

FOSFATOS SEDIMENTARIOS VENEZOLANOS EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE. II. EFECTO DEL FLÚOR

Venezuelan Raw Rock Phosphates Broiler Nutrition. II. Effect of Fluorine

Susmira Godoy y Claudio F. Chicco

Instituto de Investigaciones Zootécnicas, CENIAP-FONAIAP. Maracay, Edo. Aragua, Venezuela

RESUMEN

Pollos alimentados con dietas suplementadas con fosfatos sedimentarios (Río, Liza, Chigua, Jají, Monte y Navay) presentaron a la cuarta semana de edad, menores pesos y mineralización del tejido óseo, que los animales del grupo testigo. El incremento en el contenido de flúor en la dieta, provocó acumulación progresiva de este elemento en los huesos, siendo los valores más altos ($P < 0,05$) para los fosfatos de Táchira y Mérida. La ingestión de flúor a niveles superiores de 40 mg/ave/día, limitó el comportamiento productivo de las aves y la mineralización del tejido óseo.

Palabras clave: Fosfatos sedimentarios, fósforo, aves, flúor.

ABSTRACT

Chicks fed supplemented diets with raw rock phosphates (Río, Liza, Chigua, Jají, Monte y Navay) showed lower body weight and bone mineralization than the control birds at the age of four weeks. The increment of fluorine in the diet caused progressive accumulation of this element in the bone, being this highest value ($P < 0.05$) registered in the Táchira and Mérida phosphates. The intake of fluorine at levels over 40 mg/bird/day not only limited the productive performance of the chicken, but also the bone mineralization.

Key words: Raw rock phosphates, phosphorus, poultry, fluorine.

INTRODUCCIÓN

Las aves en crecimiento pueden utilizar alrededor del 30% del fósforo total de origen vegetal [11, 12, 17], por poseer escasa actividad fitásica para hidrolizar los fitatos, que representan aproximadamente un 70% del fósforo total [2].

En consecuencia, el requerimiento de fósforo para las aves se cubre a través del suministro del elemento en forma disponible, mediante la incorporación de fuentes inorgánicas de origen geológico y animal, así como las de origen vegetal y fósforo disponible de los fitatos de los granos y subproductos de las dietas.

Debido al alto costo de los fosfatos de grado alimenticio para animales, que son de procedencia foránea, entre las fuentes inorgánicas de fósforo que podrían ser utilizadas en la formulación de dietas para las aves, se pueden incluir las procedentes de los yacimientos de fosfatos sedimentarios, cuya biodisponibilidad y contenidos de flúor son variables, alcanzando este último valores entre 1,2 a 2,8% [3], en comparación al nivel de 0,1-0,2 que contienen los fosfatos comerciales para uso animal. Por lo tanto, es imprescindible, previo a su uso en la alimentación animal, conocer el efecto del flúor de diferentes fuentes de fósforo sobre el comportamiento productivo y la mineralización del tejido óseo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el efecto del flúor sobre el comportamiento productivo y la mineralización del tejido óseo en pollos de engorde, 1260 aves de un día de nacidas, fueron asignadas a tres niveles de fósforo (0,1, 0,2 y 0,3%) de los diferentes fosfatos de los yacimientos de Riecito (Río) y Lizardo (Liza) del estado Falcón, Monte Fresco (Monte) y Navay (Navay) de Táchira, y, Chiguará (Chigua) y Jají (Jají) de Mérida, todos ellos altos en flúor, como indicado en la Tabla III, utilizándose como fuente referencial un fosfato dicálcico (Dical: CaHPO_4) de alta pureza (RG), con dietas isocalóricas (3.100 kcal EM/kg.), isoproteicas (24% PC) e isocálcicas (1%), descritas por Godoy y Chicco [3]. Se utilizó un arreglo factorial 7x3 (7 fuentes de fósforo y 3 niveles de fósforo) con seis repeticiones de 10 aves cada una por tratamiento.

Se llevaron registros de peso y consumo siguiendo las metodologías descritas previamente [3]. A la cuarta semana,

según peso promedio por grupo, se sacrificaron seis aves/tratamiento, para la remoción de ambas tibias. En las tibias se determinó el contenido de flúor (% y mg/cc), por electrometría, previa obtención de las cenizas por incineración y digestión con ácidos (AOAC, 1984).

