

190
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



DETERMINACION DE LA PRESENCIA DE ALUMINIO
POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA
EN SUPLEMENTOS DE CALCIO Y FOSFORO PARA
LA ALIMENTACION ANIMAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

VICTOR ARMANDO REYES RAMIREZ

ASESORES: M.V.Z. ROGELIO LOPEZ LOPEZ
M.V.Z. RENE ROSILES MARTINEZ

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1989





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 está 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.

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
MATERIAL Y METODOS.....	7
RESULTADOS.....	9
DISCUSION.....	12
CONCLUSIONES.....	17
LITERATURA CITADA.....	18
CUADROS	
1 CONCENTRACION EN ppm DE ALUMINIO EN SUPLEMENTOS MINERALES	21
2 APORTE DE ALUMINIO (ppm) EN LA RACION CON NIVELES DE INCLUSION DE 1 A 5%	22
3 CANTIDAD DE SUPLEMENTO MINERAL EN LA RACION A LOS QUE SE ALCANZARIAN LOS NIVELES MAXIMOS DE TOLERANCIA EN LOS ANIMALES DOMESTICOS.....	23
GRAFICAS	
1 ALUMINIO (mg/kg) EN ORTOFOSFATOS	24
2 ALUMINIO (mg/kg) EN ROCAS FOSFORICAS.....	25
3 ALUMINIO (mg/kg) EN POLIFOSFATOS.....	26
4 ALUMINIO (mg/kg) EN CARBONATOS DE CALCIO.....	27
5 ALUMINIO (mg/kg) EN FOSFATOS DICALCICOS.....	28
6 CONTENIDO DE ALUMINIO EN SUPLEMENTOS MINERALES.....	29

RESUMEN:

REYES RAMIREZ VICTOR ARMANDO. Determinación de la presencia de aluminio por espectroscopia de absorción atómica en suplementos de calcio y fósforo para la alimentación animal (bajo la dirección de: Rogelio López López y René Rosiles Martínez).

Se colectaron 130 muestras de 5 suplementos minerales: 36 ortofosfatos; 66 rocas fosfóricas; 5 polifosfatos; 14 carbonatos de calcio y 9 fosfatos dicálcicos. Con el fin de conocer la concentración de aluminio, se empleó la técnica de espectroscopia de absorción atómica y se comparó la apariencia física de las muestras con la concentración de este elemento mineral. Los suplementos minerales que tuvieron la mayor concentración promedio de aluminio fueron las rocas fosfóricas con 20856 ppm ($P < 0.05$); seguidas por los ortofosfatos con una concentración promedio de 5914.4 ppm; los polifosfatos y los fosfatos con 4413.3 y 2206.9 ppm de aluminio respectivamente; los carbonatos de calcio fueron los que tuvieron la menor concentración promedio de aluminio, 477.11 ppm. No se encontró relación alguna entre el color de la muestra y la concentración de aluminio. Con las concentraciones promedio de aluminio hallados en los resultados del presente trabajo, se puede alcanzar y rebazar el rango máximo tolerable para algunos animales domésticos, cuando estos suplementos son añadidos en el alimento.

INTRODUCCION

El aluminio (Al) pertenece al grupo III A de la clasificación periódica de Mendeleev. En 1825, Oersted descubrió un elemento metálico, el aluminio, mismo que fue considerado durante mucho tiempo como mineral precioso y raro (10).

El aluminio ocupa el tercer lugar en abundancia de los elementos en la litosfera sólo superado por el oxígeno y el silicio. Sin embargo este elemento mineral únicamente se encuentra en cantidades traza en los organismos biológicos (10,13,15,17,19).

En estado natural, el aluminio se encuentra finamente dispersado en forma de microcristales de aluminosilicatos diversos, en componentes esenciales de las arcillas y en los caolines, o en forma de óxido de aluminio hidratado o anhidro (10).

El aluminio no se ha considerado como un elemento mineral esencial para los animales ni para el humano. Su concentración en el organismo animal varía de acuerdo al ritmo circadiano de los animales así como por otras actividades biológicas. Se acumula en los huesos que están en regeneración, estimula los sistemas enzimáticos que se relacionan con el metabolismo del succinato y se sabe que es indispensable para la fertilidad en las ratas hembras (2,6,13,15,19).

Generalmente el aluminio está presente en la suplementación alimenticia, ya que muchos ingredientes en la dieta lo contienen. Se notifican de 10 a 50 ppm en pastos y tréboles. En la leche de vaca se ha detectado también, en una concentración media de 0.7 a 0.9 $\mu\text{g/ml}$ (17,19).

