Con esta tinción se posibilita la apreciación del proceso de desmielinización en caso de estar presente.

C- Enzimología clínica.

Determinaciones séricas de:

Creatinafosfoquinasa (CPK), por el método estándar optimado de la Compañía Alemana para Química Clínica (26).

Transaminasa glutámico-oxalacética (TGO), por el método de Reitman-Frankel (prueba colorimétrica) (27).

D- Biometría hemática completa.

Fórmula roja.- Hematocrito (método del microhematocrito), hemoglobina (método de la cianometahemoglobina) y cuen-

ta de eritrocitos por mm cúbico (ul) (con pipeta de Thoma y hemocitómetro). Con base en estos datos fueron calculados -- los índices de Wintrobe (concentración media de hemoglobina globular y volumen globular medio) para determinar el tipo - morfológico de anemia, en caso de estar presente.

Fórmula blanca.- Cuentas leucocitarias por mm cúbico -- (ul) de sangre (en cámara de Neubauer) y diferencial (frotis por el método de cubreobjetos sobrepuestos con tinción de -- Wright) expresada en cifras absolutas (tipo leucocitario/ul).

Proteínas plasmáticas.- Se determinaron por refractometría (refractómetro American Optical Co. mod. 10406).

Estos métodos se trabajan rutinariamente en la Sección de Patología Clínica del Depto. de Patología, FMVZ, UNAM y - se encuentran publicados en diversos textos de hematología y patología clínica veterinarias (10,47).

2. Plantas y Suelos.

Se colectaron 12 muestras de plantas presuntamente involucradas en forma directa en la alimentación de algunos rebaños en los que se informó la presencia de borregos afectados, en 6 predios diferentes dentro del perímetro del Dto. de Riego, tomando de uno o varios puntos al azar, colectando asimismo el suelo correspondiente en que se encontraban enclavadas, a una profundidad de 20 a 30 cm. El muestreo se llevó a cabo a finales del mes de mayo.

Se tomó una muestra más de forraje, sin suelo correspondiente, ya que se trataba de paja.

a) Plantas.- Determinación de minerales: selenio, cobre, molibdeno, zinc, fierro, calcio, magnesio, sodio, potasio y sulfatos.

b) Suelos.- Determinación de los mismos minerales y medición del pH, así como determinación de la textura.

Tanto órganos como plantas fueron secados, molidos y sometidos a una previa digestión con ácidos nítrico y perclórico a baja temperatura de calentamiento. Las muestras de suelos fueron desecadas, cernidas y sometidas a un proceso de -

extracción con una solución de ácido clorhídrico 0.1 N (44).

La lectura de las concentraciones de los minerales, excepto sulfatos, sodio y potasio, se efectuó por espectrofotometría de absorción atómica: Cu, Zn, Fe, Ca y Mg fueron determinados con flama; Mo, con horno de grafito (Perkin-Elmer mod. HGA 400) (45) y Se, con generador de hidruros (Perkin-Elmer mod. MHS-10) (46), en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 2380 (44).

Sodio y potasio fueron determinados por espectrofotometría de emisión, con un flamómetro Corning mod. 500.

Sulfatos.- Se cuantificaron por el método turbidimétrico (53) mediante el uso alternativo del espectrofotómetro, a una longitud de onda de 420 nm, con un espectrofotómetro --- Zeiss mod. PM2DL.

El pH del suelo se determinó con un potenciómetro Corning mod. 12, mediante el método de dilución en agua (16).

La textura de cada muestra de suelo se conoció al consultar el mapa de series de suelo del Distrito de Riego 88, relacionando el lugar de recolección con el área edafológica correspondiente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.- Se calculó la media, desviación estándar y coeficiente de variación en todas las determinaciones de laboratorio y se determinó si existe diferencia significativa entre el grupo de animales enfermos y el de animales sanos, comparando las medias de los valores obtenidos en dichas determinaciones por medio de la prueba "t" de Student.

Asimismo, se calculó el coeficiente de correlación lineal simple que expresa matemáticamente el grado de asociación existente entre el contenido de cada elemento mineral en el suelo con el de las plantas, en dos formas:

- a) Globalmente, es decir, asociando todas las muestras de suelo y plantas.
- b) Considerando muestras similares (un grupo de coeficientes de correlación de cada elemento en el suelo, con muestras de

alfalfa y otro grupo de coeficientes que asocian suelo con -- muestras de gramíneas).

También se calculó el coeficiente de correlación para el contenido de dos elementos minerales distintos (por pares) en un mismo tipo de muestras de forraje.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los estudios practicados a animales, suelos y plantas, se presentan a continuación.

1. ANIMALES.

Elementos minerales en suero.

En el cuadro No. 1 se muestran: promedio, desviación estándar, rango y coeficiente de variación de las concentraciones de cobre (Cu), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), así como la relación Ca:P en suero, tanto en el grupo de ovinos afectados como en el grupo control. Se indica asimismo si existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos al comparar sus promedios ($\alpha=0.05$). También se presenta la concentración considerada como normal por diferentes autores, para cada elemento mineral en suero, de tal forma que se posibilite una comparación entre ambos grupos y contra dichos valores.

Elementos minerales en órganos.

En el cuadro No. 2 se muestran las concentraciones de selenio (Se) y Cu en diferentes órganos, tanto en el grupo de animales afectados como en el grupo control, presentándose dichos datos en la misma forma que en el cuadro anterior.

Las figuras 2 y 3 presentan gráficamente los resultados obtenidos en algunos órganos, comparando cada individuo del grupo afectado con el promedio de éste último y el promedio del grupo control.

Necropsias y estudios histológicos.

El cuadro No. 3 presenta los cambios macroscópicos encontrados a la necropsia, en los 5 ovinos afectados por el síndrome locomotor.

Un hallazgo común en estos animales consistió en la presentación de una escasa cantidad de grasa coronaria del corazón; en un caso se presentó degeneración mucóide de la misma.

En dos de los cinco animales afectados no se hallaron otros cambios significativos (solo ectoparásitos, excepto en uno de ellos). En los otros dos ovinos se presentó linfadenomegalia (en un caso, muy notable en el paquete mesentérico y en otro, generalizada) y cambios en el corazón manifestados como flacidez y dilatación del ventrículo derecho, respectivamente. En este último se presentó hidropericardio coexistente con neumonía bacteriana, ligero edema encefálico y edema de pelvis renal. Estos dos animales presentaron ecto y endoparasitosis, siendo notable una infestación por nemátodos hematófagos en abomaso (Haemonchus sp.) la cual fue mas intensa en el ovino afectado por neumonía.

En el cuadro No. 4 se exponen con detalle los cambios microscópicos observados en los tejidos de los ovinos afectados.

En forma general, estos cambios pueden resumirse así:

Encéfalo.- En cerebro medio y cerebelo, con la tinción de HE se observó moderada espongiosis, que con la tinción de Luxol fast blue correspondió a desmielinización.

Médula espinal.- En los segmentos cervical, dorsal y lumbar se encontró moderada desmielinización. En un caso se encontró en el canal del epéndimo un material basófilo, homogéneo, denso, no identificado, probablemente artefacto de la técnica de tinción.

Músculos.- En general, presentaron un incipiente proceso degenerativo, en el que las miofibrillas estaban desordenadas, de baja afinidad tintorial; muchas fibras tenían un aspecto nodoso, los núcleos migraron hacia el centro. Las estriaciones eran curvas y en el espacio intersticial se encontraban fibroblastos y algunos macrófagos.

Miocardio.- Se observaron cambios similares a los arriba descritos, siendo muy patente en algunos cortes, metamorfosis grasa.

Enzimología clínica.

El cuadro No. 5 muestra la actividad de las enzimas CPK y TGO en el suero de ambos grupos.

En la figura 4 se muestran los resultados en forma gráfica, comparando los valores individuales con los promedios de ambos grupos.

Biometría hemática.

Los resultados obtenidos en ambos grupos para glóbulos rojos (G.R.), hematocrito (HT), hemoglobina (HB), proteínas plasmáticas (PP), glóbulos blancos (G.B.) (cuentas total y diferencial) e índices globulares o de Wintrobe, se presentan en el cuadro No. 6. En éste se indican asimismo, los valores normales para cada parámetro.

Las figuras 5 a 15 presentan gráficamente los resultados individuales de cada análisis, comparándolos con las medias del grupo control y del grupo afectado.

Es importante anotar que los animales del grupo afectado marcados como 4 y 5 en las gráficas y que fueron los que presentaron cambios macroscópicos de consideración, acusaron la presencia de metamielocitos en sangre periférica: ovino No. 4, 1.0% o 136 metamielocitos/ μ l; ovino No. 5, 2.0% o 173 metam./ μ l. Por otro lado, en el primero también se presentaron neutrófilos hipersegmentados y linfocitos inmunológicamente estimulados.

2. PLANTAS Y SUELOS.

En el cuadro No. 7 se presentan las concentraciones de los micro y macroelementos analizados para cada una de las muestras de forraje, la media, desviación estándar y las necesidades de los ovinos para cada elemento mineral, según lo recomendado por la NRC (42).

Relaciones Na:K y Cu:Mo en los forrajes estudiados:

La relación Na:K promedio presente en las muestras de plantas fue de 4.76:1; se considera como adecuada una rela---

ción 4 a 3:1 (22).

La relación Cu:Mo promedio calculada para estas muestras fue de 8.5:1. Se considera adecuada una relación de 10:1 (22).

Los cuadros Nos. 8 y 9 exponen los coeficientes de correlación para el contenido de dos minerales distintos (por pares) en un mismo tipo de muestras de forraje. Esto es para obtener una idea de cómo se relaciona, por ejemplo, el contenido de calcio con el de cobre o el contenido de calcio con --- cualquier otro elemento mineral en las plantas, ya sean alfalfa o gramíneas, al consultar el cuadro correspondiente.

El cuadro No. 10 muestra el pH y las concentraciones de micro y macroelementos para cada una de las muestras de suelo, la media, rango y desviación estándar.

Texturas de Suelo.

De acuerdo con el mapa de texturas de suelos del Distrito de Riego 88, nueve de las muestras colectadas pertenecen a una serie de suelos (q.v.) (serie Independencia). Sólo dos -- provienen de una zona de transición entre ésta y la denominada serie Chiconautla. Las tierras de donde provienen estas -- muestras, según el Estudio Agrológico de la zona (9), están -- compuestas en su mayor parte por arcilla, considerándose entonces, como arcillosas (37.93% de arcilla a 0-25 cm de profundidad en la serie Independencia). Las muestras provenientes de la zona de transición mencionada corresponden a la textura arcillosa o arcillo-limosa (9).

Esta misma fuente contiene un estudio descriptivo de las series de suelos de esta zona que proporciona información más detallada sobre las texturas y demás propiedades de los mismos.

Se señalan entre las características más importantes de la Serie Independencia, las siguientes:

Texturas.- Franca o franco arcillosa en el primer horizonte, moderadamente compactadas con arcilla.

Drenaje interno.- Varía de moderado a deficiente por las texturas arcillo limosas del perfil (q.v.).

Drenaje superficial.- Deficiente.

Son suelos fuertemente afectados por salinidad y sodicidad -- (qq.vv.).

Contenido de materia orgánica.- Se señala que varía de muy rico a medio en el primer horizonte, sin embargo, se da un porcentaje de 4.28% a 0-25 cm y 6.76% a 25-130 cm, contenidos -- más bien bajos.

Estos suelos se originaron por la deposición de sedimentos, producto de la erosión de rocas y cenizas basálticas --- (q.v.) que se encuentran en los cerros y lomeríos cercanos. - Su modo de formación es lacustre.

Para la serie Chiconautla se indican entre sus características, las siguientes:

Texturas.- Van de franco arenosas o franco arcillosas (0-30 - cm).

Son suelos ligeramente afectados por sales de sodio.

Drenaje superficial.- Deficiente en el área plana y eficiente en la irregular.

Drenaje interno.- Eficiente en todo el perfil, pero solo en las texturas franco arenosas y arcillo arenosas.

Contenido de materia orgánica.- Va de muy pobre a pobre (2.06 % a 0-22 cm y 0.45% a 22-70 cm), marcadamente inferior a la serie Independencia.

Estos suelos se originaron de la misma manera que los de la serie Independencia y su modo de formación es coluvio-aluvial (q.v.).

La información concerniente a los resultados obtenidos - en los análisis de elementos minerales en plantas y suelos - puede apreciarse mejor al observar el cuadro No. 11. En éste, se presenta la relación existente entre la concentración de - cada elemento en cada una de las muestras de suelo y en la --

planta que le corresponde. Aquí se presenta una vez más el -- valor del pH de cada muestra de suelo, así como su textura, - para relacionar dichas propiedades físicas con el contenido - de minerales tanto de éste como de las plantas. Se presenta - además, el coeficiente de correlación que asocia el contenido de cada elemento mineral en el suelo, con el de las plantas, - en todas las muestras.

El cuadro No. 12 presenta los coeficientes de correla--- ción para el contenido de cada elemento en el suelo y la con- centración de ese mismo elemento en las plantas, incluyendo - solamente muestras similares (suelo/alfalfa y suelo/gramí--- neas).

No fue posible calcular el coeficiente de correlación para las concentraciones de Mo en suelo y plantas.

CUADRO No. 1

Comparación del contenido de elementos minerales
en suero de ovinos del grupo afectado y grupo control.

Elemento	Cu (ug/ml)		Ca		P		Mg	
	N.S.N.		N.S.N.		N.S.N.		N.S.N.	
	(0.6-1.5)		(11.4-12.4)		(5-7.3)		(2.2-2.8)	
	A	C	A	C	A	C	A	C
X	0.6	1.0	11.1	9.1	8.6	4.6	2.1	2.3
s.d.	± 0.2	± 0.2	± 1.0	± 1.3	± 2.6	± 2.3	± 0.4	± 0.3
R	0.3-0.9	0.7-1.2	9.5-12.2	7.9-12.1	4.9-11	2.7-9.8	1.8-2.8	2.0-2.8
C.V.	0.33	0.2	0.09	0.14	0.3	0.5	0.19	0.13
D.S.	SI		NO		NO		NO	

N.S.N. = Nivel sérico normal

A = Ovinos afectados

C = Ovinos grupo control

X = Promedio

s.d. = Desviación estándar

R = Rango

C.V. = Coeficiente de variación

D.S. = Indica si existió diferencia significativa entre los promedios de ambos grupos ($\alpha = 0.05$)

CUADRO No. 1 (cont.)

Comparación del contenido de elementos minerales en
suero de ovinos del grupo afectado y grupo control.

	mg/dl					
Elemento	<u>Na</u>		<u>K</u>		Relación Ca : P	
N.S.N.	(320-340)		(15.2-21.1)		(2 : 1)	
	A	C	A	C	A	C
$\bar{X}$	311.6	304.1	22.8	24.0	1.3	2.1
s.d.	$\pm$ 31.2	$\pm$ 41.3	$\pm$ 4.9	$\pm$ 5.1	$\pm$ 0.7	$\pm$ 0.5
R	274.9-342.9	255.5-362.7	18.1-30.8	19.1-31.2	0.9-2.4	1.9-2.9
C.V.	0.1	0.13	0.21	0.21	0.53	0.23
D.S.	NO		NO		SI	

Ver página anterior para la nomenclatura utilizada en este cuadro.

Cu : Coelho (1978) ; Ca, P, Mg y K : Kaneko (1980) ; Na : Georgievskii (1981).

CUADRO No. 2

Comparación de la concentración de selenio y cobre en
diversos tejidos, entre el grupo de ovinos afectados y grupo control.

Concentraciones en ppm								
Órgano	H Í G A D O				C O R T E Z A R E N A L			
Elemento	<u>Selenio</u>		<u>Cobre</u>		<u>Selenio</u>		<u>Cobre</u>	
C.N.	(>0.2) a		(100-400) b		(>1.0) c		(11.4-30.5) d	
	A	C	A	C	A	C	A	C
$\bar{X}$	0.7	0.5	9.1	97.0	1.2	1.8	7.9	15.3
d.s.	± 0.2	± 0.1	± 9.9	± 43.4	± 0.1	± 0.4	± 2.7	± 5.9
Rango	0.4-1.0	0.2-0.7	2.9-26.8	27.1-165	1.1-1.4	1.0-2.4	5.5-11.5	5.8-29.5
C.V.	0.28	0.34	1.08	0.44	0.08	0.24	0.34	0.38
D.S.	NO		SI		SI		SI	

C.N. = Concentración normal

 $\bar{X}$ = Promedio

d.s. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación

D.S. = Indica si hay diferencia
significativa ($\alpha=0.05$)

A = Ovinos afectados

C = Ovinos grupo control

a = Maas et al., 1984

b = Underwood, 1977

c = Andrews, cit. por Underwood,
1977.d = Concentración cit. por Doy--
le (1978) para riñón total.

CUADRO No. 2 (cont.)

Comparación de la concentración de selenio y cobre en diversos tejidos, entre el grupo de ovinos afectados y grupo control.

ppm								
Órgano	M E D U L A R E N A L				C O R A Z O N		M U S C U L O	
Elemento	<u>Selenio</u>		<u>Cobre</u>		<u>Selenio</u>		<u>Selenio</u>	
C.N.	(e)		(11.4-30.5) d		(0.09-0.1) f		(0.56) g	
	A	C	A	C	A	C	A	C
$\bar{X}$	1.5	0.7	6.5	11.8	0.2	0.3	0.2	0.3
d.s.	± 0.2	± 0.2	± 2.8	± 1.5	± 0.1	± 0.2	± 0.08	± 0.1
Rango	1.3-1.7	0.5-1.1	3.3-10	9.9-14.6	0.1-0.4	0.07-0.9	0.1-0.3	0.1-0.5
C.V.	0.12	0.28	0.43	0.12	0.5	0.6	0.4	0.33
D.S.	SI		SI		NO		NO	

d = Conc. citadas por Doyle (1978) para riñón total.

e = No hay datos

f = Con una dieta de 0.3-0.5 ppm (Underwood, 1977).

g = Con una dieta de 0.2 ppm de Se (Doyle, 1978).