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y cuando se apreciaron diferencias significativas entre las medias, éstas fueron separadas mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Adicionalmente, se establecieron correlaciones y regresiones entre las variables evaluadas.

RESULTADOS

Como fue señalado en investigaciones previas [3], las comparaciones entre fuentes de origen sedimentario, TABLA I, a los diferentes niveles de suplementación con fósforo, como promedio de los niveles, señalan que las aves que consumieron los fosfatos de Río y Liza tuvieron los mejores pesos corporales y consumos de alimento ($P < 0,05$), siendo, sin embargo, ligeramente inferiores al fosfato de referencia (Dical) y superiores a los fosfatos de Táchira y Mérida. Las aves alimentadas con los fosfatos de Chigua, Jají, Monte y Navay tuvieron conversiones mas bajas ($P < 0,05$), probablemente como resultado de los menores consumos de alimento, TABLA I.

Los diferentes criterios evaluados en el tejido óseo indican que, entre los fosfatos de yacimientos, Río y Liza promueven una mejor mineralización, y que, en el caso de la densidad (g/cc), Liza fue similar al Dical, siendo las diferencias significativas ($P < 0,05$) con los demás fosfatos de yacimientos, incluyendo el contenido de fósforo (mg/cc), lo que concuerda con los resultados obtenidos para los índices productivos, TABLA I. Los datos indican además una baja sensibilidad a los tratamientos, cuando el contenido de fósforo se expresa en porcentaje.

Al incluir fosfatos de yacimiento como fuentes de fósforo en las dietas de aves, se incorpora también flúor, como componente de la estructura molecular (fluorapatita) de los fosfatos. El efecto de diferentes consumos de flúor, como covariable, sobre las medidas utilizadas para medir biodisponibilidad, TABLA II, en todos los casos fue significativo ($P < 0,01$). Sin embargo, los resultados obtenidos siguen las mismas tendencias que cuando se comparan los diferentes tratamientos sin incluir la covariable en el análisis, TABLA I, con respuestas superiores ($P < 0,05$) para Dical, seguido por los fosfatos de Río y Liza y éstos, a su vez, mayores ($P < 0,05$) que los fosfatos de Chigua, Jají, Monte y Navay, sin diferencias significativas entre estos últimos.

El incremento en la concentración de flúor en la dieta provocó acumulación progresiva del elemento en el tejido

TABLA I
PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS ALIMENTADOS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS¹

Medidas	Dical	Río	Liza	Chigua	Jají	Monte	Navay
Peso, g/ave	1149,1 ^a	966,0 ^b	973,6 ^{bc}	896,3 ^{bc}	829,9 ^c	853,0 ^c	862,3 ^c
Consumo, g/ave	1805,9 ^a	1533,3 ^{ab}	1471,2 ^{ab}	1325,9 ^b	1250,5 ^b	1323,5 ^b	1255,1 ^b
Conversión ²	1,66 ^b	1,69 ^a	1,61 ^c	1,57 ^d	1,67 ^{ab}	1,62 ^c	1,50 ^e
Cenizas, %	43,01 ^a	38,90 ^b	38,95 ^b	37,45 ^c	36,86 ^c	37,40 ^c	37,55 ^c
Cenizas, mg/cc	184,8	165,9	170,8	161,2	148,1	155,2	157,1
Fósforo, %	20,59	19,62	20,00	19,56	19,51	20,16	19,85
Fósforo, mg/cc	38,26 ^a	33,53 ^b	33,31 ^b	31,68 ^c	28,97 ^d	31,21 ^c	31,21 ^c

¹ Sesenta aves/tratamiento (4 semanas de edad). ² kg alimento/kg ganancia de peso.
a, b,.....Promedios con letras distintas dentro de una misma fila difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

TABLA II
RESPUESTA PRODUCTIVA Y MINERALIZACIÓN ÓSEA DE DIFERENTES FUENTES DE FÓSFORO UTILIZANDO COMO COVARIABLE EL CONSUMO DE FLÚOR