El aluminio y sus compuestos se absorben escasamente en el intestino; el nivel promedio de aluminio en suero sanguíneo humano es de 0.17 $\mu\text{g/ml}$ y en tejidos blandos existe entre 0.2 y 0.6 ppm. En los animales se han encontrado vestigios en hígado, corazón, cerebro, sangre, músculo estriado y hueso. Dentro de estos órganos no se distribuye de manera uniforme, sino que, se encuentra en pequeños orgánulos intracelulares llamados lisosomas, donde se precipita en forma insoluble (3,5,9,10,13,19).

Muchas sales de aluminio se convierten a fosfatos en el tracto gastrointestinal y son excretados por medio de las heces como táles. Las principales vías de excreción son la fecal y la renal. La leche se considera como una ruta secundaria de excreción (5,15).

Se ha observado con la administración de aluminio un incremento en la ganancia de peso en los pollos. Esto posiblemente se debe a que el aluminio previene la absorción de niveles elevados de flúor. Cakir y col (4), reportaron que el aluminio redujo significativamente la absorción de flúor en pavos (2,4,15).

El aluminio puede ser importante en la respuesta inmune debido a que sus compuestos son efectivos adyuvantes y al igual que el hierro, aumenta su concentración en el bazo y médula ósea después de inmunizaciones (2,15).

El aluminio ha sido usado en las dietas animales, adicionándolo en forma de arcillas tales como el caolín y la bentonita, para dar forma al "pellet" y evitar el rompimiento de éste y además para proteger al tracto gastrointestinal. Varias sales solubles de aluminio se usan como astringentes y antisépticos. Algunos compuestos insolubles se emplean como antiácidos y como agentes antidiarreicos (5,15).

El aluminio interfiere con la disponibilidad del fósforo en los monogástricos y tiene efectos indeseables mínimos en los rumiantes. Valdivia y col (20) notifican, que en novillos, un nivel de aluminio dietético de 1200 ppm no produjo estos efectos pero sí causó un cambio mínimo en la composición mineral del tejido óseo (6,20).

Se han notificado efectos adversos causados por la ingestión de dosis considerables de aluminio en varias especies animales. Estos son atribuidos a la interferencia con la absorción de fósforo de la dieta por la transformación a fosfato de aluminio. Este compuesto no es biodisponible por ser insoluble. En el intestino se reduce la absorción que redundo en la disminución del contenido de fosfato en el

plasma y reducción de la mineralización de los huesos y, por ende, las manifestaciones de raquitismo. Insko y col (12), reportan incremento en la incidencia de perosis en pollos alimentados con 30 ppm de aluminio en la ración. Palacios (17), notifica un decremento en la producción de huevos, incremento en el número de huevos sin cascarón y número de huevos rotos al adicionar aluminio a la dieta de gallinas de postura. Los efectos fueron aparentes desde 40 ppm de aluminio en el alimento. Otros efectos que produce el exceso de aluminio en la dieta son irritación gastrointestinal, sangrado periorbital y muerte (3,5,7,9,13,15,17, 18,19).

Storer y Nelson (18), observaron la respuesta de varios compuestos de aluminio agregados a la dieta. Cuando se administró 0.5% de aluminio formando parte de cuatro compuestos solubles en agua: acetato, cloruro, nitrato y sulfato, la mortalidad fue del 100% o cercana a ésta cifra. El cloruro y el sulfato afectaban adversamente el grado de eficiencia alimenticia, la mineralización del hueso y la velocidad del crecimiento. Los compuestos insolubles en agua, como el óxido y el fosfato, no causaron efectos adversos en el ave. Así pues el aluminio puede alterar el funcionamiento óptimo del ave en caso de suplirlos por compuestos solubles (17).

Los suplementos de minerales se han evaluado por muchos años, exclusivamente con respecto a su contenido de fósforo y de calcio. A medida en que ha ido en aumento la demanda de materiales más puros se ha determinado que pequeñas cantidades de elementos extraños tienen influencia en diferentes procesos biológicos. Por esto se hace necesario definir con mayor precisión la composición total de los suplementos minerales y la tolerancia por los animales. Esto es importante para obtener un adecuado programa de suplementación mineral y un mejor rendimiento (1,16).