Ver página anterior para el resto de la nomenclatura utilizada en este cuadro.

CUADRO No. 2 (cont.)

Comparación de la concentración de selenio y cobre en
diversos tejidos, entre el grupo de ovinos afectados y grupo
control.

ppm					
Órgano	E N C E F A L O		L A N A		
Elemento	<u>Cobre</u>		<u>Cobre</u>		
C.N.	(9) b		(25) h		
	A	C	A	C	
X	2.3	9.8	-	22.8	
d.s.	$\pm$ 0.2	$\pm$ 4.6	-	$\pm$ 13.1	
Rango	2.0-2.7	2.9-20.5	2.3-3.9	10.1-52	
C.V.	0.08	0.46	-	0.57	
D.S.	SI		-		

b = Underwood, 1977.

h = Extremadamente variable, según Underwood; 25 ppm = media informada en un estudio
citado por este autor.

CUADRO No. 3

Cambios macroscópicos hallados a la necropsia, en los
ovinos del grupo afectado.

OVINO	LESIONES CARDIACAS	LINFADENO MEGALIA	OTRAS LESIONES	ECTOPARÁSITOS	ENDOPARÁSITOS
1	-	-	Un pequeño absce- so en hígado.	+ (a)	-
2	-	-	Degeneración mu- coide de la grasa coronaria del co- razón.	+ (b)	-
3	-	-	-	-	-
4	Ventrículo dere- cho flácido.	+ (f)	-	+ (a,b)	+ (d,e)
5	Hidropericardio, dilatación de -- ventrículo dere- cho.	+ (g)	Zonas de consoli- dación pulmonar - (neumonía) con -- exudado purulento caseoso en lóbulos apicales. Encéfalo: ligero - edema. Riñones: edema de -- pelvis renal.	+ (b,c)	+ (d,e)

(a) Melophagus ovinus

(b) Otobius megnini

(c) Larvas de Oestrus ovis

(d) Cisticercos en peritoneo

(e) Haemonchus contortus

(f) Principalmente paquete mesentérico

(g) Generalizada

CUADRO No. 4

Cambios microscópicos hallados en los tejidos de los ovinos del grupo afectado

OVINO	MÚSCULOS	CORAZÓN	ENCEFALO
1	Moderada hialinización en m. semimembranoso.	-	Espongiosis moderada.
2	-	-	Idem
3	Infiltración monocitaria en cuádriceps femoral. En el semitendinoso: infiltración focal e incipiente por polimorfonucleares y algunos mononucleares; --deg. hialina incipiente.	Ventrículo der.: focos de infiltración mononuclear más hialinización. En septo interventricular: sólo infiltración.	Idem
4	-	Incipiente infiltración por mononucleares en la periferia de las fibras del haz de His; 2 focos en miocardio. - Moderada degeneración de las células musculares.	Idem
5	Infiltración linfocitaria en m. semimembranoso.	Ventr. izq.: Discreta infiltración mononuclear multifocal. Numerosos sarcosporidios. Septo I.V.: Abundantes focos de infiltración linfocitaria perivascular y entre las fibras miocardiacas. En vent. der.: mismo cambio, aunque -- más notable y multifocal.	Focos de gliosis en línea, en cerebro anterior.

CUADRO No. 4 (cont.)

Cambios microscópicos hallados en los tejidos de los ovinos
del grupo afectado

OVINO	MEDULA ESPINAL	CAMBIOS EN OTROS ORGANOS	
1	Cromatolisis, desmielinización, deformación neuronal	-	
2	Mala mielinización, incipiente cromatolisis, citoplasma obscuro y retracción de las neuronas.	-	
3	Degeneración neuronal, mala <u>mielinización</u> , cromatolisis.	-	
4	Espongiosis (desmielinización).	Ganglio linfático: hiperplasia linfoide.	ω
5	Pobre mielinización, sobre todo en la región ventral.	Ganglio linfático: hiperplasia linfoide. Pulmón: Neumonía intersticial y bronconeumonía supurativa. Hígado: Severa infiltración - por glucógeno, más marcada en la región centrolobulillar. Hemosiderosis. Riñón: Dilatación de los <u>túbulos</u> , degeneración hidrópica. Presencia de sarcosporidios - en diversos músculos.	

CUADRO No. 5

Medición de la actividad de las enzimas creatina-fosfoquinasa (CPK) y transaminasa glutámico-oxalacética (TGO) séricas en el grupo de ovinos afectados y grupo control.

Actividad enzimática en UI/l				
Enzima	C P K		T G O	
Valor normal	(52 $\pm$ 10 UI/l) a		(<100 UI/l) b	
	A	C	A	C
$\bar{X}$	1289.2	73.5	48.3	46.8
s.d.	$\pm$ 2326.4	$\pm$ 38.9	$\pm$ 23.8	$\pm$ 7.8
R	50-5440	4-136	12.5-71	33-56
C.V.	1.80	0.52	0.49	0.16
D.S.	SI		NO	

A = Ovinos grupo afectado
 C = Ovinos grupo control
 $\bar{X}$ = Promedio
 s.d. = Desviación estándar
 R = Rango
 C.V. = Coeficiente de variación
 D.S. = Indica si hay diferencia significativa entre ambos grupos.

a = Blood & Henderson, 1979:
 Valor en plasma, pero se adapta a lo hallado en este trabajo.
 b = Blood & Henderson, 1979.

CUADRO No. 6

Biometría hemática de los ovinos afectados y ovinos
del grupo control; comparación de los parámetros correspondientes.

Parámetro		$\bar{X}$	d.s.	Rango	C.V.	D.S.
G.R./ul ($\times 10^6$)						
XN = 12	A	8.84	± 3.91	4.71-13.4	0.44	
RN = 9-15	C	10.9	± 2.03	8.93-14.94	0.18	NO
HEMATOCRITO (%)						
XN = 35	A	26.6	± 6.6	17.5-32	0.24	
RN = 27-45	C	36.8	± 5.4	26.0-43.5	0.14	SI
HEMOGLOBINA (g/dl)						
XN = 11.5	A	8.1	± 2.3	5.0-10.2	0.28	
RN = 9-15	C	11.9	± 1.5	9.8-14.2	0.12	SI
V.G.M. (fl)						
XN = 34	A	32.7	± 8.2	23.8-44.8	0.25	
RN = 28-40	C	35.6	± 8.1	27.0-48.7	0.22	NO
C.M.H.G. (%)						
XN = 32.5	A	29.9	± 2.0	28.0-32.9	0.06	
RN = 31-34	C	32.0	± 3.5	26.0-37.0	0.1	NO
P.P. (g/dl)						
XN = -	A	6.1	± 0.4	5.5-6.5	0.06	
RN = 6-7.5	C	7.5	± 0.8	6.3-9.0	0.1	SI

G.R. = Glóbulos rojos.
V.G.M. = Volumen globular medio
C.M.H.G. = Conc. media de hemoglobina
globular.
P.P. = Proteínas plasmáticas

XN = Media normal (Schalm, 1975) d.s. = Des
RN = Rango normal (idem) viación --
A = Ovinos afectados estándar.
C = Ovinos gpo. control C.V. = Coe
X = Promedio ficiente -

de variación.
D.S. = Dif. significativa.

CUADRO No. 6 (cont.)

Biometría hemática (cuentas leucocitarias total y diferencial)
de los ovinos afectados y ovinos del grupo control; comparación de los
parámetros correspondientes.

Parámetro		Promedio	d.s.	Rango	C.V.	D.S.
G.B./ul						
XN = 8000	A	9160	$\pm$ 2828	6250-13650	0.3	
RN = 4000-12000	C	7670	$\pm$ 3074	4100-12850	0.4	NO
LINFOCITOS/ul						
XN = 5000	A	5454	$\pm$ 1747	2855-7781	0.32	
RN = 2000-9000	C	4202	$\pm$ 1911	2100-7910	0.45	NO
MONOCITOS/ul						
XN = 200	A	220	$\pm$ 380	0-878	1.72	
RN = 0-750	C	115	$\pm$ 168	0-448	1.46	NO
NEUT. SEGM./ul						
XN = 2400	A	3073	$\pm$ 1969	625-4641	0.64	
RN = 700-6000	C	3244	$\pm$ 1749	1271-6048	0.53	NO
NEUT. EN BANDA/ul						
XN = -	A	349	$\pm$ 452	0-1092	1.29	
RN = 0-240	C	64	$\pm$ 78	0-178	1.21	NO
EOSINÓFILOS/ul						
XN = 400	A	-	-	-	-	
RN = 0-1000	C	51	$\pm$ 64	0-187	1.25	NO

G.B. = Leucocitos

Ver pág. anterior para el resto de la nomenclatura utilizada en este cuadro.

CUADRO No. 7
Contenido de micro y macroelementos en forrajes.

Concentraciones en ppm						
No.	Forraje	<u>Cobre</u>	<u>Molibdeno</u>	<u>Selenio</u>	<u>Zinc</u>	<u>Fierro</u>
1	Alfalfa	4.5	1.4	0.5	239.9	748.0
2	Gramínea	3.9	0.2	0.4	25.8	225.2
3	Alfalfa	4.3	1.0	0.8	23.1	241.4
4	Alfalfa	3.3	0.9	0.5	35.0	283.2
5	Alfalfa	3.4	0.8	0.2	39.7	352.1
6	Alfalfa	3.3	0.4	0.2	32.9	339.1
7	Gramínea	3.9	1.0	0.5	30.9	708.1
8	Gramínea	5.7	1.1	0.6	59.1	1055.5
9	Gramínea	5.2	0.2	0.7	46.9	979.3
10	"Borrego" (a)	3.1	0.6	0.4	42.9	736.7
10 A	"Zacahuistle"(b)	2.4	0.3	0.3	25.7	779.8
11	Gramínea	5.5	0.5	0.7	329.7	903.1
12	Avena (paja)	4.6	0.2	0.5	35.0	165.2
RANGO		2.4-5.7	0.2-1.4	0.2-0.8	23.1-329.7	165.2-1055.5
X $\pm$ Desv. estándar		4.1 $\pm$ 1.0	0.7 $\pm$ 0.4	0.5 $\pm$ 0.2	74.4 $\pm$ 95.7	578.2 $\pm$ 317.4
Requerimiento (NRC)		<u>5</u> ppm	<u>?</u>	<u>0.1</u> ppm	<u>30-50</u> ppm	<u>50</u> ppm
(a) = <u>Atriplex linifolia</u> (b) = 0 "pasto salado" (<u>Distichlis spicata</u>)						

CUADRO No. 7 (cont.)
 Contenido de micro y macroelementos en forrajes.

Concentraciones en %						
No.	Forraje	<u>Calcio</u>	<u>Magnesio</u>	<u>Sodio</u>	<u>Potasio</u>	<u>Sulfatos</u>
1	Alfalfa	1.99	0.72	0.81	0.16	0.54
2	Gramínea	0.28	0.26	1.48	0.22	0.26
3	Alfalfa	1.36	0.35	0.71	0.13	0.32
4	Alfalfa	1.58	0.47	0.71	0.29	0.63
5	Alfalfa	1.64	0.33	0.93	0.16	0.53
6	Alfalfa	1.13	0.3	1.00	0.32	0.34
7	Gramínea	0.49	0.74	1.03	0.47	0.33
8	Gramínea	0.57	0.38	0.45	0.71	0.46
9	Gramínea	0.47	0.23	0.59	0.41	0.57
10	"Borrego"	1.33	0.77	3.74	0.22	1.72
10 A	"Zacahuistle"	0.39	0.15	0.91	0.23	0.25
11	Gramínea	0.6	0.53	0.7	0.21	0.33
12	Avena (paja)	0.12	0.12	1.2	0.41	0.1
RANGO		0.12-1.99	0.12-0.77	0.45-3.74	0.13-0.71	0.1-1.72
X $\pm$ Desv. est.		0.91 $\pm$ 0.6	0.41 $\pm$ 0.22	1.09 $\pm$ 0.83	0.3 $\pm$ 0.16	0.49 $\pm$ 0.39
Requerimiento (NRC)		0.3 %	0.08 %	0.1-0.2 %	0.7-0.8 %	--- a

a = Más de 0.2 % produce interferencia con el cobre.

CUADRO No. 8

Coefficientes de correlación lineal simple que expresan la intensidad de asociación entre el contenido de dos elementos minerales distintos en los tejidos de las grmíneas.

	Cu	Mo	Se	Zn	Ca	Mg	Na	K	Fe	SO ₄
Cu	-	0.32	0.92	0.49	0.69	0.49	-0.6	0.48	0.51	0.69
Mo	-	-	0.18	-0.008	0.6	0.22	-0.37	0.78	0.39	0.12
Se	-	-	-	0.57	0.74	0.71	-0.66	0.32	0.61	0.75
Zn	-	-	-	-	0.62	0.14	-0.3	-0.31	0.29	-0.05
Ca	-	-	-	-	-	0.46	-0.82*	0.47	0.83*	0.45
Mg	-	-	-	-	-	-	-0.33	0.3	0.37	0.63
Na	-	-	-	-	-	-	-	-0.56	-0.98*	-0.71
K	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	0.6
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.66

(*) Coeficientes de correlación significativos.

CUADRO No. 9

Coefficientes de correlación lineal simple que expresan la intensidad de asociación entre el contenido de dos elementos minerales distintos en los tejidos de las alfalfas.

	Cu	Mo	Se	Zn	Ca	Mg	Na	K	Fe	SO ₄
Cu	-	0.81*	0.68	0.66	0.48	0.61	-0.45	-0.73	0.56	-0.2
Mo	-	-	0.58	0.76	0.86*	0.85*	-0.62	-0.66	0.65	0.4
Se	-	-	-	0.08	0.12	0.26	-0.88*	-0.47	-0.08	-0.17
Zn	-	-	-	-	0.8*	0.92*	-0.06	-0.31	0.98*	0.32
Ca	-	-	-	-	-	0.85*	-0.3	-0.49	0.76	0.71
Mg	-	-	-	-	-	-	-0.36	-0.23	0.86*	0.53
Na	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.1	-0.26
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.26	0.08
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31

(*) Coeficiente de correlación significativo.

CUADRO No. 10

pH y contenido de micro y macroelementos en muestras de suelo.

Concentraciones en ppm						
No.	pH	Cobre	Molibdeno	Selenio	Zinc	Fierro
1	8.0	1.1	a	0.07	6.8	64.3
2	8.0	0.8	0.5	0.05	6.4	42.1
3	8.32	1.6	a	0.13	11.0	80.8
4	8.48	1.1	0.2	0.09	6.2	91.4
5	8.35	3.0	a	0.15	27.8	156.1
6	8.59	3.1	a	0.15	24.9	158.9
7	8.77	0.5	a	0.16	3.5	31.2
8	8.8	1.6	a	0.08	7.0	275.1
9	8.2	1.7	a	0.07	10.3	149.5
10	9.25	0.5	a	0.15	3.2	106.0
11	8.2	1.3	a	0.13	4.3	158.3
RANGO						
	8.0-9.25	0.5-3.1	--	0.05-0.16	3.2-27.8	31.2-275.1
PROMEDIO $\pm$ DESV. ESTANDAR						
	8.45 $\pm$ 0.37	1.5 $\pm$ 0.8	--	0.11 $\pm$ 0.04	10.1 $\pm$ 8.4	119.4 $\pm$ 69.8

a = Concentración indetectable (menor al nivel mínimo de detección = 0.005 ppm)

CUADRO No. 10 (cont.)

Contenido de micro y macroelementos en muestras de suelo.

Concentraciones en %					
No.	<u>Calcio</u>	<u>Magnesio</u>	<u>Sodio</u>	<u>Potasio</u>	<u>Sulfatos</u>
1	8.02	0.81	0.21	0.15	0.02
2	7.04	0.61	0.24	0.14	0.022
3	6.03	0.9	0.22	0.24	0.035
4	5.45	0.7	0.17	0.15	0.014
5	6.98	0.52	0.24	0.26	0.018
6	3.77	0.36	0.2	0.23	0.015
7	6.11	0.53	0.34	0.19	0.14
8	4.46	0.22	0.19	0.35	0.016
9	5.49	0.26	0.07	0.17	0.023
10	7.73	0.25	0.31	0.29	0.016
11	1.68	0.43	0.15	0.16	0.009
RANGO					
	1.68-8.02	0.22-0.9	0.07-0.34	0.15-0.35	0.009-0.14
PROMEDIO $\pm$ D.S.					
	5.7 $\pm$ 1.86	0.5 $\pm$ 0.23	0.21 $\pm$ 0.07	0.19 $\pm$ 0.07	0.029 $\pm$ 0.037

CUADRO No. 11

El pH, textura y contenido de elementos minerales en el suelo y su relación con la concentración de estos últimos en las plantas.