Parámetros	Dical	Río	Liza	Chigua	Jají	Monte	Navay
Peso, g	1442,8 ^a	1042,0 ^b	1072,2 ^b	726,8 ^c	742,5 ^c	751,2 ^c	752,8 ^c
Consumo, g	2329,9 ^a	1671,3 ^b	1650,3 ^b	1018,0 ^c	1091,7 ^c	1138,6 ^c	1056,1 ^c
Densidad, g/cc	1,25 ^a	1,19 ^b	1,20 ^{ab}	1,13 ^c	1,08 ^c	1,12 ^c	1,09 ^c
Cenizas, %	46,55 ^a	39,81 ^b	40,14 ^b	35,40 ^c	35,81 ^c	36,17 ^c	36,22 ^c
Cenizas, mg/cc	209,03 ^a	177,07 ^b	174,05 ^b	147,23 ^c	140,93 ^c	146,8 ^c	147,23 ^c
Fósforo, mg/cc	43,36 ^a	34,85 ^b	35,02 ^b	28,74 ^c	27,45 ^c	29,44 ^c	29,31 ^c

a, b, c.. Promedios con letras distintas son diferentes entre sí ($P < 0,05$).

TABLA III
CONCENTRACIÓN DE FLÚOR (ppm) EN DIETAS Y CENIZAS DE HUESOS DE AVES ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS^{1,2}

Fuente	Nivel de fósforo, %					
	0,1		0,2		0,3	
	Dieta	Hueso	Dieta	Hueso	Dieta	Hueso
Dical	-	-	-	-	-	-
Río	110	3033 ^{aA}	222	6400 ^{bA}	332	9509 ^{cA}
Liza	103	4348 ^{aB}	207	7853 ^{bA}	312	10442 ^{bA}
Chigua	269	3927 ^{aB}	549	8120 ^{bB}	806	13277 ^{cB}
Jají	235	2960 ^{aA}	468	7857 ^{bA}	703	13377 ^{cB}
Monte	233	3101 ^{aA}	465	9968 ^{bB}	695	13822 ^{cC}
Navay	243	3163 ^{aA}	488	8283 ^{bB}	733	12802 ^{cB}

¹ Valores acumulados durante cuatro semanas. ² Seis aves/tratamiento. a, b,.....Promedios con letras distintas en la misma fila son diferentes (P < 0,05). A, B,.... Promedios con letras distintas en la misma columna son diferentes (P < 0,05).