Al no existir información en México sobre el contenido de aluminio en suplementos minerales para los animales domésticos, se justifica el desarrollo del presente estudio. El cual, tuvo como objetivo, la determinación de la cantidad de aluminio contenido en diferentes suplementos minerales usuales en las dietas animales. Además, relacionar las concentraciones de aluminio con el color de las muestras y los efectos reportados en la literatura.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Patología en la sección de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se analizaron por medio de la técnica de espectroscopia de absorción atómica, el contenido de aluminio en 5 suplementos (130 muestras) minerales de calcio y fósforo para la alimentación animal: 36 ortofosfatos, 66 rocas fosfóricas, 5 polifosfatos, 14 carbonatos de calcio y 9 fosfatos dicálcicos.

METODO:

Las muestras, para su análisis, fueron sometidas a una digestión húmeda de acuerdo al método descrito por Everson (8), en el cual 1.0 g de muestra se deposita dentro de un matraz volumétrico de 100 ml; se le añaden 10 ml de HCl concentrado. Después, se coloca sobre una platina caliente y se ebulle a 80 C por 15 minutos (tiempo necesario para la solubilización de los elementos minerales y la destrucción de la materia orgánica). El matraz se retira de la platina, se enfría y afora con agua deionizada.

Las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer Mod. 2380 equipado con lampara de cátodo hueco de aluminio a una longitud de onda de 309.3 nm; con una mezcla de gases de óxido nítrico y acetileno. Se utilizó una solución estandar de concentración conocida de aluminio como referencia.

La apariencia física de la muestra se determinó comparando la muestra con las tablas de Munsell que indican el color en base a un matiz, valor y croma (14).

Los resultados obtenidos se agruparon y analizaron estadísticamente realizando un análisis descriptivo, de varianza y comparaciones múltiples (11).

RESULTADOS

En el cuadro 1 se encuentra anotadas las concentraciones de aluminio presentes en los diferentes tipos de suplementos minerales; fueron analizados estadísticamente obteniendo así el promedio, desviación estandar, valores mínimo y máximo, así como en número de casos de cada tipo de suplemento analizado.

En la gráfica 1 se presentan, los resultados obtenidos en el estudio de aluminio presente en los ortofosfatos; En este histograma se observa la distribución que tuvieron las muestras con respecto al contenido de aluminio; encontrándose una mayor frecuencia en concentraciones de 7000 a 8000 ppm. El análisis estadístico del contenido de aluminio en las 36 muestras de ortofosfatos tuvo una media de 5914.4 ppm, la desviación estandar fue de 1982.9 con valores mínimo de 1349.6 ppm y máximo de 8359.4 ppm de aluminio.

En la gráfica 2 se presenta la frecuencia y la distribución que tuvieron la 66 muestras de roca fosfórica con su contenido de aluminio. Como se nota la frecuencia más alta de las concentraciones de aluminio ocurre en el rango de 14000 a 21000 ppm de aluminio. En el análisis estadístico se encontró un promedio de 20856 ppm, la desviación estandar de 10512, los valores mínimo y máximo fueron de 1350.8 a 58902 ppm respectivamente.

En la gráfica 3 se encuentran representados los resultados obtenidos en el estudio de los polifosfatos de los cuales se obtuvo una concentración promedio de aluminio en ppm de 4413.3, la mayoría de las muestras se distribuyeron alrededor de la media, una desviación estandar de 2259.9. El valor mínimo observado fue de 1427.3 ppm y el valor máximo de 7734.3 ppm.

En la gráfica 4 se anotan las frecuencias de las concentraciones de aluminio en carbonatos de calcio de 14 muestras analizadas, se encontró una mayor frecuencia las concentraciones de 0 a 500 ppm de aluminio. En el análisis estadístico se tuvo una concentración promedio de 477.11 ppm una desviación estandar de 613.47, con valores de 0 hasta 2380 ppm de aluminio.

La gráfica 5 representa un histograma de frecuencias con la distribución que tuvo la concentración de aluminio en los fosfatos dicálcicos. La mayor frecuencia de la concentración de aluminio ocurrió en el rango de 100 a 1100 ppm. En el análisis estadístico se encontró una concentración promedio de 2206.9 ppm en 9 muestras analizadas, y una desviación estandar de 2327, encontrándose un valor mínimo de 191.55 ppm y un valor máximo de 6924.8 ppm de aluminio.

En la gráfica 6 se representa la distribución de la concentración de aluminio de las 130 muestras analizadas de cinco tipos de suplementos minerales. Como se aprecia la frecuencia mayor de la concentración de aluminio hallada en estos minerales son menores de 12000 ppm de aluminio; encontrándose en el análisis estadístico una concentración promedio de 12600 ppm de aluminio. La desviación estandar de 11433, los valores mínimo y máximo fueron de 0 a 58902 ppm de aluminio respectivamente.