Concentraciones en ppm												
NMS	pH	Textura	Cobre		Molibdeno		Selenio		Zinc		Fierro	
			S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
1	8.0	Arcilla(a)	1.1	4.5	b	1.4	0.07	0.5	6.8	239.9	64.3	748.0
2	8.0	"	0.8	3.9	0.5	0.2	0.05	0.4	6.4	25.8	42.1	225.2
3	8.32	"	1.6	4.3	b	1.0	0.13	0.8	11.0	23.1	80.8	241.4
4	8.48	"	1.1	3.3	0.2	0.9	0.09	0.5	6.2	35.0	91.4	283.2
5	8.35	(c)	3.0	3.4	b	0.8	0.15	0.2	27.8	39.7	156.1	352.1
6	8.59	(c)	3.1	3.3	b	0.4	0.15	0.2	24.9	32.9	158.9	339.1
7	8.77	Arcilla(a)	0.5	3.9	b	1.0	0.16	0.5	3.5	30.9	31.2	708.1
8	8.8	"	1.6	5.7	b	1.1	0.08	0.6	7.0	59.1	275.1	1055.5
9	8.2	"	1.7	5.2	b	0.2	0.07	0.7	10.3	46.9	149.5	979.3
10	9.25	"	0.5	3.1	b	0.6	0.15	0.4	3.2	42.9	106.0	736.7
(d)	"	"	"	2.4	"	0.3	"	0.3	"	25.7	"	779.8
11	8.2	"	1.3	5.5	b	0.5	0.13	0.7	4.3	329.7	158.3	903.1
X	8.45	- "	1.5	4.04	--	0.7	0.11	0.48	10.1	77.6	119.4	612.6
C.V.	0.04		0.53	0.25	--	0.57	0.36	0.39	0.83	1.27	0.58	0.49
r			0.09		--		-0.3		-0.23		0.47	

48

NMS = No. de muestra de suelo

S = Suelo

P = Planta

(a) = Serie Independencia

(b) = Concentración indetectable

(c) = Zona de transición entre la serie Independencia y serie

Chiconautla : Arcilla o arcillo-limoso

(d) = La muestra 10 de suelo corresponde a 2 muestras de plantas (10 y 10 A del cuadro No. 7)

X = Promedio

C.V. = Coeficiente de variación

r = Coeficiente de correlación.

CUADRO No. 11 (cont.)

El pH, textura y contenido de elementos minerales en el suelo y su relación con la concentración de estos últimos en las plantas.

NMS	pH	Textura	Concentraciones en %									
			Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Sulfatos	
			S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
1	8.0	Arcilla(a)	8.02	1.99	0.81	0.72	0.21	0.81	0.15	0.16	0.02	0.54
2	8.0	"	7.04	0.28	0.61	0.26	0.24	1.48	0.14	0.22	0.022	0.26
3	8.32	"	6.03	1.36	0.9	0.35	0.22	0.71	0.24	0.13	0.035	0.32
4	8.48	"	5.45	1.58	0.7	0.47	0.17	0.71	0.15	0.29	0.014	0.63
5	8.35	(c)	6.98	1.64	0.52	0.33	0.24	0.93	0.26	0.16	0.018	0.53
6	8.59	(c)	3.77	1.13	0.36	0.3	0.2	1.0	0.23	0.32	0.015	0.34
7	8.77	Arcilla(a)	6.11	0.49	0.53	0.74	0.34	1.03	0.19	0.47	0.14	0.33
8	8.8	"	4.46	0.57	0.22	0.38	0.19	0.45	0.35	0.71	0.016	0.46
9	8.2	"	5.49	0.47	0.26	0.23	0.07	0.59	0.17	0.41	0.023	0.57
10	9.25	"	7.73	1.33	0.25	0.77	0.31	3.74	0.29	0.22	0.016	1.72
(d)	"	"	"	0.39	"	0.15	"	0.91	"	0.23	"	0.25
11	8.2	"	1.68	0.6	0.43	0.53	0.15	0.7	0.16	0.21	0.009	0.33
X	8.45		5.7	0.98	0.5	0.43	0.21	1.08	0.19	0.29	0.029	0.49
C.V.	0.04		0.32	0.59	0.46	0.48	0.33	0.8	0.36	0.55	1.27	0.85
r			0.28		0.21		0.5		0.36		-0.17	

49

Ver página anterior para la nomenclatura utilizada en este cuadro.

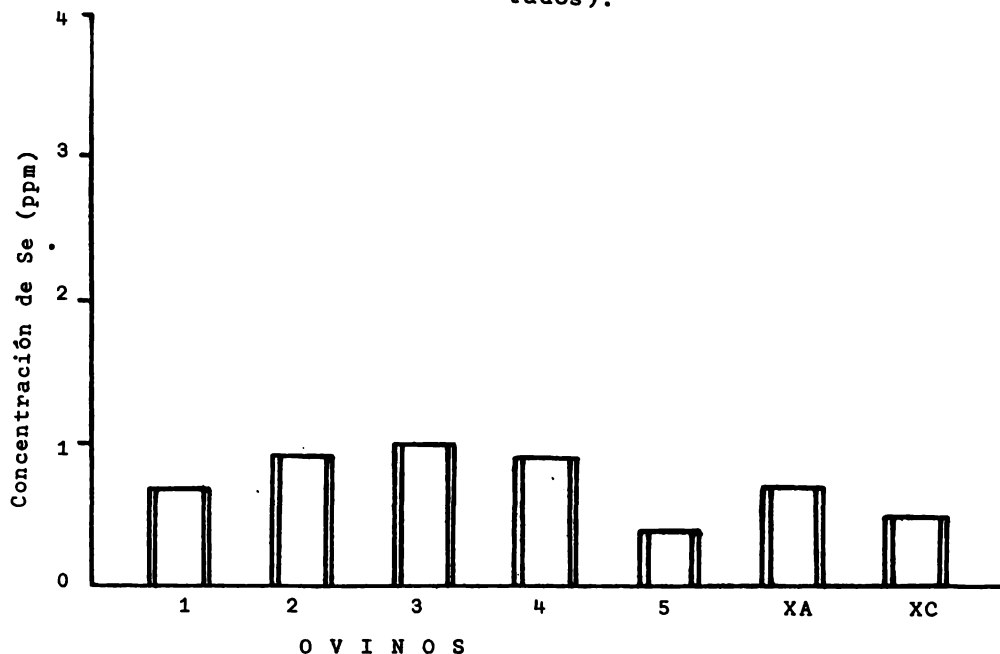
CUADRO No. 12

Coeficientes de correlación lineal simple
que expresan la asociación del contenido de un elemen-
to mineral en el suelo con el contenido del mismo en un ti-
po de forrajes (alfalfas o gramíneas).

	<u>Suelo/ alfalfa</u>	<u>Suelo/gramíneas</u>
Cobre	-0.56	0.87 *
Molibdeno	--	--
Selenio	-0.42	0.26
Zinc	-0.43	-0.2
Fierro	-0.39	0.77
Calcio	0.91 *	-0.83 *
Magnesio	0.52	0.45
Sodio	0.36	0.54
Potasio	-0.24	0.61
Sulfatos	-0.58	-0.11

(*) Coeficientes de correlación significativos.

FIG. 2
 Contenido de selenio en hígado de animales enfermos
 y clínicamente sanos.
 (1, 2, 3, 4 y 5, ovinos afectados).



Conc. normal = ≥ 0.2 ppm
 (Maas et al., 1984)

XA = Promedio grupo de ovinos afectados
 XC = Promedio grupo control

FIG. 3

Contenido de cobre en hígado y encéfalo de
animales enfermos y clínicamente sanos.

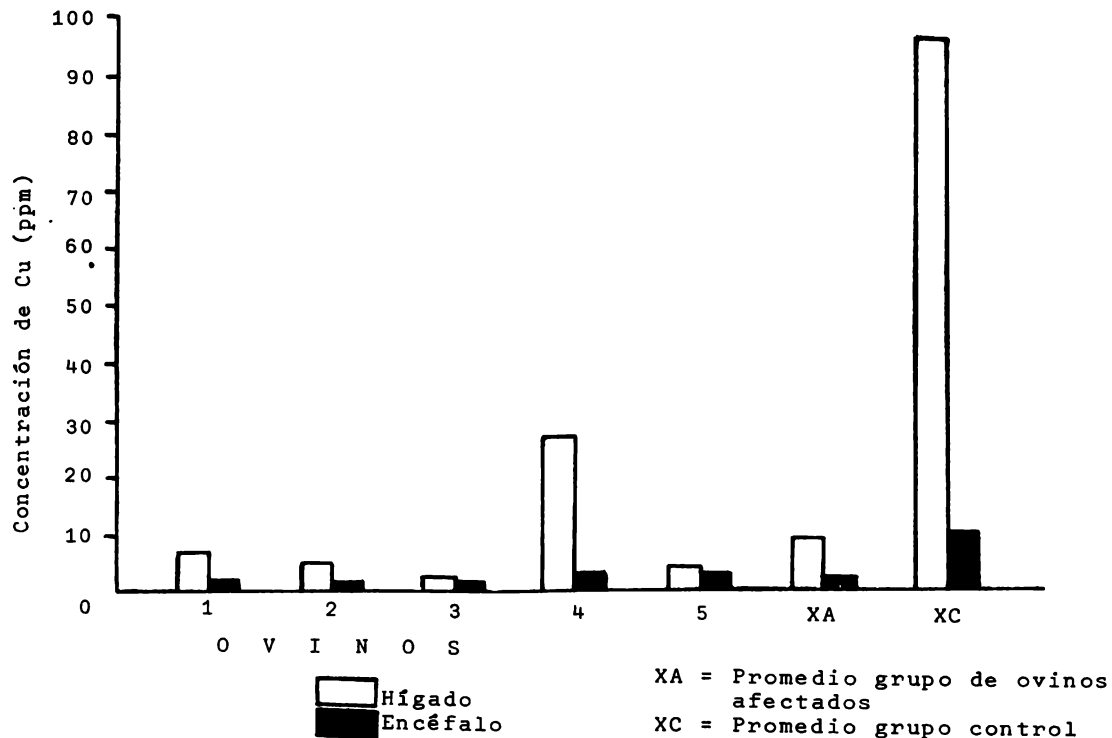
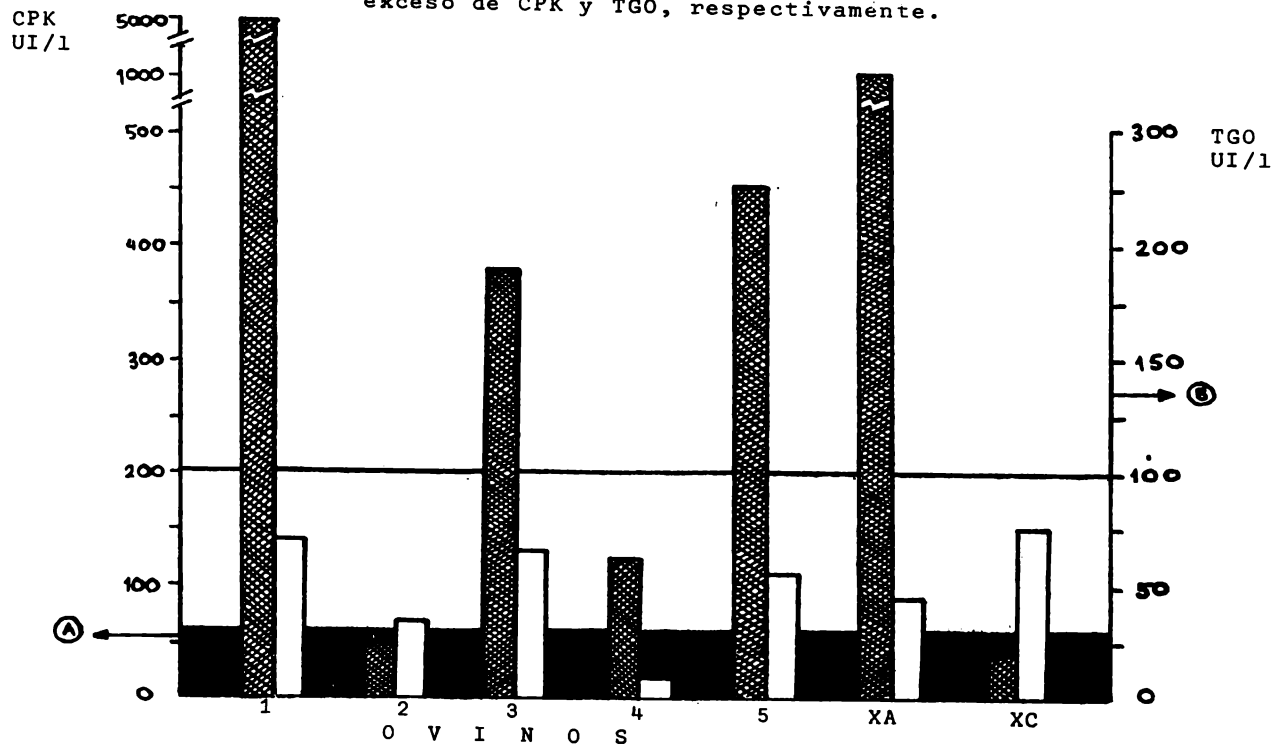


FIG. 4
Enzimas séricas (CPK y TGO) en animales enfermos y clínicamente sanos. Sobre el tope de las franjas oscura y blanca significa- exceso de CPK y TGO, respectivamente.



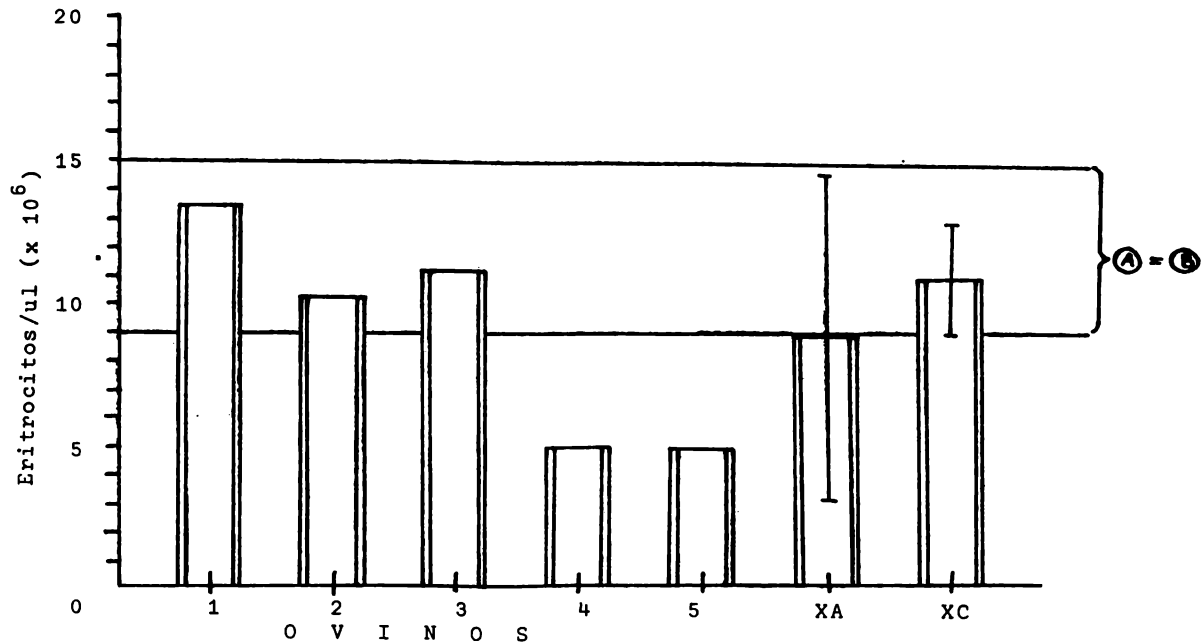
CPK
TGO

A) Nivel máx. de CPK del gpo.-control
B) Nivel máx. de TGO del gpo.-control

XA = Promedio grupo de ovinos afectados
XC = Promedio grupo control

FIG. 5

Biometría hemática: cuenta de eritrocitos por ul de sangre en animales enfermos y clínicamente sanos.



A) Rango normal (Schalm, 1975)

B) Rango grupo control

XA = Promedio grupo afectado

XC = Promedio grupo control

FIG. 6

Biometría hemática: hematocrito de animales enfermos
y clínicamente sanos.

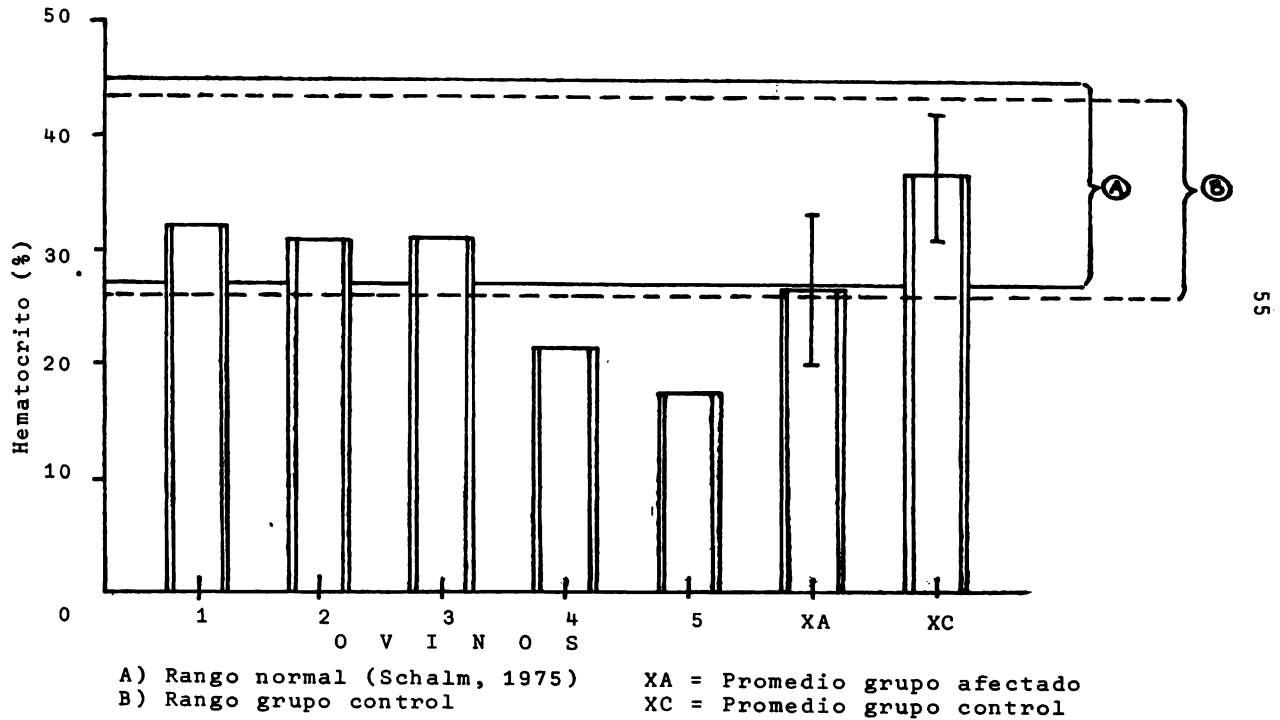


FIG. 7

Biometría hemática: hemoglobina en animales enfermos
y clínicamente sanos.