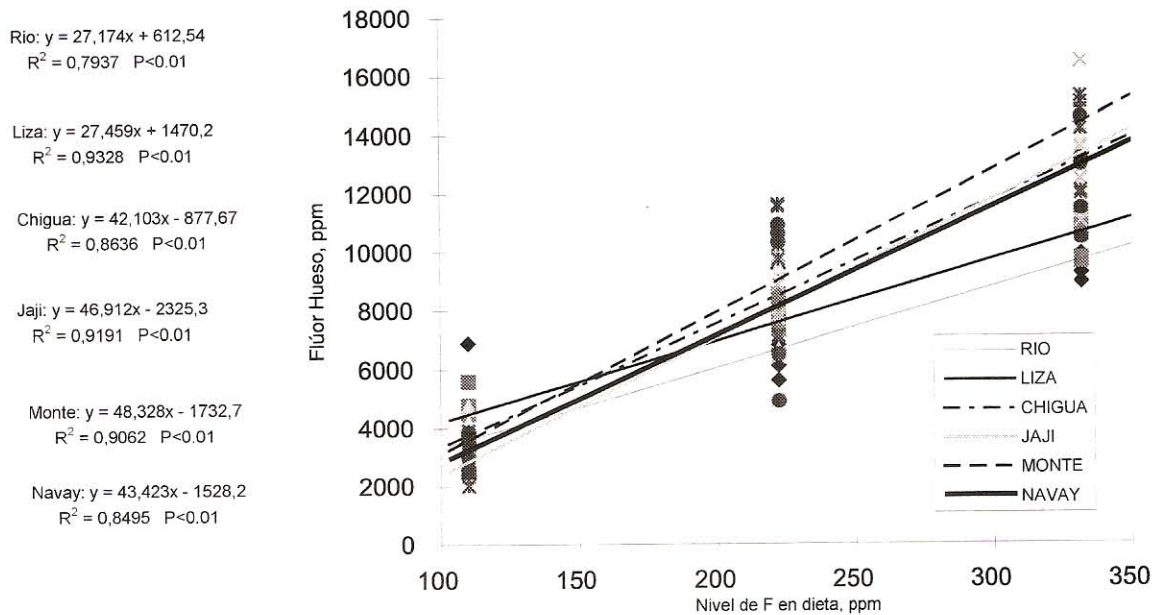


FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE CONTENIDO DE FLÚOR EN LA DIETA Y SU ACUMULACIÓN EN TIBIA DE AVES ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS HASTA LA CUARTA SEMANA DE EDAD.

óseo, TABLA III; FIG. 1, que fue mayor (P<0,05) en los fosfatos de Táchira y Mérida, particularmente en los niveles más altos de incorporación. Sin embargo, del análisis de las pendientes de las ecuaciones de regresión, se desprende que los fosfatos de Río y Liza acumulan, proporcionalmente a la concentración del elemento en la dieta, más flúor en el tejido óseo que los demás fosfatos de yacimientos.

El análisis del efecto del flúor, independientemente de las fuentes, mostró que la ingestión del elemento con la dieta, a niveles superiores a 40 mg/ave/día, limitó la respuesta productiva de las aves, FIG. 2. Similarmente, la concentración de cenizas (mg/cc) en tibia también fue afectada por consumos de flúor mayores a 40 mg. Sin embargo, el contenido de cenizas

(%) y fósforo (mg/cc) no reflejaron el efecto del elemento sobre la mineralización del tejido óseo, FIG. 3.

La acumulación de flúor en el tejido óseo, por debajo de 10.000 ppm, provocó aumentos en la concentración de cenizas (% y mg/cc) y fósforo (mg/cc), mientras que, niveles superiores disminuyeron el contenido de cenizas (mg/cc), FIG. 4, sin efecto sobre las otras variables utilizadas para evaluar la mineralización del tejido.

DISCUSIÓN

La incorporación de niveles crecientes de fósforo en las dietas provenientes de fosfatos sedimentarios, determinó in-

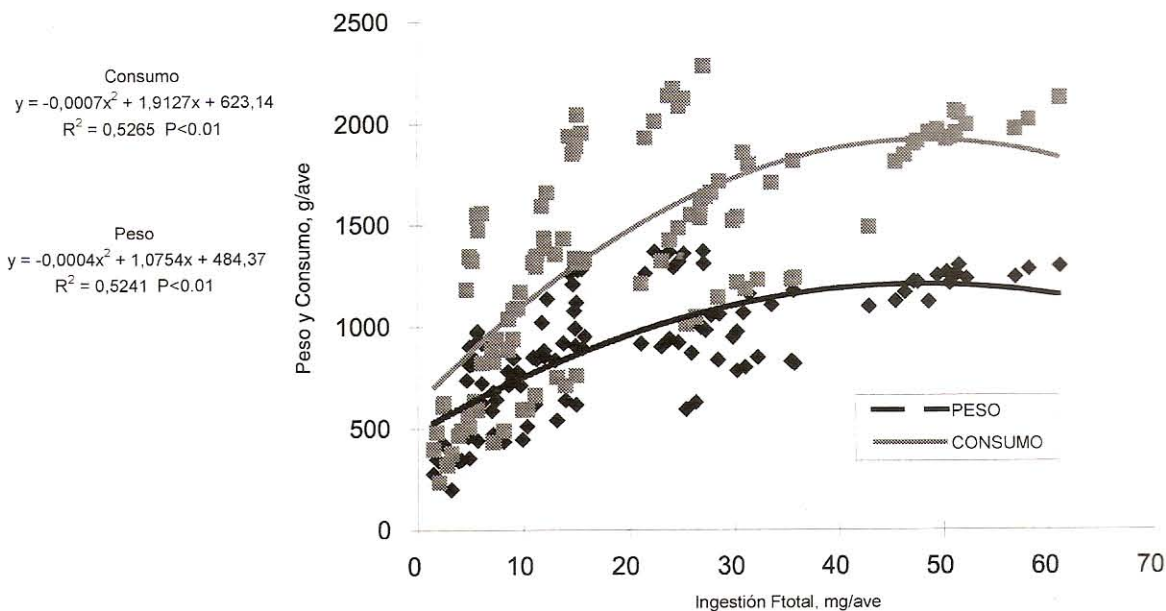


FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE INGESTIÓN DE FLÚOR Y PESO Y CONSUMO DE AVES ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS HASTA LA CUARTA SEMANA DE EDAD