Utilizando el método de análisis de comparación de rangos múltiples, diferencia mínima significativa (LSD) ($P < 0.05$), se encontró que las muestras de los suplementos minerales clasificados como polifosfatos, carbonatos de calcio y fosfatos dicálcicos, se pueden considerar como iguales, ya que su concentración promedio de aluminio guarda una relación homogénea. Sin embargo los fosfatos dicálcicos y los polifosfatos comparten su característica de concentración de aluminio con los ortofosfatos. Pero las rocas fosfóricas no muestran relación alguna con los demás suplementos minerales, con respecto a su concentración de aluminio (cuadro 1).

DISCUSION

Los colores de las muestras analizadas fueron variables y no guardaron relación alguna con la concentración de aluminio en cada una de las muestras e inclusive algunas de éstas muestras no tenían un valor de referencia con respecto a las tablas de Munsell (14).

En los suplementos minerales que se evaluaron, se encontró una concentración promedio de aluminio en ortofosfatos de 5914.4 ppm, en roca fosfórica de 20856 ppm, en polifosfatos de 4413.3 ppm, en carbonatos de calcio de 477.11 ppm y en fosfatos dicálcicos de 2206.9 ppm.

Se sabe que éstos suplementos se utilizan con la finalidad de cubrir los requerimientos de calcio y fósforo en la dieta de los animales domésticos. Por consiguiente es necesario establecer la manera más apropiada para suplementar calcio y fósforo; tomando en cuenta que el aluminio está presente en estos suplementos y que en determinadas especies animales es más tóxico, en otras los efectos son mínimos, e inclusive algunos investigadores notifican efectos benéficos por parte del aluminio. Esto es producto de la interferencia que produce el aluminio con la absorción del fósforo y el flúor formando compuestos insolubles manifestandose de diferentes formas (2,4,5,9,13,15,19).

Un ejemplo de lo dicho anteriormente es la inhibición de la calcificación del hueso como consecuencia de la ingestión de aluminio, se debe a la reducción de fósforo disponible en la dieta; y la cantidad de fósforo suplementario necesario para aliviar la disminución de la calcificación del hueso y prevenir el efecto de la hipofosfatemia es de 0.76 g por 1 g de aluminio. Y 800 ppm de aluminio en forma de sulfato previenen la toxicidad de 1000 ppm de flúor (7).

En pollos de 1 día de edad con cantidades mayores o igual a 500 ppm de aluminio en la dieta durante 2 semanas se presentan efectos adversos como la reducción de la proporción del crecimiento, la eficiencia alimenticia y la mineralización del hueso (15).

Si se considera que la cantidad de suplementos que se añaden para cubrir los requerimientos de calcio y fósforo en la dieta de los animales domésticos, practicamente es de 1 a 5%. De esa concentración se deduce que: La suplementación con roca fosfórica de acuerdo a la concentración promedio de aluminio aportará de 208.56 ppm a 1042.8 ppm si se añade en proporción de 1 ó 5% respectivamente (cuadro 2).

Los ortofosfatos aportarán de acuerdo a la concentración promedio de aluminio encontrada en este trabajo de 59.14 a 295.72 ppm de aluminio al incluir este suplemento mineral del 1 al 5% (cuadro 2).

Los polifosfatos aportarán una concentración de aluminio de 44.133 a 220.665 ppm en una inclusión de 1 ó 5% respectivamente (cuadro 2).

Los carbonatos pueden aportar de 4.77 ppm de aluminio a la dieta hasta 23.85 ppm de aluminio si se añade al 5% (cuadro 2).

Los fosfatos dicálcicos con una concentración promedio de 2206.9 ppm de aluminio aportará de acuerdo al nivel de inclusión de 22.069 a 110.345 ppm de aluminio con un 1 a 5% de inclusión en la dieta (cuadro 2).

Como se puede observar las rocas fosfóricas, ortofosfatos y polifosfatos considerando su concentración promedio de aluminio y el 5% de inclusión en la dieta de estos suplementos pueden producir efectos adversos en aves, cerdos, caballos y conejos; ya que con este porcentaje de inclusión se está superando el nivel máximo tolerado que es de 200 ppm en estas especies. El nivel máximo tolerado en ovinos y bovinos es de 1000 ppm de aluminio (6); y éste es alcanzado y superado sólo por la roca fosfórica con el 5% de inclusión con su concentración promedio encontrada en este trabajo (cuadro 3).

De acuerdo, al aporte de aluminio por estos suplementos; se deduce aproximadamente que cantidad de suplementos minerales pueden ser añadidos a la dieta manteniéndose a un nivel tolerado por los animales, tomando como referencia la información obtenida en la literatura.