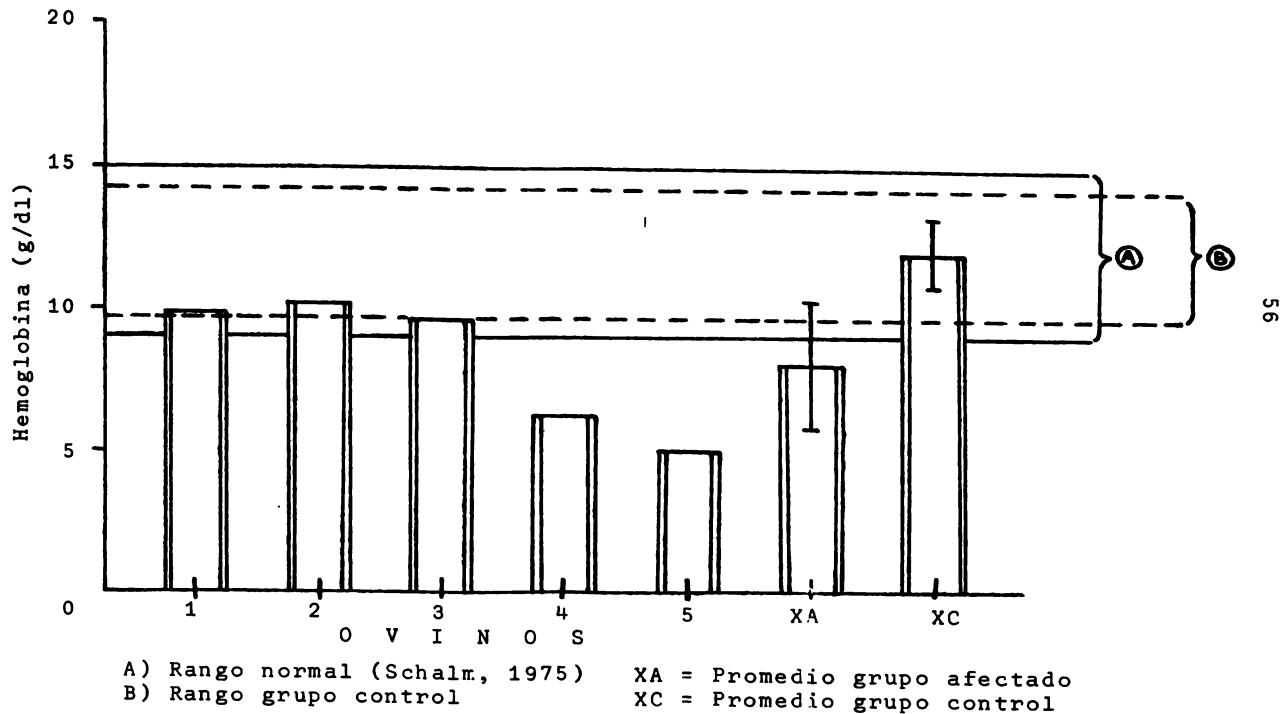


FIG. 8

Biometría hemática: proteínas plasmáticas por refractometría en animales enfermos y clínicamente sanos.

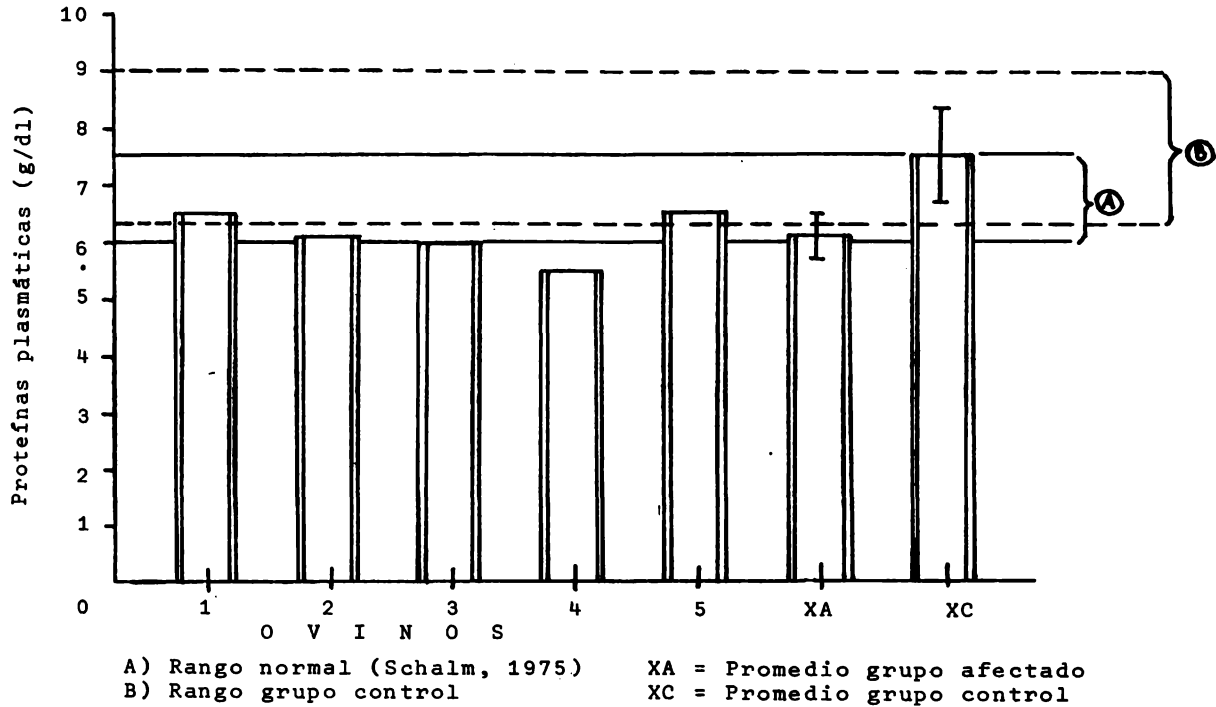
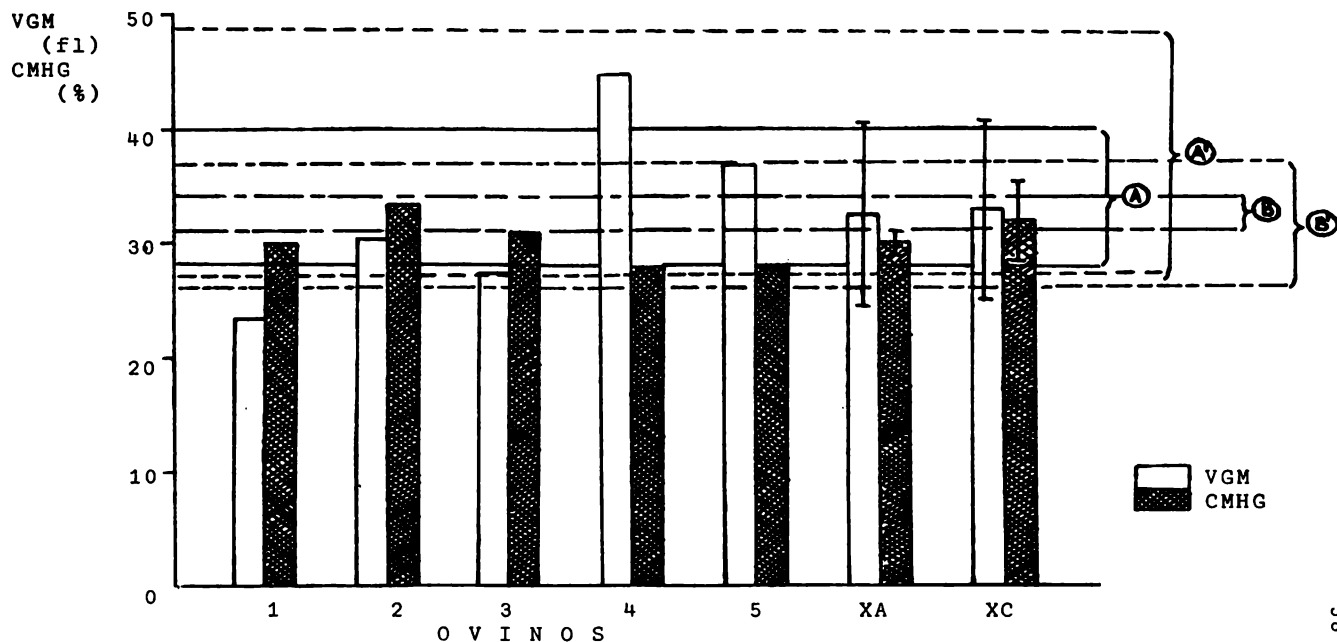


FIG. 9

Biometría hemática: índices de Wintrobe en animales enfermos y clínicamente sanos.

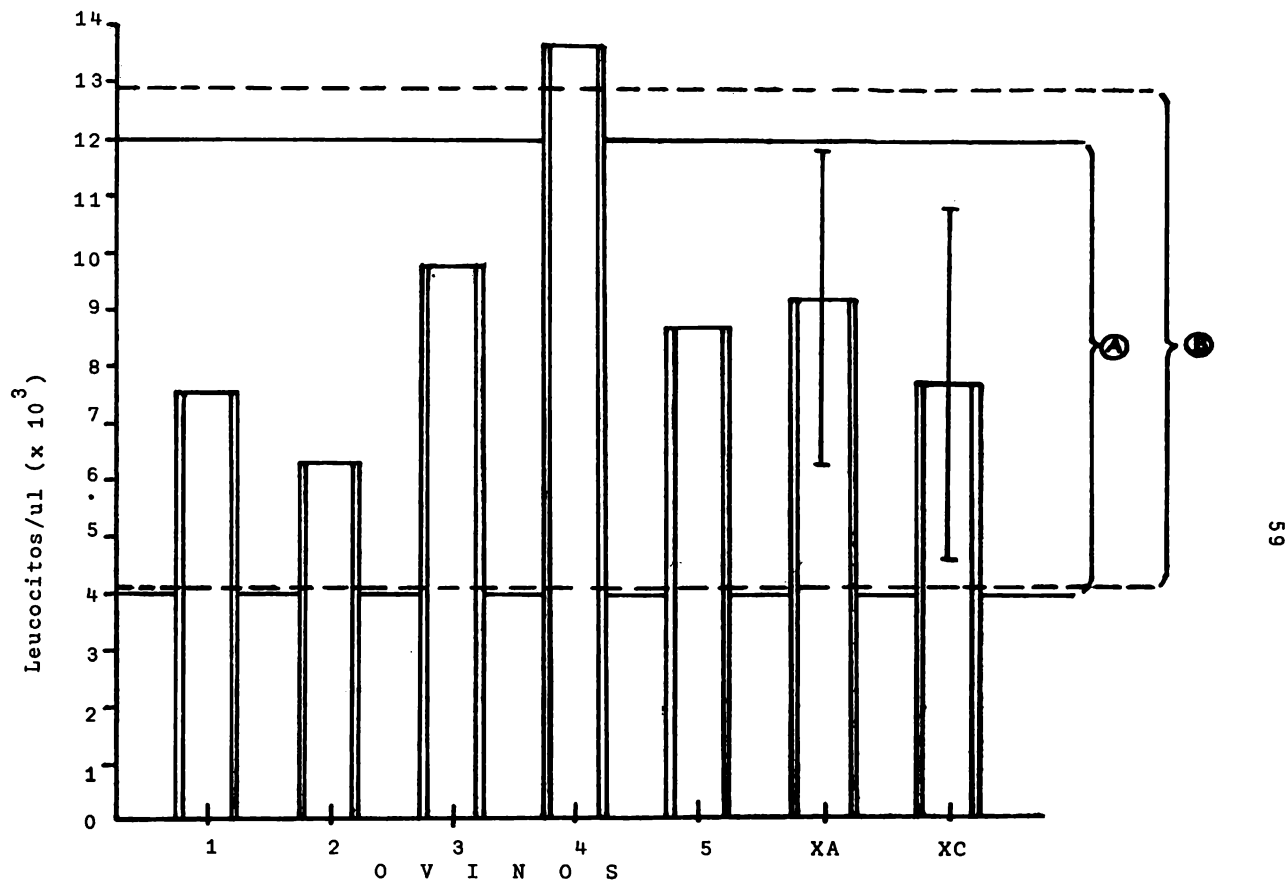
Volumen globular medio (VGM) y concentración media de hemoglobina globular (CMHG).



A) y A') Rango normal (Schalm) y del grupo control para VGM

B) y B') Rango normal (Schalm) y del grupo control para CMHG

XA y XC = Promedios del grupo afectado y gpo. control, respectivamente



A) y B) Rango normal (Schalm) y de grupo control, respectivamente
 XA y XC = Promedios del grupo afectado y gpo. control, respect.

FIG. 10. Biometría hemática: cuenta leucocitaria por ul en ovinos afectados y clínicamente sanos.

FIG. 11
 Biometría hemática: cuenta leucocitaria diferencial (cifras
 absolutas de linfocitos) en ovinos afectados y sanos.

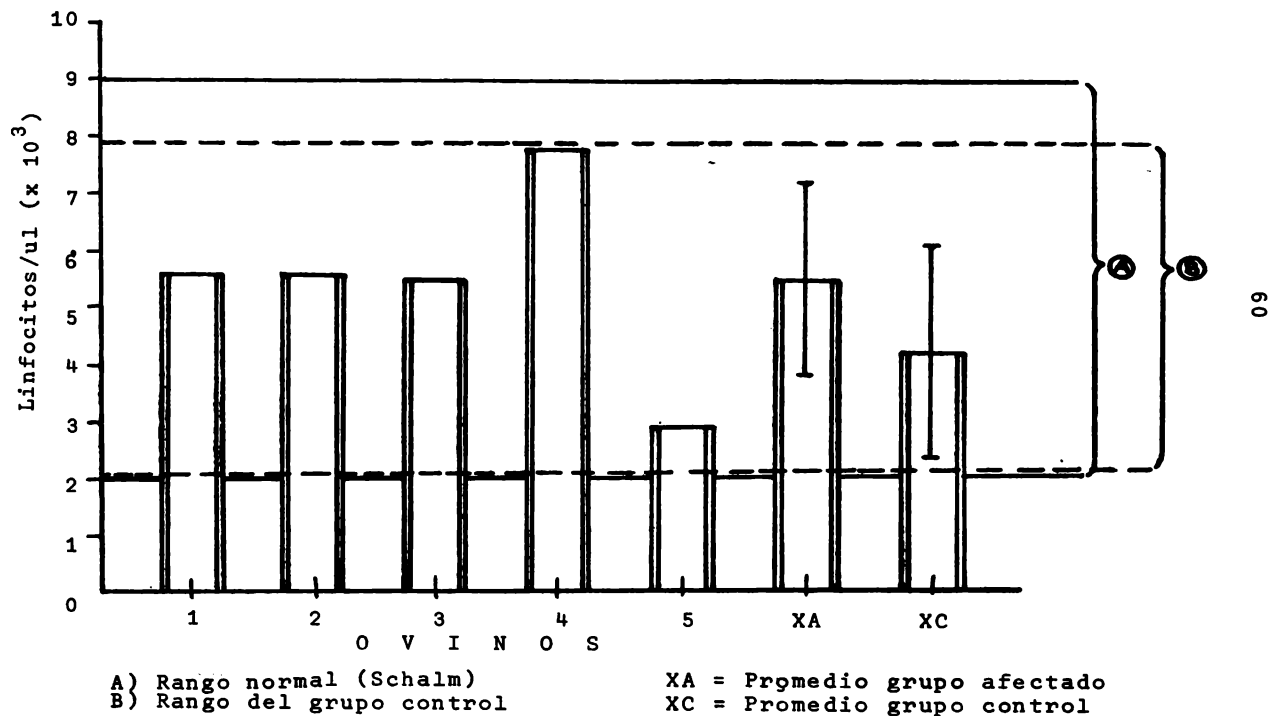


FIG. 12

Biometría hemática: cuenta leucocitaria diferencial (cifras absolutas de monocitos) en ovinos afectados y sanos.