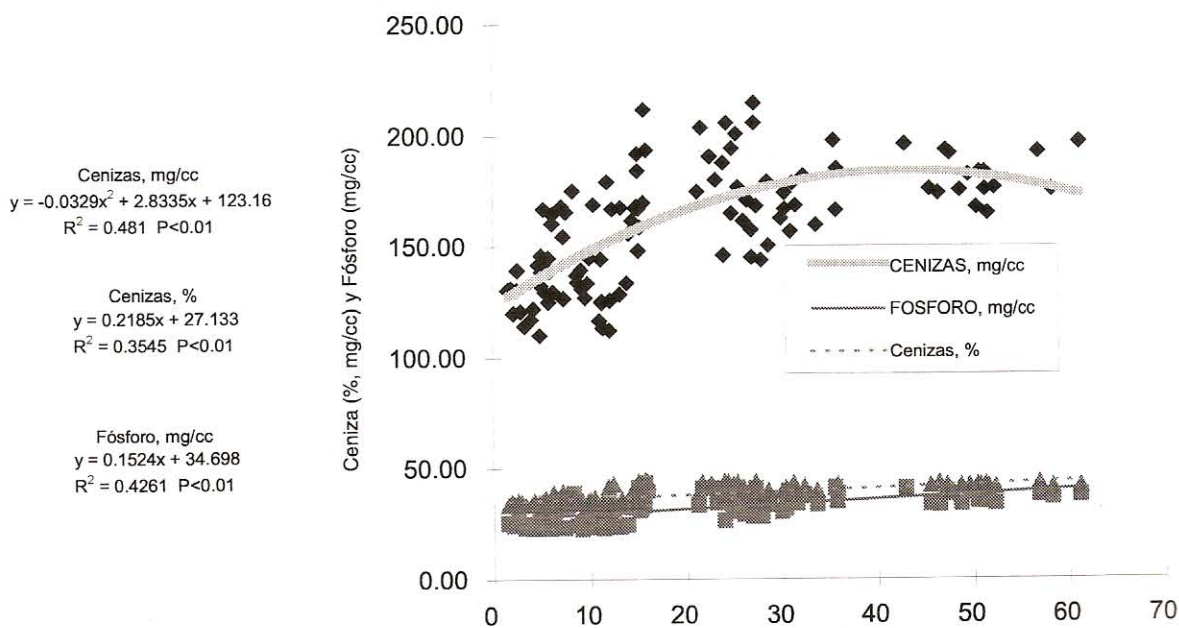


FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE INGESTIÓN DE FLÚOR Y CONTENIDO DE CENIZAS Y FÓSFORO EN TABLA DE AVE ALIMENTADAS CON FÓSFATOS DE YACIMIENTO HASTA LA CUARTA SEMANA DE EDAD.

crementos en la adición de flúor, que a niveles superiores de 400 ppm en la dieta, redujo el consumo voluntario y consecuentemente el peso corporal, apoyando la teoría de una alteración del metabolismo de la glucosa y posible estímulo secundario del paratiroides, como indicado por varios autores [14, 18]. La literatura indica que las aves pueden tolerar hasta 400 ppm de flúor cuando éste proviene de fuentes de baja disponibilidad, como los fosfatos de roca [10].