Con una inclusión de 0.96% de roca fosfórica que contenga una concentración promedio de aluminio de 20856 ppm estará aportando 200.22 ppm de aluminio que es el nivel máximo tolerado en aves, cerdos, caballos y conejos. A un nivel de inclusión de 4.8% de roca fosfórica en la ración se estará aportando 1000 ppm de aluminio, y se alcanzaría el nivel máximo de tolerancia para bovinos y ovinos (cuadro 3).

Con la utilización de los ortofosfatos que tienen una concentración promedio de 5914.4 ppm de aluminio, con una inclusión de 3.38%; se estará aportando 199.91 ppm de aluminio y con este porcentaje de inclusión se alcanzaría los niveles máximos de tolerancia en las aves, cerdos, caballos y conejos. Para alcanzar el nivel máximo de tolerancia en los bovinos y ovinos se necesitaría tener una inclusión de 16.9078% de la ración. Tomando en cuenta que en la suplementación mineral en la ración no va más allá del 5% generalmente se deduce que estos animales no son afectados (cuadro 3).

Si se emplearan polifosfatos que tienen una concentración promedio de 4413.3 ppm de aluminio; en una inclusión de 4.5317% de la ración, éste estará aportando 199.99 ppm y se lograría alcanzar el nivel máximo de tolerancia en aves, cerdos, caballos y conejos. Para los bovinos y ovinos sólo se lograría alcanzar el nivel máximo de tolerancia al incluir en la ración el 22.67% de polifosfatos. Pero como la suplementación mineral es generalmente hasta un 5% se puede deducir que no son afectadas éstas especies (cuadro 3).

Con la adición de carbonato de calcio que contenga una concentración promedio de aluminio de 477 ppm, en la ración no se alcanza el nivel máximo de tolerancia para aves, cerdos, caballos y conejos que es de 200 ppm. Para observar los efectos tóxicos del aluminio en estas especies se deberá de adicionar 42% de carbonato de calcio a las dietas (cuadro 3).

Con la adición de fosfato dicálcico que tiene una cantidad promedio de 2206.9 ppm de aluminio a la ración se alcanzaría el nivel máximo de tolerancia solamente si se incluyera el 9.06% de fosfato en la ración de caballos, cerdos, aves y conejos; para los bovinos y ovinos sólo si se agregara 45.31% de fosfatos en la ración. Debido a que la presencia de aluminio en éste suplemento mineral es muy baja, la concentración con una suplementación normal de minerales no se lograría rebasar el nivel máximo de tolerancia al aluminio en los rumiantes (cuadro 3).

CONCLUSIONES

No existe relación alguna entre el color del suplemento mineral y la concentración de aluminio.

La cantidad de aluminio contenida en los suplementos minerales analizados, tuvo una variación significativa ($P < 0.05$); en donde se encontró, que las rocas fosfóricas son las que poseen una mayor concentración de aluminio, en promedio 20856 ppm y los carbonatos de calcio las más bajas, en promedio 477.1 ppm. La concentración promedio de aluminio encontrada en los ortofosfatos fue de 5914.4 ppm, los polifosfatos tuvieron 4413.3 ppm y los fosfatos dicálcicos 2206.9 ppm.

Es necesario tomar en cuenta para la suplementación mineral, las concentraciones de aluminio en rocas fosfóricas, ortofosfatos y polifosfatos. Para no superar los niveles máximos de tolerancia en los animales domésticos; principalmente los monogástricos cuya tolerancia se encuentra en niveles más bajos. Se recomienda mejorar el control de calidad de los suplementos minerales y un balanceo de raciones adecuado.

LITERATURA CITADA

1. Ammerman, C. B., Miller, S. M., Fick, K. R. and Hansard II, S. L.: Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a Review. J. Anim. Sci., 44: 485-508 (1977).
2. Antillón, R.A. y López, C.C.: Enfermedades Nutricionales de las Aves. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. Sistema de Universidad Abierta. México, D.F. 1987.
3. Berlyne, G.M., Ben, A.J., Knopf, E., Yagil, R., Weinberger, G. and Danovitch, G.M.: Aluminium toxicity in rats. Lancet, 1: 564-567 (1972).
4. Cakir, A., Sullivan, T. W. and Mather, F. B.: Alleviation of fluorine toxicity in starting turkeys and chicks with aluminum. Poult. Sci., 57: 498-505 (1978).
5. Casarett, L. J. and Doull, J.: Toxicology: the Basic Science of Poisons. MacMillan Publishing, New York, 1975.
6. Church, D. C. y Pond, W. G.: Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Limusa, México, D.F., 1987.
7. Cuca, G.M.: Interacción fósforo-aluminio-flúor en aves, Tecnología Avícola en Latinoamérica, 7: 8-12 (1988).
8. Everson, J. R.: A modification in the official methods for the determination of metals in feeds and fertilizers by atomic absorption spectrophotometry. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 58: 158-159 (1975).