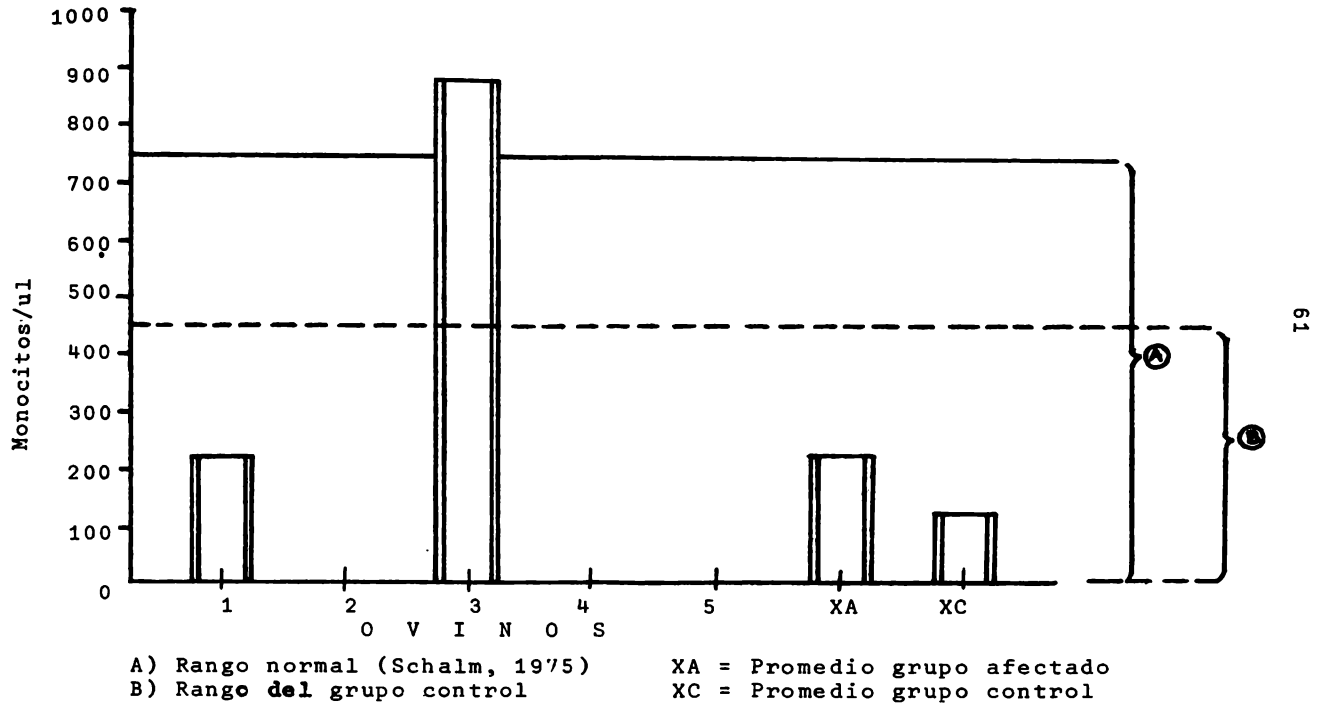


FIG. 13

Biometría hemática: cuenta leucocitaria diferencial (cifras absolutas de neutrófilos segmentados) en ovinos afectados y sanos.

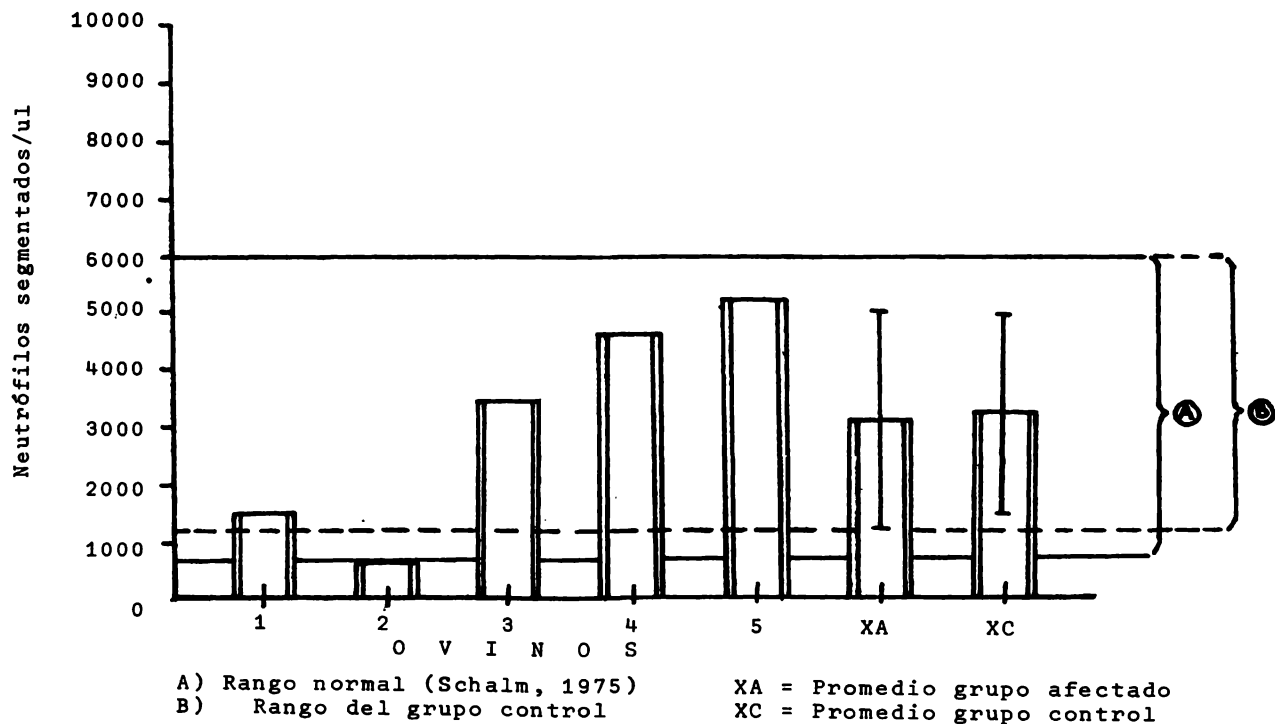


FIG. 14

Biometría hemática: cuenta leucocitaria diferencial (cifras absolutas de neutrófilos en banda) en ovinos afectados y clínicamente sanos.

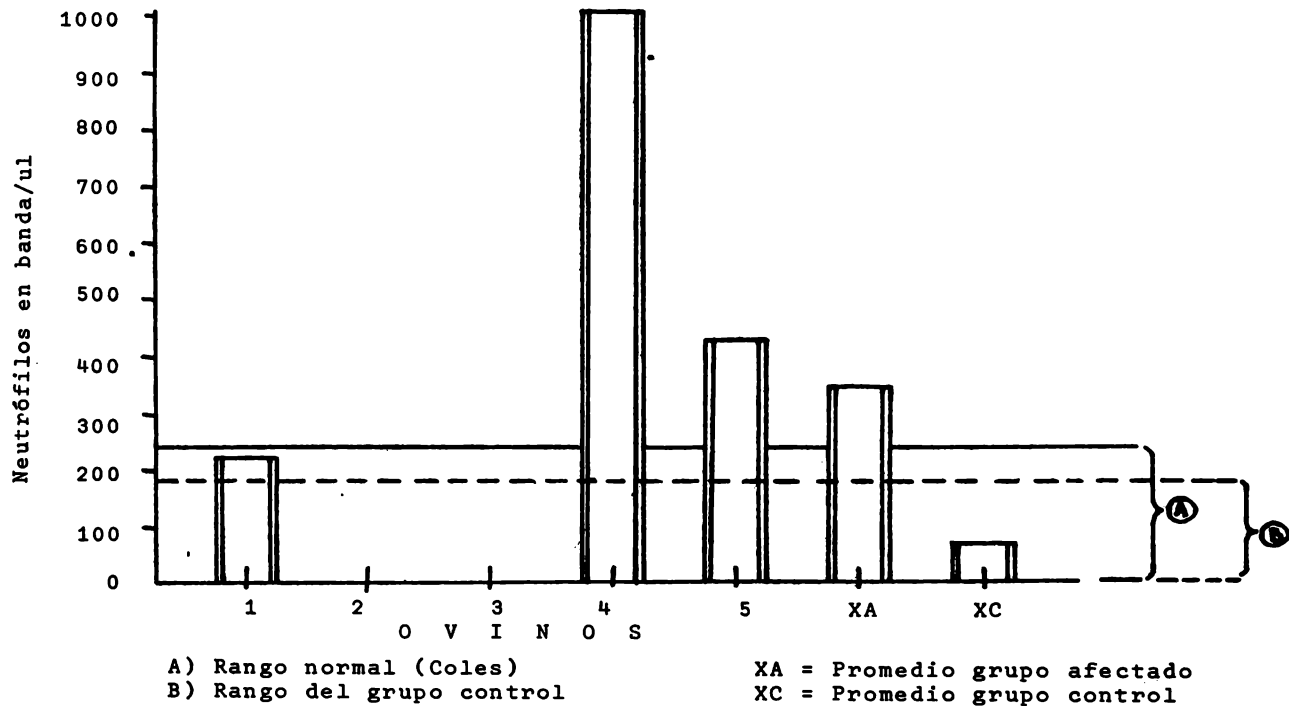
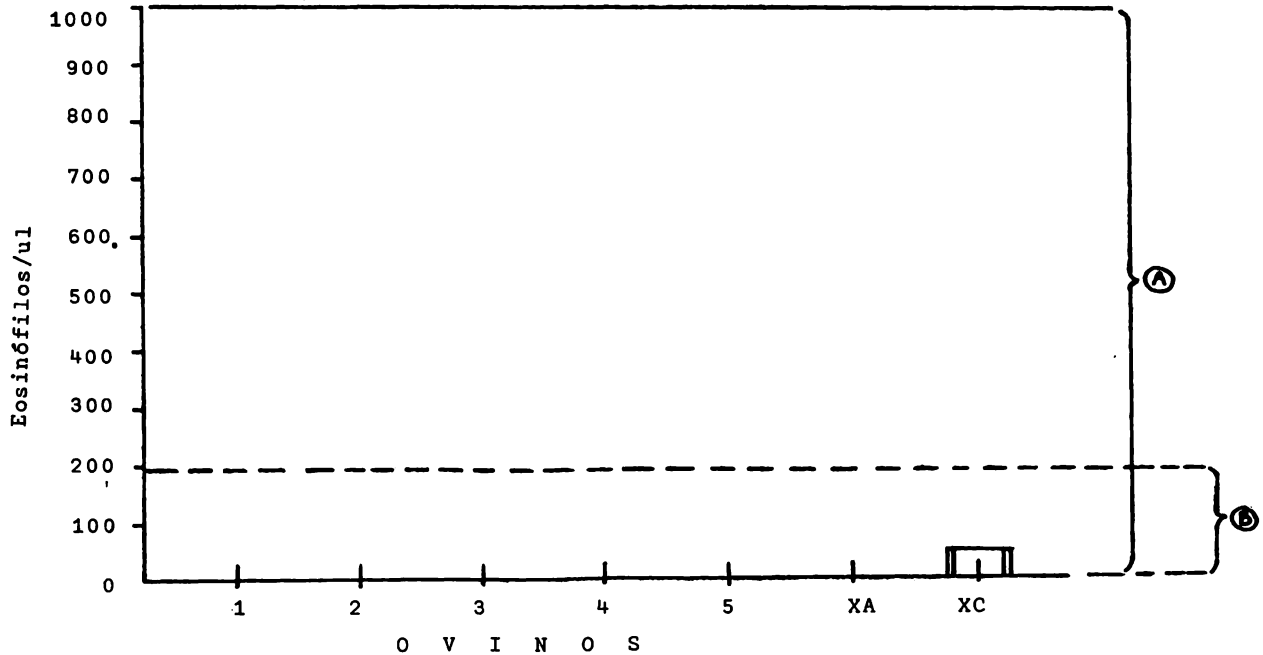


FIG. 15

Biometría hemática: cuenta leucocitaria diferencial (cifras absolutas de eosinófilos) en ovinos afectados y sanos.



A) Rango normal (Schalm)
B) Rango del grupo control

XA = Promedio grupo afectado
XC = Promedio grupo control

De los resultados expuestos anteriormente se desprenden las siguientes consideraciones:

I. PROPIEDADES DEL SUELO.

pH.- Se ha observado que el pH de las muestras de suelo va de 8.0 a 9.25, lo cual lleva a clasificar los suelos de esta área como de alcalinos a fuertemente alcalinos (22). Estudios previamente realizados en la zona informan de valores similares y aún mayores (9,25).

Cuando el suelo contiene carbonato de calcio en exceso, su reacción es marcadamente alcalina (entre pH 8.0 y 8.4). --- Cuando la base dominante es el sodio, su efecto sobre el suelo es mayor que el de cantidades equivalentes de calcio y un exceso produce alcalinidades mayores de pH 9, con efectos perjudiciales para la estructura de las plantas y la constitución del suelo (22).

El 63.6 % (7/11) de las muestras están entre pH 8.0 y --- 8.48; ésto sugiere que los valores de pH de los suelos analizados se deben en su mayor parte a altas concentraciones de calcio; sin embargo, la presencia de suelos aún más alcalinos indica que se encuentran afectados asimismo por altas concentraciones de sodio.

El pH en el cual existe una mayor disponibilidad de un mayor número de elementos minerales para las plantas es cercano a 5.5 en suelos orgánicos y aproximadamente 6.5 en los suelos minerales (17).

Con los valores de pH encontrados en los suelos de este trabajo, la disponibilidad de muchos elementos minerales se ve afectada negativamente. Así, el Cu, Zn, Fe, Mg, P y K son menos aprovechados por las plantas conforme la reacción del suelo es más alcalina. En cambio, a estos valores de pH la disponibilidad del Ca, S, Mo (17) y Se (2) es buena, por lo que se dan las condiciones para que las plantas los absorban en cantidades suficientes. Esto sugiere la posibilidad de que exista una deficiencia de Cu, pero no una de Se, en las plantas.

Textura y contenido de materia orgánica.- Se observa que el 83.3% (10/12) de las muestras de suelo que fueron colectadas (con base en el hecho de que los ovinos afectados provenían o se alimentaban con forrajes de esas zonas), corresponden a la serie predominante del área (llamada serie Independencia). Los suelos de estas zonas contienen suficiente arcilla para considerarlos como de texturas finas o medias (17).

En la descripción de las series de suelos del Distrito de Riego 88 que se proporciona en el Estudio Agrológico de la zona (9), se hace referencia al porcentaje de materia orgánica del suelo a diferentes profundidades, en los perfiles (q.v.) representativos. Se informa que el contenido de materia orgánica en la serie Independencia no rebasa el 7% en todo el perfil. En la serie Chiconautla, el porcentaje de materia orgánica es el máximo en el primer horizonte (q.v.), aunque es aún menor que el de la serie Independencia (no más de 3%) (9). Con base en que los suelos orgánicos, en general, contienen un mínimo de 20% de dicho material (17), estos suelos pueden ser considerados como minerales, ya que su contenido de materia orgánica es marcadamente inferior al ya mencionado.

Se concluye que los suelos aquí estudiados son alcalinos, de textura fina o media (arcillosos, arcillo-limosos o franco-arcillosos), de drenaje deficiente y con escasa materia orgánica. Por ello, coinciden solo en algunas propiedades con los suelos asociados comúnmente a la deficiencia de Cu, los cuales son: (a) Suelos arenosos, pobres en materia orgánica y profusamente expuestos a los fenómenos meteorológicos; y (b) turbas (q.v.) (llamados en inglés "peat" (q.v.) y "muck" (q.v.) soils), suelos que se originan de los pantanos y que se han convertido al estado de cultivo. Estos suelos son los asociados más comúnmente a la deficiencia de Cu en Estados Unidos, Nueva Zelanda y Europa (11).

No coinciden con el primer tipo descrito en cuanto a tex

tura (no son de carácter arenoso); sin embargo, sí coinciden en su contenido de materia orgánica. Por otro lado, coinciden con el segundo tipo en el hecho de que estos suelos fueron -- parte de una formación acuática, aunque en este caso, no de un pantano, sino de un lago. Sin embargo, los suelos de origen pantanoso a los que se hace referencia son suelos eminentemente orgánicos y húmedos.

Los suelos de cultivo de esta zona, los cuales son dotados de agua continuamente por el riego, pueden estar húmedos durante mucho tiempo por el deficiente drenaje, condición que facilita la acumulación de materia orgánica (17), aunque en un principio se trate de un suelo pobre en dicho material. Por ello, no es descartable el hecho de que existan suelos -- con altas cantidades de materia orgánica y húmedos, lo que -- coincidiría totalmente con el segundo tipo de suelo descrito -- por Blood y Henderson (11) en que se produce la deficiencia -- de Cu en los animales.

II. CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES EN SUELOS Y PLANTAS, SU POSIBLE INTERRELACIÓN.

Respecto al contenido de Cu y Se en el suelo, se observa lo siguiente:

La concentración de Cu presentó un rango de 0.5 a 3.1 -- ppm. Un suelo con contenido adecuado de este elemento para -- las plantas debe tener desde 6 ppm, si es mineral y más de 30 ppm, si es orgánico (36). En cualquier caso, se nota claramente que los suelos aquí estudiados son per se, pobres en cobre. Este hecho, junto con el pH del suelo, indica una alta -- probabilidad de que existan deficiencias en las plantas.

La concentración de Se en los suelos analizados fue de -- 0.05 a 0.16 ppm. Cary, citado por Ammerman et al. (6), indica que las concentraciones de menos de 0.5 ppm son prevalecientes en donde se han presentado deficiencias de Se en el ganado. El contenido relativamente bajo de Se (<0.5 ppm) en estos

suelos, coincide con los hechos de que son alcalinos y contienen materiales de origen volcánico (54).

No obstante, debido a que casi no existe una relación entre el Se total en los suelos y la absorción de éste por la -vegetación (54), solo es posible saber si estas concentraciones son adecuadas para que las plantas que ahí crecen contengan cantidades suficientes de Se para los animales que las --consumen, al observar el contenido de este elemento de las --mismas.

En las plantas analizadas, el contenido de Cu más alto -fue de 5.7 ppm. El NRC establece como adecuada una cantidad -mínima de 5 ppm (B.S.) en la dieta de los ovinos (42). El contenido máximo mencionado, apenas cubriría la necesidad de es-te elemento si no existieran interacciones metabólicas con --otros minerales; por otro lado, el 76.9% (10/13) de las mues-tras acusó un contenido de Cu menor al requerimiento. Por e--llo, en general, se apreciaba que las plantas poseen un contenido deficiente de Cu con respecto a la necesidad nutricional -de los ovinos.

El rango normal de la concentración de Cu en los tejidos de las plantas es de 5 a 20 ppm. Se han observado deficien--cias en las mismas (maíz) cuando su contenido de Cu es de ---4-5 ppm, en suelos orgánicos, pero no siempre en plantas con las mismas concentraciones que crecen en suelos minerales --- (30).