El incremento en el consumo de flúor, provocó una mayor acumulación de éste en el tejido, aproximándose al límite

de tolerancia de concentración en el hueso, de 10.000 ppm [10]. Esto se debe a que animales alimentados con fosfatos altos en flúor, desde edades muy tempranas, cuando hay una muy baja proporción de cenizas formando parte de la estructura del tejido óseo, acumulan el elemento en mayores cantidades, por intervenir el flúor en el propio proceso de mineralización del tejido. En las fases iniciales de la mineralización del hueso, el flúor puede reemplazar al grupo hidroxilo en la estructura de la hidroxiapatita y formar fluorapatita y, consecuentemente, ser componente también de la fracción cristalina del

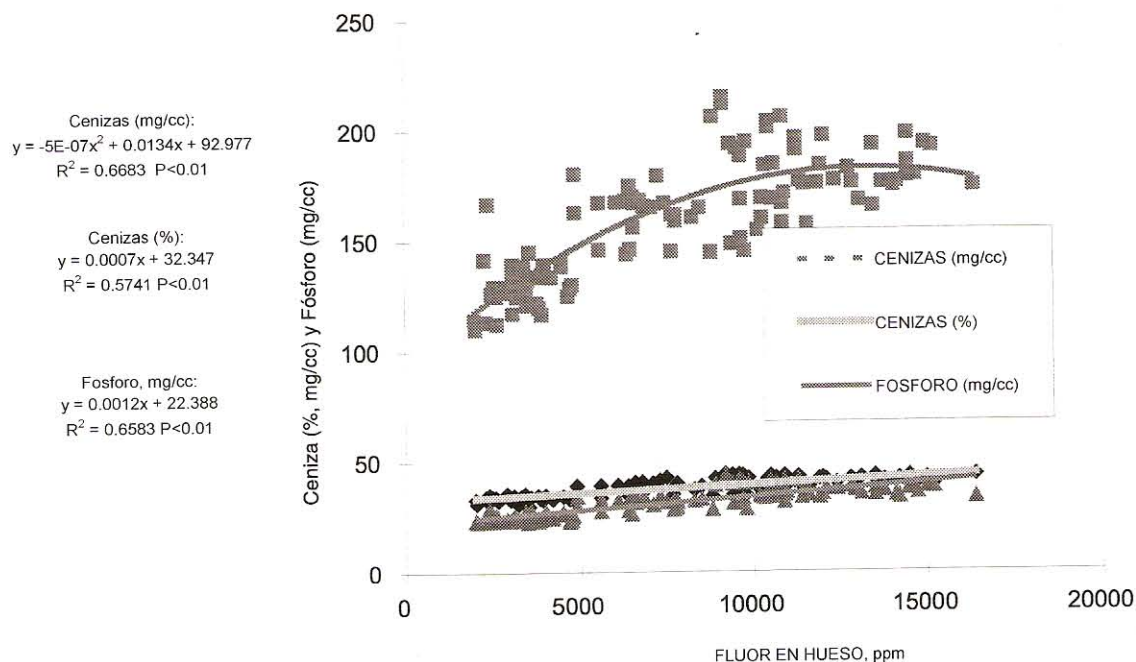


FIGURA 4. RELACIÓN ENTRE CONTENIDO DE FLÚOR EN TIBIA Y CONCENTRACIÓN DE CENIZAS Y FÓSFORO EN AVES ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS HASTA LA CUARTA SEMANA.

hueso [4]. El soporte de esta consideración se encuentra en que, el animal joven expuesto a altos niveles de flúor, incorpora más rápidamente el elemento en el tejido [15].

Las ecuaciones de regresión entre consumo de flúor y contenido de cenizas y fósforo en hueso indican que a partir de una ingestión de 1000 mg F/día, se disminuye la mineralización del tejido. Lo mismo ocurre cuando la acumulación de flúor en hueso es mayor de 10.000 ppm.

Sin embargo, la literatura presenta respuestas contradictorias del efecto del flúor sobre la mineralización del tejido óseo. Así, Nahorniak y col. [9] señalan que altos niveles de flúor disminuyen el contenido de cenizas del hueso, mientras que otros autores [1, 5, 6, 7, 8, 13, 16] indican que incrementan la mineralización del tejido. Esta respuesta contradictoria a la adición de flúor en la dieta podría ser causada por la heterogeneidad en la mineralización del tejido y de la matriz ósea, con áreas hipo e hipermineralizadas en la corteza, debido a imbalances en los procesos de reabsorción y deposición [6]. La mayor intensidad de la reestructuración del tejido óseo (formación de nuevos cristales y reabsorción) en los animales jóvenes, permite un mayor intercambio entre los iones [4] contenidos en la parte interna del cristal (OH^-) y los del fluido extracelular (F^-).