9. Flores, M. J. A.: Bromatología Animal. 2da. ed. Limusa, Mexico, D.F., 1981.
10. Galle, P.: La toxicidad del aluminio. Mundo Científico, 6: 856-865 (1985).
11. Infante, G.S. y Zárate, L.G.: Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. TRILLAS, México, D.F., 1986.
12. Insko, W. M., Lyons, M. and Martin J.H.: The effect of manganese, zinc, aluminum, and iron salts on the incidence of perosis in chicks. Poult. Sci., 17: 264-269 (1938).
13. Maynard, L. A. and Loosli, J. K.: Animal nutrition. 6th. ed. Mac Graw Hill, New York, 1969.
14. Munsell: Munsell Soil Color Charts. Munsell Color, Baltimore, Maryland U.S.A., 1975.
15. N.R.C.: Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy of Sciences., Washington D.C., 1980.
16. Obregón, A.: Análisis industrial de menas de fósforo. Notas de laboratorio de química, Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México., 1980.
17. Palacios, G. F.: Efecto de diferentes niveles de aluminio en gallinas de postura. Tesis de licenciatura., Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1981.
18. Storer, N. L. and Nelson, I. S.: The effect of various aluminum compounds on chick performance. Poult. Sci., 47: 244-247 (1968).

19. Underwood, E. J.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 3th. ed. Academic Press., New York, 1971.
20. Valdivia, R., Ammerman, C. B., Wilcox, C. J. and Henry, P. R.: Effect of dietary aluminum on animal performance and tissue mineral levels in growing steers. J. Anim. Sci., 47: 1351-1356 (1978).

CUADRO 1

CONCENTRACION EN ppm DE ALUMINIO EN SUPLEMENTOS MINERALES*

TIPO DE MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	No DE CASOS
ORTOFOSFATOS	5914.4 a,c,e	1982.9	1349.6	8359.4	36
ROCAS FOSFORICAS	20856 b	10512	1350.8	58902	66
POLIFOSFATOS	4413.3 a,c,d,e	2259.9	1427.3	7734.3	5
CARBONATOS DE CALCIO	477.1 c,d,e	613.4	0.0	2380	14
FOSFATOS DICALCICOS	2206.9 a,c,d,e	2327	191.5	6924.8	9

* Números dentro de columnas con letras diferentes significa diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

CUADRO 2

APORTE DE ALUMINIO (ppm) EN LA RACION CON NIVELES DE
INCLUSION DE 1 A 5%

SUPLEMENTO MINERAL	CONCENTRACION MEDIA	NIVEL DE INCLUSION	
		1%	5%
ORTOFOSFATOS	5914.4	59.14	295.72
ROCA FOSFORICA	20856	208.56	1042.8
POLIFOSFATOS	4413.3	44.13	220.66
CARBONATOS DE CALCIO	477.1	4.77	23.85
FOSFATOS DICALCICOS	2206.9	22.07	110.34