Respecto a la correlación entre el contenido de Cu en el suelo y en la totalidad de las muestras de plantas analizadas, es prácticamente inexistente; la correlación entre el contenido de Cu en el suelo y en las muestras de alfalfa tampoco es significativa; sin embargo, se observa que la correlación entre el contenido de este elemento mineral en el suelo y las -gramíneas analizadas, sí lo es (*), lo que sugiere que el ni-

(*) Se han considerado como coeficientes de correlación significativos, para este trabajo, aquellos que son mayores o iguales que 0.8.

vel de Cu de dichas plantas podría depender, en forma directamente proporcional, de la cantidad de éste en el suelo. Se observa además, en todos los casos, que la concentración de Cu es mayor en las plantas que en el suelo, a pesar de la escasez del elemento en éste y del pH, factor que limitaría su disponibilidad.

El contenido de Se de los forrajes analizados estuvo entre 0.2 y 0.7 ppm. La cantidad de Se requerida por los ovinos es de 0.1 ppm (42). Con ésto, se aprecia que el 100% de dichas muestras, cubre la necesidad de Se de los ovinos.

La correlación matemática entre el contenido del elemento en el suelo y en las plantas, no es significativa en ningún caso, lo que sugiere una gran variación en la capacidad de absorción de Se por las plantas. Sin embargo, el contenido del elemento en las plantas es mayor que en el suelo, en todos los casos, lo que indica una buena disponibilidad, a pesar del bajo contenido de Se de este último.

Otros elementos minerales en suelo y plantas:

Molibdeno.— El contenido de este elemento mineral en el suelo, en un 81.8% (9/11) de las muestras fue menor al nivel mínimo de detección (0.005 ppm). El resto presentó valores de 0.5 y 0.2 ppm. Se infiere que los suelos estudiados son, en general, pobres en Mo; sin embargo, la deficiencia de este elemento en las plantas se asocia comúnmente con suelos ácidos, sobre todo aquellos con pH menores de 5.5 (17).

El pH alcalino favorece la disponibilidad de dicho elemento y se comprueba qué tan adecuado es este suelo al observar las concentraciones de Mo en las plantas que ahí crecen.

En éstas, el contenido de Mo fue de 0.2 a 1.4 ppm; la necesidad de este elemento no ha sido definida, por las interacciones con el Cu y sulfatos. Sin embargo, Sheriba, citado por Coelho (12), indica que la necesidad es menor de 0.01 ppm (B.S.). Con base en lo anterior, el 100% de las muestras la cubrirían.

Sin embargo, el Cu y el Mo deben guardar una relación adecuada en la dieta. Esta relación debe ser 10:1 (22). En este trabajo se encontró una relación media ligeramente desfavorable para el Cu (8.53:1) en las plantas. Este hecho, aunado a la deficiencia marginal de Cu en los forrajes, posiblemente intensifica la carencia de este último para los ovinos de la zona.

Zinc. - El contenido de este elemento en el suelo fue de 3.2 a 27.8 ppm. Se recomienda fertilizar con Zn un suelo para maíz y sorgo, cuando contiene menos de 6 ppm (17). Con base en este dato, se puede considerar que, en general, estos suelos contienen cantidades adecuadas del elemento. Las deficiencias de Zn son más comunes en suelos calcáreos y frecuentemente aumentan cuando la parte superior del suelo ha sido removida -- por labores de nivelación para riegos y drenajes (17).

El Zn presente en las plantas se encuentra en cantidades adecuadas para cubrir la necesidad del elemento en los ovinos, que es de 20 a 50 ppm, puesto que estuvo entre 23.1 y 329.7 ppm. Por otro lado, el 15% de las muestras (2/13) exceden el límite máximo recomendado; sin embargo, se señala que los ovinos pueden tolerar hasta 500 ppm de Zn en su dieta sin que existan efectos riesgosos (48).

El Zn es un elemento que condiciona la deficiencia de Cu, sin embargo, el número de muestras con exceso de Zn es tan pequeño y en virtud de que su contenido está por debajo de la cantidad tolerable, no es posible establecer la importancia que este elemento mineral puede tener para condicionar una deficiencia de Cu en los ovinos de este trabajo.

No existe una relación palpable entre los niveles de Zn en el suelo y en las plantas, puesto que los coeficientes de correlación fueron muy bajos.

Hierro.- La concentración de Fe en las muestras de suelo fue de 31.2 a 275.1 ppm. Sánchez, citado por Córdoba (14), señala que la deficiencia de Fe se observa en suelos calcáreos o alcalinos, considerándose que valores de 20 ppm en suelos de este tipo son deficientes en Fe. Con base en estos datos, se aprecia que aunque en algunas muestras el contenido de Fe no es muy elevado, es suficiente para el crecimiento vegetal.

En las plantas, la concentración de este elemento rebasó en el 100% de las muestras el requerimiento de Fe de los ovinos, que es de 100 ppm, de acuerdo con Underwood, citado por Doyle (18). Sin embargo, el NRC estima que el nivel máximo de Fe en la dieta tolerable por los ovinos, es de 50 ppm (41), lo que discrepa con lo señalado por Underwood. Considerando este dato, puede afirmarse que el Fe se encuentra en exceso en los forrajes estudiados. El exceso moderado pero permanente de hierro en la dieta produce saturación en el hígado, que es depositado como sulfato de hierro coloidal-hemosiderina, que es dañino. En presencia de un exceso de Fe disminuye la asimilación de P y Cu, entre otros efectos (23).

No hubo correlación significativa entre el Fe del suelo y el de las plantas; sin embargo, fue mayor el contenido de este elemento mineral en estas últimas.

Calcio.- En el suelo, la concentración fue de 1.68 a 8.02%. En el Estudio Agrológico de la zona se informa de un contenido de Ca de 0.34% (9). Breland, citado por Córdoba (14), indica que suelos que contienen desde 141 ppm (0.014%), son elevados en Ca. Aquí se aprecia claramente que el contenido de Ca de estos suelos rebasa con mucho ese valor, por lo que pueden considerarse como excesivamente ricos en este elemento mineral. Esto concuerda con el hecho de que estos suelos presentan una fuerte reacción al ácido clorhídrico (9) (*).

(*) En el campo, se aprecia la riqueza en carbonato de calcio tratando un poco de tierra húmeda con unas gotas de este ácido. El contenido de cal es proporcional a la intensidad de la reacción (22).

En los suelos ricos en Ca la movilidad del Se se incrementa por su oxidación y mayor solubilidad, por lo que aumenta su disponibilidad para las plantas (50).

Con respecto a los forrajes, su contenido de Ca es, en general, elevado. Sin embargo, en el 15.3% (2/13) de las muestras, la concentración de éste es inferior al límite mínimo establecido (0.3%). Dado que es un número muy pequeño de muestras el que presenta dicha inferioridad, puede afirmarse que el contenido de Ca de los forrajes cubre la necesidad nutricional.

Los niveles de Ca en el suelo se correlacionan significativamente con los de las alfalfas y gramíneas. En el primer caso, se observa, debido a la correlación positiva, que el contenido de Ca en la alfalfa depende en gran medida del contenido de éste en el suelo, según los resultados, siendo lo contrario en las gramíneas, que parecen absorberlo con menor eficiencia, conforme aumenta la cantidad del elemento en el suelo.

Un exceso de Ca en la dieta puede producir deficiencias secundarias de P, Mg, Zn, Cu y otros microelementos debido a la inhibición de su absorción en el intestino (23).

Magnesio.— La concentración media de este elemento en el suelo fue de 0.5%; en el Estudio Agrológico de la zona se informa de una concentración de 0.067% (9). Breland, citado por Córdoba (14), menciona que concentraciones de este elemento mayores de 21.2 ppm (0.0021%) son altas. El contenido de Mg de estos suelos, de acuerdo con los resultados, es más de 100 veces mayor que el valor citado, por lo que se observa un exceso de este elemento mineral.

El contenido de magnesio del 100% de las muestras de plantas se encuentra muy por encima del requerimiento de los ovinos.

El Mg presente en el suelo no se correlacionó significativamente con el Mg en las plantas. Se observa, sin embargo,

que en éstas el Mg tiende a presentarse en una concentración menor que en el suelo.

Sodio.— El contenido de Na presente en estos suelos fue de -- 0.15 a 0.34%. Se observa que el contenido de Ca es mucho mayor que el de Na. Esto discrepa con lo informado en el Estu-- dil Agrológico del área, en el que se indica que el contenido de ambos elementos en la serie Independencia es de 0.34% de - Ca y aproximadamente 0.5% de Na a 0-25 cm de profundidad, --- siendo incluso los valores de sodio más altos a mayor profundidad y lo contrario, con respecto al Ca. Sin embargo, existe una gran diferencia entre la concentración media de Na hallada en el presente trabajo (0.21%) y la informada por Córdoba (14) en suelos ácidos y semiácidos del sur del Distrito Federal, de 258 ppm (0.025%).

Con respecto al Na presente en las plantas, se observa - que el 100% de las muestras excede el límite máximo recomendado para cubrir la necesidad de este elemento. En dichas muestras, el contenido de Na es en general, uniforme; sin embargo, se nota una marcada acumulación de éste en una muestra ("bo-- rrego": nombre común dado en la zona a Atriplex linifolia, - H. & B., fam. Chenopodiaceae *). Esta planta es muy frecuente consumida por el ganado ovino**; se encuentra comunmente en los llanos salitrosos asociada con Distichlis spp., en suelos arcillosos e inundables ***. Cabe mencionar que esta - muestra fue tomada de una zona donde no se aplica el riego - (zona de temporal).

Plantas del género Atriplex son capaces de acumular altos niveles de selenio cuando crecen en áreas con concentraciones elevadas de Se disponible (54). La presencia de esta - planta sería un hecho más que sugeriría la mayor probabilidad de la prevalencia de una deficiencia de Cu, más que de Se.

* Depositada en el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la U.N.A.M.

** Comunicación personal de los pobladores de la zona.

*** Información obtenida de las notas incluidas en los ejemplares depositados en el mismo Herbario.

No obstante que las muestras analizadas poseen altas cantidades de Na, se señala que, en condiciones prácticas, un exceso crónico de éste como sal en la dieta de los animales, es más bien raro (23).

Potasio.— Bahía, citado por Córdoba (14), señala que suelos - brasileños con más de 121 ppm (0.012%) de K son adecuados para el crecimiento vegetal. El contenido de estos suelos (0.14 a 0.35%) es mucho mayor que el mencionado, pero es menor que el informado por el Estudio Agrológico de la zona (9), de --- 0.58% para la serie Independencia a 0-25 cm. A pesar de ello, el contenido promedio de K hallado en estos suelos es mucho - mayor que el informado por Córdoba (14) en suelos del sur del Distrito Federal, de 155 ppm (0.015%), no afectados por salinidad o sodicidad (qq.vv.).

En las plantas, el contenido de K en el 93% (12/13) de - los casos fue inferior al límite mínimo establecido como requerimiento de los ovinos. El 7% restante (1/13) sí cubre la - necesidad de K. Se señala que bajo condiciones normales, no - es probable que las dietas de los rumiantes sean deficientes - en K, a menos que, entre otras circunstancias, los animales - consuman altas cantidades de forraje. Las plantas aquí estudiadas son, en general, deficientes en K y representan la casi totalidad del alimento de los ovinos afectados, por lo que en este caso, es probable que estos niveles bajos tengan efectos sobre el estado de salud de estos animales. Sin embargo, - solo es posible apreciar dichos efectos, si el status de K se encuentra alterado, hecho que se comprueba al observar el nivel sérico del mismo en los animales.

La concentración de K en el suelo no se correlacionó con el contenido de éste en las plantas, en ningún caso, lo que - puede indicar una gran variación en la capacidad de absorción del elemento por estas últimas; sin embargo, se observa que - la cantidad de K presente en las plantas tiende a ser mayor - que la existente en el suelo.

Relación Na:K en forrajes.- Dicha relación debe ser de 4 a 3:1 (22). El promedio hallado en las muestras analizadas fue de 4.76:1. En el 41.6% (5/12) de los casos se observó exceso de Na; en el 33.3% (4/12) éste fue deficiente y el 25% (3/12) tuvo una relación adecuada. Esto sugiere que hay una gran variación en cuanto a dicha relación se refiere, en los forrajes - del área; sin embargo, se observa que la tendencia es de exceso de sodio.

La variación en cuanto al contenido de Ca, Mg, Na y K -- del suelo encontrados en este trabajo y los informados en el Estudio Agrológico pueden ser debidas a diferencias en los métodos de extracción o determinación, factores físicos y climáticos o fuentes de contaminación por Ca no identificadas.

Sulfatos.- El contenido promedio de sulfatos en las muestras de suelo (0.029%) concuerda con lo informado en el Estudio Agrológico (9) de 0.021% (9 mEq/l).

Por la semejanza física y química entre el Se y el azufre (S), estos elementos compiten por los sitios de unión, -- por lo que el S o sulfatos pueden reducir la cantidad de Se - absorbido por las plantas como selenatos (50,54). Sin embargo, los suelos ricos en sulfatos suelen ser muy ácidos o bien pueden tener un pH normal antes que se den las condiciones necesarias para que se acidifiquen (17), lo que no sucede con los suelos analizados.

En el caso de las plantas, el 93% (12/13) de las mues---tras tuvo un contenido de sulfatos mayor que 0.2%, por lo que se observa un exceso del mismo, lo que índica que es probable que se produzca interferencia con la adecuada utilización del Cu. En Irlanda del Norte se informó de casos de deficiencia - aguda de Cu en ovinos ("swayback") con relaciones Cu:Mo tan - altas como 21.7:1 y contenido de sulfatos entre 0.29 y 0.39% en los forrajes de las áreas afectadas, asociada con la pre---sencia de altas cantidades de cal en el suelo y plantas por - la cercanía con una cantera (34).

El contenido de sulfatos del suelo no se correlacionó -- con el de las plantas, sin embargo, se observa que estas últimas poseen cantidades mucho más elevadas. Esto podría sugerir que existe una extraordinaria capacidad de absorción de S o - sulfatos por las plantas, o bien, que hay una fuente de contaminación externa (probablemente atmosférica, por la cercanía con el área industrial de Ecatepec). Esto último parece ser - más factible, pues la cantidad de Se presente en las plantas - es suficiente para cubrir la necesidad de los ovinos.

De lo anteriormente expuesto se concluye que los forra-- jes son, en general, deficientes en Cu (deficiencia marginal) y K. Poseen una relación Cu:Mo ligeramente desfavorable para el Cu y su relación Na:K es variable, tendiendo a ser de exceso de Na. Presentan niveles adecuados de Se y Zn y excesivos en Ca, Mg, Na, Fe y sulfatos.

Respecto a las correlaciones existentes entre el contenido de elementos minerales de los tejidos de las plantas, se - observa lo siguiente:

Gramíneas.- En estas plantas el contenido de Cu se correlacionó significativamente con el de Se ($r=0.92$); ésto sugiere que el aumento en el contenido de ambos elementos minerales es paralelo. Por otro lado, el contenido de Ca se correlacionó significativamente con el de Na ($r=-0.82$) y de Fe ($r=0.83$). En - el primer caso se observa que cuando aumenta el contenido de Ca en las plantas, tiende a disminuir su contenido de Na y viceversa. En cambio, cuando aumenta el contenido de Ca, se acompaña asimismo por un incremento del Fe.

El contenido de Na en estas muestras se correlacionó significativamente con el de Fe ($r=-0.98$). Esto permite inferir - que, en general, a mayor cantidad de Ca y Fe, y sobre todo de este último, desciende la concentración de sodio o viceversa.
Alfalfas.- En estas plantas el Cu y Mo estuvieron correlacionados significativamente ($r=0.81$). El Cu y el Mo, sin embar--

go, como se ha señalado anteriormente, ejercen una interacción antagónica en el metabolismo, por lo que el contenido de Cu debe ser más alto que el de Mo, sin sobrepasar ciertos límites.

Por otro lado, el contenido de Mo se correlacionó significativamente en forma positiva con el de Ca y Mg. Esto indica que probablemente a mayor cantidad de uno de ellos, se presenta un incremento en el contenido de los otros en dichas plantas.

Un hecho que llama la atención, es la correlación negativa que existe entre el Se y Na; ésto sugiere que a un mayor contenido de Na, disminuye el de Se presente en los tejidos de las alfalfas analizadas.

El contenido de Zn se correlacionó significativamente en forma positiva con el de Ca, Mg y Fe. Esto sugiere que estos cuatro elementos minerales observan incrementos paralelos.

El contenido de Ca se correlacionó positivamente con el de Mg. Nótese que la correlación entre Ca y Mg se presenta varias veces; ésto sugiere que se trata probablemente de una relación común en las alfalfas, es decir, que el Ca y Mg en estas plantas aumentan juntos.

Por último, el Mg y Fe se correlacionaron positivamente, lo que sugiere también un incremento paralelo de ambos elementos en estos forrajes.

Considerando lo anterior, se observa que en las alfalfas se presentan incrementos paralelos en el contenido de elementos minerales que interfieren con la disponibilidad del Cu para los ovinos, por lo que al parecer, las gramíneas serían más favorables para la nutrición de estos animales, desde este punto de vista.

Estas correlaciones, sin embargo, no deben considerarse como definitivas, puesto que han sido calculadas por pares de elementos minerales. El nivel y disponibilidad de un elemento en la planta puede depender no solo del contenido de otro, si

no de la interacción de varios entre sí o de la cantidad de otras sustancias nutritivas presentes en ella (15).

III. EL STATUS DE SELENIO Y COBRE EN LOS OVINOS AFECTADOS Y - SU POSIBLE RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES EN EL FORRAJE.

Selenio.- La concentración hepática de este elemento no fue estadísticamente diferente entre el grupo de ovinos afectados y el grupo control, sin embargo, el promedio tiende a ser mayor en los animales del primer grupo. Cabe señalar que en ambos grupos estas concentraciones se encuentran en el nivel -- considerado como normal (>0.2 ppm B.S.) (37). Tampoco hubo diferencia significativa entre los dos grupos al considerar el corazón y músculo; la concentración de Se en los músculos de ambos grupos es inferior al valor citado como normal por Doyle (18), sin embargo, se ha considerado como referencia principal al grupo de animales clínicamente sanos.

La concentración de Se en el riñón, sin embargo, sí fue estadísticamente diferente entre ambos grupos. Esta fue mayor en la corteza renal del grupo control, sin embargo, en la médula renal la diferencia fue a favor del grupo de animales afectados. La concentración de Se en la corteza renal de todos los animales fue mayor a 1.0 ppm, que es lo considerado como normal (58).

Esto indica que el status de Se del grupo de animales afectados por el síndrome locomotor, es aparentemente normal, lo que refleja el aporte adecuado del elemento por las plantas estudiadas, apesar de su alto contenido en sulfatos.

Cobre.- Respecto al contenido de este elemento en los tejidos de los ovinos, se observa que existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, en todos los órganos analizados. El contenido promedio de Cu en el hígado de los ovinos afectados es aproximadamente 10 veces menor al del grupo control. Es notorio que la concentración del elemento, aún en este último, es menor al rango citado como normal por Under--

wood, de 100 a 400 ppm (58); no obstante, los valores encontrados coinciden con lo informado por Yeoman (61), de 99 ppm en corderos nacidos de ovejas a las que se les suplementó con Cu antes del empadre. Sin embargo, se aprecia claramente que el Cu hepático en el grupo de animales afectados es marcadamente bajo. En riñón, el contenido de Cu en los ovinos afectados fue aproximadamente 2 veces menor que en el grupo control. En encéfalo, el contenido de este elemento fue aproximadamente 4 veces menor, en los ovinos enfermos.

En lana, no fue posible realizar la comparación estadística entre ambos grupos, puesto que se determinó Cu en solo dos animales del grupo afectado; los valores fueron 3.9 y 2.3 ppm, que, sin embargo, siguen siendo marcadamente inferiores a la media del grupo control (22.8 ppm). No hay concordancia entre los investigadores con respecto a un valor normal, pero Underwood menciona una concentración de 25 ppm en dicho material (58).

De lo arriba expuesto, se observa que el órgano que presentó la diferencia más dramática entre ambos grupos fue el hígado y en segundo lugar, el encéfalo.

Lo anteriormente mencionado indica que los ovinos afectados por el síndrome locomotor poseen un status de cobre marcadamente deficiente, que refleja a su vez el escaso aporte del elemento mineral en el forraje y las posibles interacciones metabólicas que pudieran existir entre el Cu y otros elementos minerales.

El status de los ovinos con respecto a los otros elementos minerales, relacionado con el de Se y Cu y con el aporte de los forrajes, se discute a continuación, al considerar los niveles de éstos en el suero sanguíneo.

Al realizar la comparación estadística entre ambos grupos de ovinos con respecto a la concentración de elementos minerales en suero, resultó una diferencia significativa entre

el contenido de Cu, Ca y P de ambos grupos.

La concentración media de cobre en el suero de los ovinos afectados es inferior y estadísticamente diferente a la del grupo control; sin embargo, en lo individual, existen ovinos de este grupo con concentraciones normales, al comparar contra los valores informados como tales. Esto puede deberse al efecto mencionado en el capítulo de introducción que consiste en que el nivel sérico de Cu, en animales que sufren la deficiencia de este elemento mineral, puede permanecer normal aun cuando el hígado muestre concentraciones muy bajas (11).

Respecto a Ca y P, las concentraciones promedio del grupo afectado son mayores y estadísticamente diferentes a las del grupo control. Sin embargo, la relación Ca:P en suero no mostró diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos; aunque se observa que en el grupo afectado dicha relación es desfavorable para el Ca. Esto puede sugerir que, ya que el contenido de P en sangre depende en mayor medida de la cantidad ingerida que el Ca (39), estos ovinos podrían estar ingiriendo una mayor cantidad de P. Esto, sin embargo, no puede probarse con los análisis realizados y parece poco probable, puesto que no se midió el P presente en los forrajes y por el pH alcalino del suelo (que limita la absorción de este elemento por las plantas) éstos tendrían cantidades más bien bajas de P.

Es necesario observar, sin embargo, que el nivel sérico de Ca en el grupo de ovinos afectados es más cercano al informado en la literatura como normal, que el del grupo control, que es más bien bajo.

Respecto a Mg, Na y K se observa que no hay diferencia significativa entre ambos grupos, lo que parece indicar que la ingestión, absorción y metabolismo de estos elementos es adecuada en los animales del grupo afectado por el síndrome locomotor, a pesar del elevado contenido de Mg y Na y del ni-

vel más bien bajo de K en los forrajes. Es notorio que aunque el forraje tiene cantidades muy elevadas de Na, existen en el grupo de animales afectados, individuos con concentraciones séricas inferiores a lo señalado como normal. Sin embargo, en el grupo control existen animales con concentraciones séricas de sodio aún más bajas. Esto podría indicar que los niveles de Na sérico en México quizá sean un poco menores que los informados en otros países.

El rango de K en ambos grupos de ovinos fue muy similar, presentándose algunos casos con concentraciones más altas que el límite máximo señalado por Kaneko, de 21.1 mg/dl (33) también en ambos grupos. Este hecho hace difícil la interpretación de los resultados; podría sugerir que en ambos grupos -- existen animales hiperkalémicos (por probable excreción renal defectuosa, deshidratación, etc.) (10,52) o bien que el rango normal es más amplio.

Con base en lo expuesto anteriormente, se concluye que la concentración sérica de Cu no refleja fielmente el status deficiente que poseen los animales afectados por el síndrome locomotor, el cual ha quedado comprobado por los niveles bajos de este elemento en sus tejidos.

Desde el punto de vista nutricional es evidente que existe una deficiencia de Cu de tipo marginal. En general, puede considerarse como una deficiencia primaria, pero el alto contenido de Ca, Fe y sulfatos en los forrajes podría estar intensificando esa deficiencia al actuar, ya sea uno, o todos ellos como agentes que ejercen una interferencia extra.

IV. HALLAZGOS CLÍNICO-PATOLÓGICOS

Enzimas séricas.

Con respecto a la CPK, se observa que existe diferencia significativa entre ambos grupos, siendo mayor la actividad en los animales enfermos. En uno de estos individuos se midió una actividad de 5440 UI/l, valor que fue excluido de la prue

ba de "t".

En cambio, con respecto a la actividad de TGO sérica, no hubo diferencia significativa.

Se ha señalado que la magnitud del aumento de la TGO y -CPK es directamente proporcional a la extensión del daño muscular (11). En este caso se observa que, no obstante, los altos niveles de CPK no rebasaron (excepto en un caso) las 1000 UI/l, punto sobre el cual se encuentra la generalidad de los casos de "enfermedad del músculo blanco" (11). Se observa así mismo que el aumento de CPK no se acompaña por un incremento de la TGO. La anoxia muscular en pacientes en recumbencia prolongada produce aumentos notables de la CPK. Los aumentos en la actividad de CPK sérica se observan a veces en trastornos neurológicos, pero la actividad se deriva del músculo como resultado de convulsiones o isquemia muscular después de una inmovilidad prolongada (33). Este hecho es compatible con la deficiencia de Cu, puesto que en casos de "enfermedad del músculo blanco" que tienden a la cronicidad, es más factible encontrar niveles elevados de TGO mientras que los de CPK empiezan a decaer (19,33).

Biometría hemática.

No hubo diferencia significativa entre ambos grupos, excepto en los valores promedio de hemoglobina, hematocrito y proteínas plasmáticas. Sin embargo, el efecto de inferioridad observado en el grupo afectado no es imputable completamente a la deficiencia de Cu, puesto que los valores más bajos de los dos primeros parámetros se encontraron en dos animales -- que presentaban una fuerte parasitosis estomacal por nemátodos hematófagos; el resto presentó valores dentro del rango normal. Curiosamente, la concentración sérica de cobre más baja no perteneció a ninguno de estos dos animales.

No existe diferencia significativa entre los índices globulares de ambos grupos; sin embargo, los dos animales parasi

tados del grupo afectado presentaron anemia hipocrómica (uno, con falsa macrocitosis -anemia regenerativa- y otro de tipo -microcítico). La anemia hipocrómica es característica de la -deficiencia de Cu (10,11,12,23,29,31,39,43,47,51); sin embargo, la presencia de los parásitos hematófagos y el nivel normal del elemento en sangre no permiten concluir en forma definitiva que se encuentren anémicos a causa de la deficiencia -nutricional, ya que el resto de los ovinos de este grupo, no lo está.

Con respecto a las proteínas plasmáticas, éstas se vieron más bajas en los ovinos enfermos. Un ovino de dicho grupo (con parásitos hematófagos), presentó hipoproteinemia, hecho que sería atribuible a la pérdida crónica de sangre, en primera instancia. Sin embargo, aunque existe diferencia significativa entre ambos grupos, tiende más a la normalidad la media del grupo afectado. La diferencia puede ser debida a que el grupo control estaba integrado por animales de rastro, sujetos a deshidratación (52) durante el traslado desde su origen.

No obstante que no hubo diferencia estadísticamente significativa respecto a la cuenta leucocitaria diferencial, cuatro de los cinco ovinos enfermos presentaron cambios concernientes a los leucocitos en sangre periférica. En los dos ovinos con parásitos hematófagos se observó la presencia de neutrófilos inmaduros (en banda) en cantidades elevadas, así como de metamielocitos, que normalmente no deben estar en sangre periférica. Uno de éstos presentó asimismo una ligera leucocitosis, neutrófilos hipersegmentados y linfocitos inmunológicamente estimulados. Nótese que ambos ovinos presentaron --linfadenomegalia (ver más adelante, la discusión sobre las neoplasias). En otro de los ovinos se observó una ligera monocitosis y en uno más, solo neutropenia (<700 neutr./ul).

La gran variación en estos cambios no permite realizar una interpretación exacta de lo que ocurre en la generalidad

de los ovinos afectados por el síndrome locomotor, de modo que pueda establecerse una relación entre la deficiencia de Cu que padecen y este aspecto del hemograma. Sin embargo, en forma individual, se observa que uno de los ovinos parasitados y con linfadenomegalia presentó desviación a la izquierda regenerativa (bandas elevadas y metamielocitos con ligera leucocitosis). La presencia de neutrófilos hipersegmentados en este animal puede ser un artefacto o por una posible administración de corticosteroides (10); sin embargo, se desconoce si dicho animal fue sometido a tal medicación. La presencia de linfocitos inmunológicamente estimulados en el mismo puede deberse a la presencia de algún antígeno específico, probablemente de origen viral (60). Este tipo de linfocitos también se encuentra in vitro en cultivos celulares a los -- que se les ha agregado extractos de ciertas plantas con acción mitógena (fitohemaglutinina, por ejemplo) (57,60). Sin embargo, este hecho parece no relacionarse con el síndrome locomotor y la deficiencia de Cu, pero sí con la linfadenomegalia del paquete mesentérico e infiltración por mononucleares en corazón encontradas en dicho animal.

En el otro ovino, a pesar de que padecía neumonía, no se presentó una respuesta leucocitaria muy intensa como habría de esperarse, excepto por la presencia de metamielocitos, granulocitos inmaduros que acompañan la desviación a la izquierda.

La ligera monocitosis en uno de los ovinos no se relaciona con cambios a la necropsia, pero sí con infiltración monocitaria en músculos de la región del muslo. Este cambio leucocitario, considerado aisladamente, probablemente no tenga significancia diagnóstica; sin embargo, el "stress" y administración de corticosteroides se relacionan con el mismo (52). Se desconoce, asimismo, si este animal fue tratado con tales medicamentos.

La neutropenia observada en otro ovino afectado no se asocia con otros cambios leucocitarios ni a la necropsia, por lo que es probable que este hecho tampoco tenga significan--cia diagnóstica. Sin embargo, debe considerarse que la infec--ción viral está relacionada con este cambio (52).

Existe solo un hecho concerniente a los leucocitos en -sangre que es común a todos los ovinos del grupo afectado: -la ausencia de eosinófilos. El rango normal que propone ---Schalm (47), así como el rango presentado por el grupo con--trol, parte de 0 eosinófilos/ul; sin embargo, se señala que--la ausencia de eosinófilos (eosinopenia) se asocia con el --"stress" (10,52). Nótese que hay otros cambios que se rela--cionan con la misma causa en este grupo de ovinos.

Por otro lado, se observa que los rangos del grupo con--trol para todos los parámetros son muy similares a los pro--puestos por Schalm, lo que hace a dichos valores, aplicables como punto de comparación y referencia diagnóstica.

Necropsias y estudios microscópicos.

Los hallazgos a la necropsia, en general, no se relacio--nan directamente con una deficiencia de Cu o Se, puesto que--no se encontró ninguna lesión específica que corresponda a -alguna de estas condiciones (revisar Introducción). Sin em--bargo, los cambios en la grasa coronaria del corazón indican la existencia de un estado general de desnutrición en estos--animales, lo cual es común en la deficiencia de Cu. Se obser--vó asimismo, en dos casos, flacidez o dilatación del ventrí--culo derecho. En un ovino, este cambio no se asoció con nin--gún otro; en el otro, se encontró asociado con neumonía e -hidropericardio. Ambos ovinos presentaron la mayor cantidad--de cambios: presencia de linfadenomegalia, ecto y endoparási--tos en los dos; y neumonía, ligero edema encefálico y edema--de pelvis renal en uno de ellos.

La falla cardíaca asociada con la deficiencia de Cu se

ha observado en el ganado bovino en Australia y se ha denominado "mal de la caída" o "falling disease". En estos casos, sin embargo, la muerte es súbita. La lesión es atrofia del miocardio con fibrosis de reemplazo (12,39,43,49) y es posible que esta enfermedad esté asociada con deficiencia de Se (49).

Gracey et al., citado por Kavanagh (34) describe casos de deficiencia aguda de Cu en ovinos en que no se encontraron lesiones macroscópicas y los cambios histológicos estaban restringidos a la médula espinal. Este hecho concuerda con lo aquí encontrado, en que se hallaron cambios microscópicos que corresponden a la deficiencia de cobre (pobre mielinización en diversos segmentos de la médula espinal, espongirosis y daño neuronal) y otros cambios que indican daño al sistema nervioso central.

En músculos y corazón se hallaron cambios degenerativos e infiltración leucocitaria. Esto se asocia con mayor frecuencia a la deficiencia de Se (51), sin embargo, el daño sufrido por los músculos sometidos a la falta de movimiento podría determinar la degeneración de algunas de sus células y explica el aumento de la CPK sérica. En el ovino que presentó monocitosis se observó infiltración por células mononucleares en músculos y corazón.

Los sarcosporidios observados en algunos casos, son parásitos protozoarios muy comunes en los ovinos (5).

La presencia de depósitos de pigmento hemático (hemosiderina) en hígado, en el ovino con neumonía, es un cambio microscópico hallado con frecuencia en los ovinos con deficiencia de cobre, pero también en los casos de exceso de Fe en la dieta; ambas condiciones se encontraban presentes (11,23).

Con base en estas consideraciones, se observa que los hallazgos macroscópicos no son uniformes; sin embargo, existen cambios microscópicos comunes a los ovinos afectados; és

tos corresponden al sistema nervioso central (mielinización defectuosa y daño neuronal, más notables en la médula espinal y en menor grado, a corazón y músculos (infiltraciones leucocitarias en grado variable e incipiente degeneración de las fibras musculares). Estos cambios corresponden, conjuntamente con los bajos niveles tisulares de Cu, aumento en la actividad de CPK sérica y signos clínicos, a la ataxia enzoótica; la concentración adecuada de Se tanto en las plantas que son consumidas como forraje, como en los tejidos de los ovinos afectados, así como la ausencia de lesiones macroscópicas que correspondan a la "enfermedad del músculo blanco" son hechos que permiten excluir a la deficiencia de Se como causa primaria de este padecimiento.

Se proponen las siguientes recomendaciones para eliminar o minimizar este problema, como medidas preventivas para el futuro:

Puesto que el Cu es, en general, menos disponible en el suelo a pH alcalinos, no se recomienda la adición de fertilizantes que contengan cobre a los suelos del área en cuestión, ya que es de esperarse que no aumente el nivel de este elemento mineral en las plantas que son consumidas por los animales (2).

Considerando lo anterior, es preferible la suplementación con cobre, de los ovinos expuestos.

Existen dos métodos por los cuales puede aumentarse la reserva hepática de Cu: administración oral y administración parenteral. Existe una gran variedad de compuestos de Cu que han sido puestos a prueba para ambos métodos (3,32). La eficacia y seguridad de dichos compuestos es variable y el modo de administración depende de la urgencia de restituir el status adecuado de Cu o del estado productivo del hato.

Se ha demostrado que el óxido de cobre dado como partículas de alambre de cobre oxidado de <5 mm de largo y aproxi

madamente 1 mm de diámetro dentro de cápsulas de gelatina--- (3 g por animal) por vía oral es un método muy eficaz para - mantener elevado el status de Cu hasta por 20 meses después de la administración. Esta forma de suplementación es muy superior a la efectuada con otros compuestos orales (como sulfato de cobre, usado con mucha frecuencia) y que la administración subcutánea de sulfonato de dietilamino cupro-oxiquinolina (32,38).

Respecto a la terapia parenteral, ésta tiene ciertas - desventajas. Los compuestos inyectables pueden ser absorbidos tan rápidamente del sitio de aplicación, que pueden llegar a ser tóxicos; sus efectos benéficos pueden ser tan cortos que se hacen necesarios tratamientos repetidos si la causa de la deficiencia persiste o pueden ser absorbidos tan -- lentamente que persisten grandes residuos en el sitio de inyección (3).

Para el caso particular de esta área, se recomienda dar óxido de Cu a los corderos después del destete, pero especialmente, a las hembras de cría.

Sería recomendable aplicar, además, a éstas últimas, Cu por vía parenteral aproximadamente un mes antes del empadre para proteger a los corderos por nacer con sulfonato de dietilamino cupro-oxiquinolina de 12 mg. por vía subcutánea (3).

El manejo de este compuesto debe ser muy cuidadoso, ya que es comparativamente más tóxico que otros empleados para el mismo fin, pero que son menos eficaces (55).