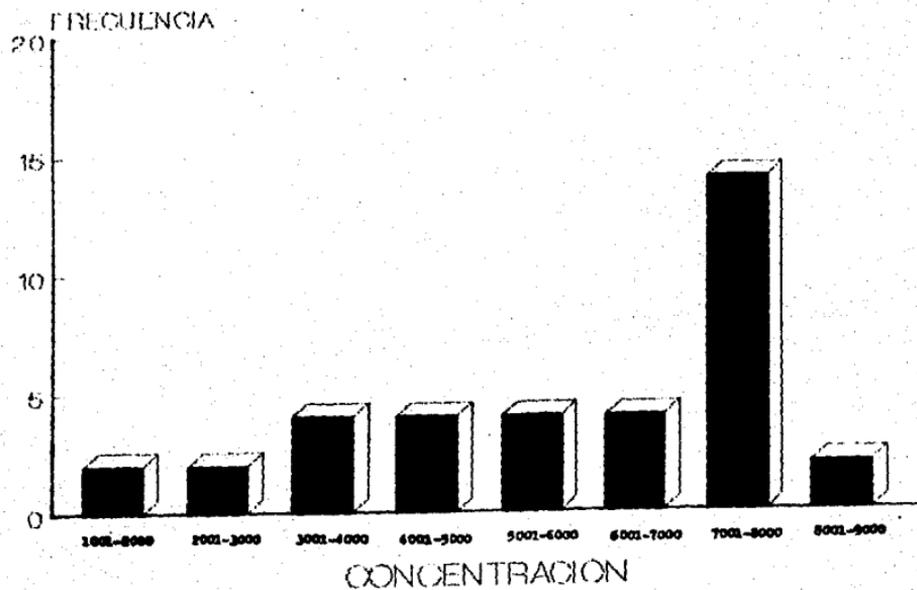
CUADRO 3

CANTIDAD DE SUPLEMENTO MINERAL EN LA RACION A LOS QUE SE ALCANZARIAN
LOS NIVELES MAXIMOS DE TOLERANCIA EN LOS ANIMALES DOMESTICOS

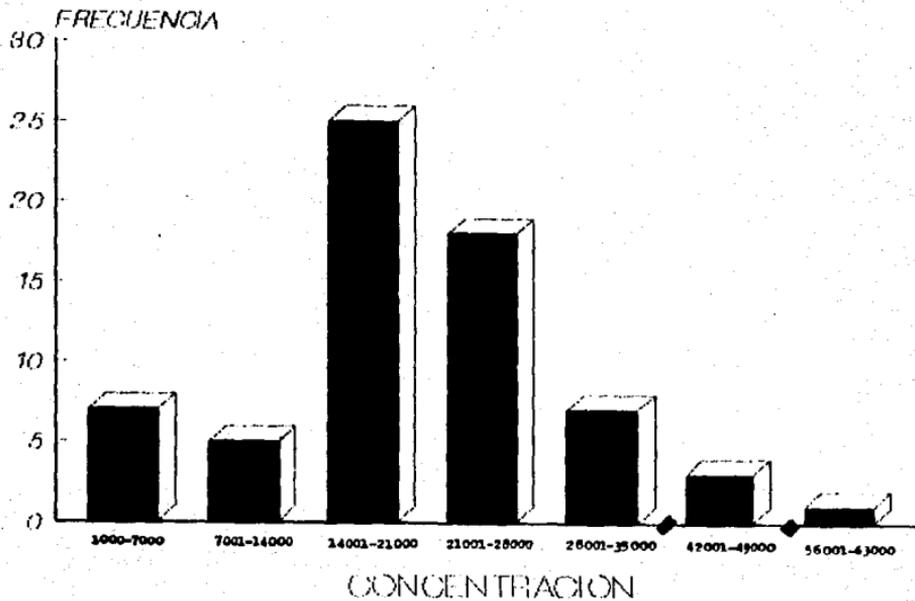
ESPECIE ANIMAL	ALUMINIO ppm (N.M.T.)*	% DE INCLUSION				
		ORTO- FOSFATOS	ROCAS FOSFORICAS	POLI- FOSFATOS	CARBONATOS DE CALCIO	FOSFATOS DICALCICOS
AVES	200	3.38	0.96	4.5317	41.92	9.06
CABALLOS	200	3.38	0.96	4.5317	41.92	9.06
CERDOS	200	3.38	0.96	4.5317	41.92	9.06
CONEJOS	200	3.38	0.96	4.5317	41.92	9.06
BOVINOS	1000	16.9078	4.8	22.67	---	45.31
OVINOS	1000	16.9078	4.8	22.67	---	45.31

* N.M.T. = Nivel máximo de tolerancia (6).

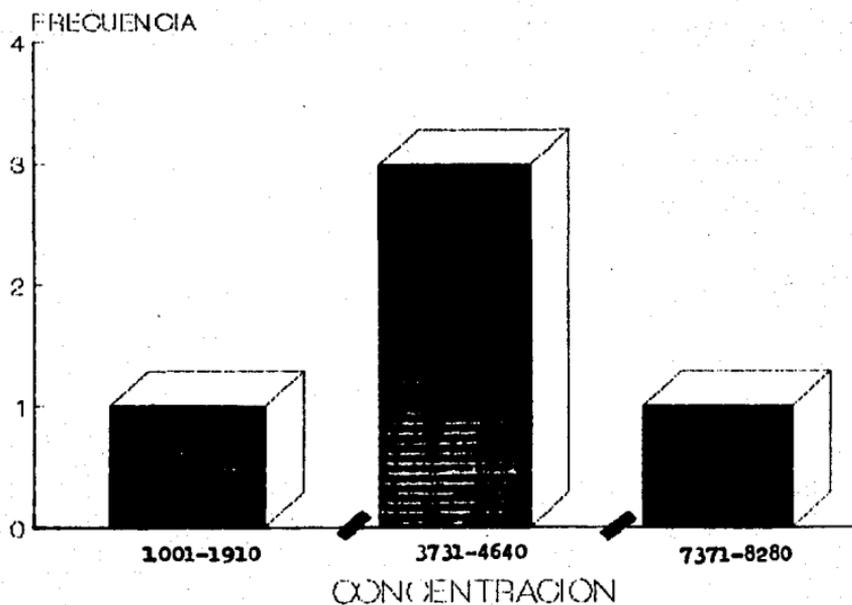
GRAFICA 1
ALUMINIO (mg/kg) EN ORTOFOSFATOS