Sin embargo, desafortunadamente estas preparaciones inyectables aún no están disponibles en México, por lo que esta forma de prevención queda fuera de nuestro alcance.

Las sales mineralizadas comerciales disponibles para administración oral están expuestas a posibles interacciones con otros constituyentes de la dieta (3), sin embargo, si no es posible aplicar el primer método mencionado, estas sales

podrían ayudar a disminuir el problema al administrarse a to
dos los animales del hato.

Ya que se ha informado que la administración de Se a los
ovinos que se alimentan en pasturas deficientes en Cu au
menta la absorción de este último, observándose un aumento -
significativo en las concentraciones de Cu hepático (11,50),
se recomienda la dotación de Se por vía oral como selenito -
de sodio 0.1 ppm en la dieta de las borregas durante la se--
gunda mitad de la gestación.

Otra medida que ayudaría a minimizar el problema es la la
dotación de alimento concentrado, a las hembras de cría, ---
cuando menos desde un mes antes del empadre, durante todo es
te periodo y si es posible, durante gestación y lactancia.

Se señala que las razas con cara negra absorben pobre--
mente el cobre (38) por lo que sería recomendable limitar la
adquisición y cruza con animales que poseen este fenotipo.

Se considera que la realización de nuevos estudios rela
cionados con el análisis de elementos minerales tanto en sue
los como en plantas y animales (mediante el muestreo periód
ico de tierra, forrajes, sangre y/o biopsias hepáticas), se--
ría muy recomendable, tomando en cuenta que podrían presen--
tarse importantes variaciones por efecto de la estación del del
año y manejo de los cultivos.

Sería recomendable, asimismo, efectuar estudios relacio
nados con la presencia de diversos metales pesados, como cad
mio y plomo en forrajes, puesto que estos también interfie--
ren con la utilización del Cu y no fueron considerados en es
te trabajo; se sugiere que en el futuro, dichos estudios se -
lleven a cabo abarcando una mayor extensión territorial para
observar los posibles cambios que pudieran presentarse con -
la variación de las condiciones del terreno.

Se sugiere también la realización de estudios dirigidos
a la investigación de posibles infecciones virales concomi--
tantes en ovinos afectados por el síndrome locomotor.

GLOSARIO

- Alófono.-** Arcilla coloidal constituida por una mezcla de silicatos de aluminio hidratados.
- Aluvi6n.-** Término general para todos los sedimentos depositados o en tránsito por corrientes, incluyendo grava, arena, limo, arcilla y todas las variaciones y mezclas de éstos. Los terrenos de formación aluvial o constituidos por aluvi6n -- son formados por la acción mecánica de las corrientes de agua.
- Basáltico.-** De basalto o semejante al basalto.
- Basalto.-** Roca volcánica compuesta de feldespatos, augita, olivina, magnetita y otros minerales oscuros. Es una roca pesada y negra que, al alterarse con el tiempo, se vuelve verdosa, parda o rojiza. Proviene de lavas que, por ser muy fluidas, se han extendido en capas extensas. Se presenta a menudo en forma de columnas prismáticas.
- Coluvio-aluvial, terrenos de formación.-** Terrenos formados o compuestos por coluvi6n (q.v.) y aluvi6n --- (q.v.).
- Coluvi6n.-** Depósito de fragmentos de roca y material de suelo acumulado en la base de una pendiente como resultado de la acción gravitacional.
- Evapotranspiraci6n.-** Agua transpirada por la vegetaci6n, más la evaporada del suelo.
- Granito.-** Roca endógena que es una mezcla granulosa de --

cuarzo y feldespato con un mineral pesado. Es una roca primitiva, consolidada lentamente en la corteza terrestre. Es la roca eruptiva más común, ya que ocupa de 5 a 10% de la superficie de los continentes. No obstante su dureza, los agentes atmosféricos la descomponen, generalmente en caolín, arcillas y arenas cuarcíferas.

Horizonte.- Una capa de suelo o material de suelo aproximadamente paralela a la superficie y diferente de -- capas adyacentes genéticamente relacionadas en -- propiedades o características físicas, químicas y biológicas, tales como color, estructura, textura, consistencia, cantidad de materia orgánica y grado de acidez o alcalinidad. Se describen 3 horizontes básicos: A, B y C. El horizonte A (primer horizonte) es la capa más superficial del suelo y es la llamada tierra o suelo arable.

Ígneo.- De fuego o que tiene alguna de sus calidades. / Rocas ígneas: formadas por la solidificación de un estado derretido o parcialmente derretido. La materia constituyente de dichas rocas (magma) proviene de las zonas profundas del globo. Ejemplos: basalto (q.v.) y granito (q.v.). También llamadas rocas primarias o endógenas.

Materia orgánica.- Fracción orgánica del suelo que incluye residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, células y tejidos de organismos y sustancias sintetizadas por la población -- del suelo.

"Muck".- Un material orgánico altamente descompuesto en el cual las partes originales de la planta no son re

conocibles. Corresponde al suborden de los suelos orgánicos_ llamados sapristas (el más descompuesto de los suelos orgánicos -ver turba-).

"Peat".- Material de suelo no consolidado que consiste principalmente de materia orgánica sin descomponer o ligeramente descompuesta, acumulada bajo condiciones de humedad excesiva. Corresponde al suborden de suelos orgánicos llamados fibristas (el menos descompuesto de todos los suelos orgánicos).

Perfil.- Una sección vertical del suelo a través de todos sus horizontes hasta el material parental.

Piroclástico.- Formado por fragmentación como resultado de la acción volcánica o ígnea. Ejemplo: rocas piroclásticas.

Riolita.- Roca eruptiva efusiva de la familia de los granitos (q.v.). Es de estructura fluidal, es decir, se distinguen las corrientes del magma que las originó y de colores claros.

Salinidad.- Presencia de sales solubles./ Los suelos salinos son los que contienen suficientes sales solubles para perjudicar su productividad pero que no contienen excesivo sodio intercambiable.

Serie.- Un grupo de suelos que tienen horizontes similares en características diferenciables y arreglos en el perfil, excepto para textura de la superficie, pendiente y erosión.

Sodicidad.- Presencia de sodio intercambiable./ Los suelos -

sódicos son los que contienen suficiente sodio intercambiable para interferir con el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

Thornthwaite, sistema de clasificación climática de.- Considera la relación del clima con el crecimiento de las plantas.

Caracteriza los climas de acuerdo con la cantidad de las lluvias en todo el año y la distribución de las mismas, durante las estaciones. Con ésto se posibilita el programar científicamente el riego suplementario para los cultivos.

Turba.- Nombre dado anteriormente a los suelos orgánicos o histosoles./ Materia combustible fósil de aspecto terroso debida a la descomposición de restos vegetales en sitios pantanosos.

LITERATURA CITADA

- 1 .- Alba, de, J.: Alimentación del ganado en América Latina, 2^a edición. La Prensa Médica Mexicana, México, 1971.
- 2 .- Allaway, W.H.: The effect of soils and fertilizers on - human and animal nutrition. Northeastern Region Agricultural Research Service, U.S., 1975.
- 3 .- Allen, W. M. and Mallinson, C. B.: Parenteral methods - of supplementation with copper and selenium. Vet. Rec., 114: 451-454 (1984).
- 4 .- Aluja, A. S. de y Adame, P.: Miopatía degenerativa en - becerros. Vet. Mex., 8: 2-11 (1977).
- 5 .- Aluja, A. S. de: Necropsias en mamíferos domésticos. -- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M.,
- 6 .- Ammerman, C. B., Miller, S. M. and Mc Dowell, L. R.: Se lenium in ruminant nutrition. Proceedings of the Latin_ American Symposium on Mineral Research with Grazing Ru- minants, Belo Horizonte, Brazil, 1976, 91-96, edited by Conrad, J. H. and Mc Dowell, L. R., Gainesville, Flori- da (1978).
- 7 .- Armed Forces Institute of Pathology: Manual of histolo- gic staining methods, 3rd ed. Mc Graw Hill Co., New --- York, 1968.
- 8 .- Autor Anónimo: Características del Distrito de Riego -- No. 88, "Chiconautla", 1984.
- 9 .- Autor(es) anónimo(s): Estudio agrológico del Distrito - de Riego No. 88 en Chiconautla, Estado de México.
- 10.- Benjamin, M. M.: Outline of veterinary clinical patholo- gy, 3rd ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1978.

- 11.- Blood, D. C., Henderson, J. A. and Radostits, O. M.: --
Veterinary Medicine, 5th ed. Lea & Febiger, Philadel---
phia, 1979.
- 12.- Coelho da Silva, J. H.: Copper and molybdenum in rumi--
nant nutrition. Proceedings of the Latin American Sympo--
sium on Mineral Research with Grazing Ruminants, Belo -
Horizonte, Brazil, 1976, 84-91, edited by Conrad, J. H.
and Mc Dowell, L. R., Gainesville, Florida (1978).
- 13.- Conrad, J. H.: Soil, plant and animal tissue as predic-
tors of the mineral status of ruminants. Proceedings of
the Latin American Symposium on Mineral Nutrition Rese-
arch with Grazing Ruminants, Belo Horizonte, Brazil, --
1976, 17-22, edited by Conrad, J. H. and Mc Dowell, L. R.,
Gainesville, Florida (1978).
- 14.- Córdoba, C. A.: Relación del contenido de minerales e--
senciales en suero de ovinos confinados con el alimento
y con el suelo en la región de Parres, D.F. Tesis de li-
cenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot., Universidad Na--
cional Autónoma de México, México, D.F., 1985.
- 15.- Cuautle, M. E.: Estudio sobre el valor nutritivo de ---
seis pastos en la zona de Mocochoá, Yucatán. Tesis de li-
cenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot., Universidad Na--
cional Autónoma de México, México, D.F., 1980.
- 16.- Chapman, H. D. y Pratt, P. F.: Métodos de análisis para
suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas, México, 1973.
- 17.- Donahue, R. L., Miller, R. W. y Shickluna, J. C.: Intro-
ducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. -
Traducción de la 4^a edición en inglés. Editorial Prenti-
ce Hall Internacional, Colombia, 1981.

- 18.- Doyle, J. J. and Spaulding, J. E.: Toxic and essential trace elements in meat - a review. J. An. Sci., 47: -- 398-414 (1978).
- 19.- Duncan, J. R. and Prasse, K. W.: Veterinary laboratory medicine. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, - 1977.
- 20.- Escobosa, A., González, M. O., Rocha, A. M., Rosas, N., O'Connor, J. y Figueroa, F. M.: Determinación de selenio, calcio, fósforo, manganeso en forrajes y pH de suelos de algunas regiones de la República Mexicana. Memorias, X Congreso Mundial de Buiatría, p. 839. México, - 1978.
- 21.- Fick, K. R., Mc Dowell, L. R. and Houser, R. H.: Current status of mineral research in Latin America. Proceedings of the Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants, Belo Horizonte, - Brazil, 1976, 149-162, edited by Conrad, J. H. and McDowell, L. R., Gainesville, Florida (1978).
- 22.- Flores, J. A.: Bromatología animal, 3^a ed. Editorial Limusa, México, 1983.
- 23.- Georgievskii, V. I., Annenkov, B. N. and Samokhin, V. T.: Mineral nutrition of animals. English translation. Butterworths, Great Britain, 1981.
- 24.- Henson, J. B., Dollahite, J. W., Bridges, C. H. and Rao, R. R.: Myodegeneration in cattle grazing Cassia species. J. Am. Vet. Med. Ass., 147: 142-145 (1965).
- 25.- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Laboratorio Central de Suelos, Aguas Agrícolas y Plantas, Chapingo, Méx.: Resultados analíticos de 27 muestras de suelo y subsuelo procedentes de Chiconautla, Estado de México (no publicados). Chapingo, Méx., 1984.

- 26.- Instructivo para la determinación de cretinafosfoquinasa (CPK), UV-System, Equipo CPK act. Boehringer, Laboratorios Lakeside, 1984.
- 27.- Instructivo para la determinación de transaminasa glutámico oxalacética (TGO), prueba colorimétrica, Equipo -- Merckotest 14329, Laboratorios Merck, 1983.
- 28.- Instructivo para la determinación fotométrica de fosfato inorgánico, Equipo Merckotest 3331, Laboratorios Merck, 1983.
- 29.- Jensen, R.: Diseases of sheep. Lea & Febiger, Philadelphia, 1974.
- 30.- Jones, J. B. Jr.: Plant tissue analysis for micronutrients, Micronutrients in Agriculture. Edited by: Mortvedt, J. J., Giordano, P. M. and Lindsay, W. L., 319-346. Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin, 1972.
- 31.- Jubb, K. V. and Kennedy, P. C.: Pathology of domestic animals, vol. 1, 2nd. ed. Academic Press, New York, 1980.
- 32.- Judson, G. J., Trengove, C. L., Langman, M. W. and Vandergraaff, R.: Copper supplementation of sheep. Aust. Vet. J., 61: 40-43 (1984).
- 33.- Kaneko, J. J.: Clinical biochemistry of domestic animals, 3rd. ed. Academic Press, New York, 1980.
- 34.- Kavanagh, M. A., Purcell, D. A. and Thompson, R. H.: -- Congenital and delayed swayback in lambs in Northern Ireland. Vet. Rec., 90: 538-540 (1972).
- 35.- Kubota, J. and Allaway, W. H.: Geographic distribution of trace element problems, Micronutrients in Agriculture. Edited by: Mortvedt, J. J., Giordano, P. M. and Lindsay, W. L., 525-554. Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin, 1972.

- 36.- Lucas, R. E. and Knezek, B. D.: Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants, - Micronutrients in Agriculture. Edited by: Mortvedt, J. J., Giordano, P. M. and Lindsay, W. L., 265-283. Soil - Science Society of America, Inc., Wisconsin, 1972.
- 37.- Maas, J., Bulgin, M. S., Anderson, B. C. and Frye, T. - M.: Nutritional myodegeneration associated with vitamin E deficiency and normal selenium status in lambs. J. Am. Vet. Med. Ass., 184: 201-204 (1984).
- 38.- Mac Pherson, A.: Methods of copper supplementation. Vet. Rec., 116: 330 (1985).
- 39.- Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F. y Warner, R. G.: Nutrición animal, 7^a ed. (4^a ed. en español). Mc -- Graw Hill, México, 1981.
- 40.- Morris, J. G., Cripe, W. S., Chapman, H. L. Jr., Wal---ker, D. F., Armstrong, J. B., Alexander, J. D. Jr., Miranda, R., Sánchez, A. Jr., Sánchez, B., Blair-West, J. R. and Denton, D. A.: Selenium deficiency in cattle associated with Heinz bodies and anemia. Science, 223: - 491-493 (1984).
- 41.- N.R.C.: Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980.
- 42.- Nutrient Requirements of Domestic Animals No. 5: Nutrient requirements of sheep, 5th. ed. National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1975.
- 43.- O'Dell, B. L.: Biochemistry of copper. Med. Clin. North Am., 60 (4): 687-703 (1976).
- 44.- Perkin-Elmer Analytical Methods for Atomic Absorption - Spectrophotometry, Connecticut, 1982.
- 45.- Perkin-Elmer Analytical Methods for Furnace Atomic Absorption Spectroscopy, West Germany, 1980.

- 46.- Perkin-Elmer Analytical Methods using the MHS Mercury/_Hydride System. West Germany, 1981.
- 47.- Schalm, O. W., Jain, N. C. and Carroll, B. S.: Veterina_ry hematology, 3rd. ed. Lea & Febiger, Philadelphia, - 1975.
- 48.- Schee, W., van der, Assem, G. H., van der, and Berg, R., van der: Breed differences in sheep with respect to the interaction between zinc and the accumulation of copper in the liver. Vet. Quarterly, 5: 171-174 (1983).
- 49.- Scott, M. L.: Trace elements in animal nutrition, Micro nutrients in Agriculture. Edited by: Mortvedt, J. J., - Giordano, P. M. and Lindsay, W. L., 555-587. Soil Sci--ence Society of America, Inc., Wisconsin, 1972.
- 50.- Shamberger, R. J.: Biochemistry of selenium. Plenum -- Press, New York, 1983.
- 51.- Smith, H. A., Jones, T. C. and Hunt, R. D.: Veterinary_ pathology, 4th. ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1972.
- 52.- Sodikoff, C.: Laboratory profiles of small animal disea ses, a guide to laboratory diagnosis. American Veteri--nary Publications Inc., Santa Barbara, California, 1981.
- 53.- Standard methods for the examination of water and waste water, 14th. ed. American Public Health Association, -- American Water World Association, Water Pollution Con--trol Federation, Washington, D.C., 1976.
- 54.- Strouth, K. D.: Niveles de selenio en alfalfa y sangre_ de vacas Holstein y correlación entre los niveles de se lenio y glutatión peroxidasa. Tesis de maestría. Fac. - de Med. Vet. y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de_ México, México, D.F., 1985.

- 55.- Suttle, N. F.: Comparison between parenterally administered copper complexes of their ability to alleviate hypocupremia in sheep and cattle. Vet. Rec., 109: 304-307 (1981).
- 56.- Thompson, S. W.: Selected histochemical and histopathological methods. Charles C. Thomas, Publisher, Illinois, 1966.
- 57.- Tizard, I. R.: Inmunología veterinaria. Editorial Interamericana, México, 1979.
- 58.- Underwood, E. J.: Trace elements in human and animal nutrition, 4th ed. Academic Press, New York, 1977.
- 59.- Volkweiss, S. J.: Soil properties that influence mineral deficiencies or toxicities in plants and animals.- Proceedings of the Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants, Belo Horizonte, Brazil, 1976, 143-148, edited by: Conrad, J. H. and McDowell, L. R., Gainesville, Florida (1978).
- 60.- Wintrobe, M. M.: Clinical hematology, 7th. ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1974.
- 61.- Yeoman, G. H.: Copper in relation to lamb losses. Vet. Rec., 113: 547 (1983).