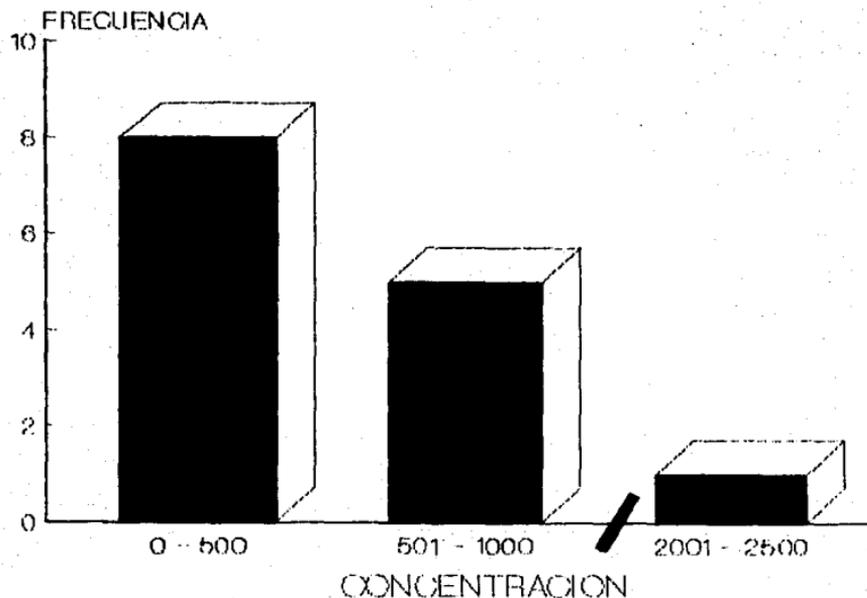
GRAFICA 2 ALUMINIO (mg/kg) EN ROCAS FOSFORICAS



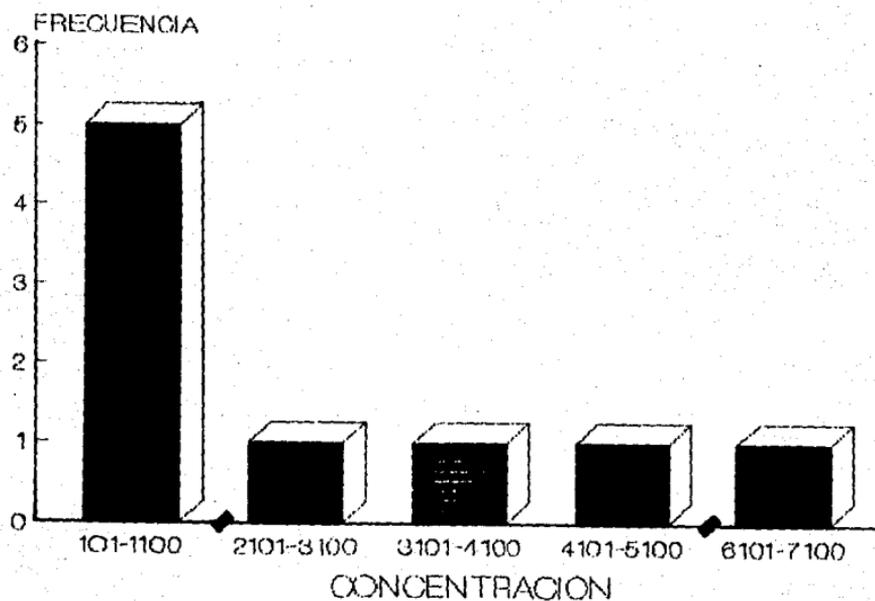
GRAFICA 3 ALUMINIO (mg/kg) EN POLIFOSFATOS



GRAFICA 4
ALUMINIO (mg/kg) EN CARBONATOS DE Ca.



GRAFICA 5
ALUMINIO (mg/kg) EN FOSFATOS DICALCICOS



GRAFICA 6
CONTENIDO DE AI EN SUPLEMENTOS MINERALES