CONCLUSIONES

Los fosfatos de yacimientos de Río y Liza pueden ser incorporados en raciones para pollos de engorde como única fuente de fósforo, mientras que los de Chiguará, Jají, Monte y

Navay solo pueden incluirse parcialmente por los elevados contenidos de flúor en estas últimas fuentes.

Los altos consumos de flúor, superiores a 400 ppm en la dieta, limitaron la respuesta productiva de las aves, por reducción del consumo voluntario y consecuentemente del peso corporal de las aves. Asimismo, la mineralización del tejido óseo, también fue afectada por consumos de flúor mayores a 40 mg.

La acumulación de flúor en el tejido óseo, inferior a 10.000 ppm, provocó aumentos en la mineralización del tejido óseo, mientras que, niveles superiores la disminuyeron.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CHAN, M.M.; RUCKER, R.B.; ZEMAN, F.; RIGGINS, R.S. Effect of fluoride on bone formation and strength in japanese quail *J. Nutr.* 103:1431-1439. 1973.
- [2] DAVIS, M.I.; MOTZOK, Y. Properties of chick intestinal phytase. *Poult. Sci.* 51:494-501. 1972.
- [3] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Fosfatos sedimentarios venezolanos en la nutrición de pollos de engorde. I. Crecimiento y mineralización del tejido óseo. *Revista Científica*, FCV-LUZ (aceptada para publicación). 1998.
- [4] GEORGIEVSKIC, V.I. The physiological role of macroelements. In: I. Georgievskii, B.N Annenkov, V. I. Samokhin (Ed.), *Mineral Nutrition of Animals*. V. Butterworths. London, England: 91-170. 1982.
- [5] HUYGHEBAERT, G.; DE GROOTE, G.; KEPPENS, L. De invloed van het Ca-gehalte, het F-gehalte ende

- Na/CL- verhauding of de P-benuthging en de beendersterkte bij mestkiukens. **Londvauwtijdschrift**. 34:309-316. 1981.
- [6] HUYGHEBAERT, G.; DE GROOTE, G. Het effect. Van F- verstrekking via voeder of dunkwater of a productieresultaten en de beenderergensehappen van slachtkippen. **Londvauwtijdschrift**. 39: 983-988. 1986.
- [7] MERKLEY, J.W. Increased bone strength in coop reared broilers provided fluoridated water. **Poult. Sci.** 55:1313-1319. 1976.
- [8] MERKLEY, J.W.; MILLER, E.R. The effect of sodium fluoride and sodium silicate on growth and bovine strength of broilers. **Poult. Sci.** 62:798-805. 1983.
- [9] NAHORNIK, N.A.; WAIBEL, P.E.; OLSON, W.G.; WALSER, M.M.; DZIUK, H.E. Effect of dietary sodium fluoride on growth and bone development in growing turkeys. **Poult. Sci.** 62:2048-2052. 1983.
- [10] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of Poultry**. 9th. ed. National Academy Press. Washington, D.C 155 pp. 1994.
- [11] NELSON, T.S. The hydrolysis of phytate phosphorus by chicks and laying hens. **Poult. Sci.** 55:2262-2269. 1976.
- [12] NELSON, T.S. Phosphorus availability in plant origin feedstuffs for poultry and swine. In: **Annual International Mineral Conference. Proceedings**: 59. 1980.
- [13] RIGGINS, R.S.; ZEMAN, F.; MOON, A. The effects of sodium fluoride on bone breaking strength. **Calcif. Tissue Res.** 14:283-288. 1974.
- [14] SÁNCHEZ, R.; CUCA, M.; ÁVILA, E.; ANTILLÓN, A. Niveles de flúor en dietas para pollos de engorde. **ALPA. Mem.** 17:29-35. 1982.
- [15] SUTTIE, J.W.; KOLSTAD, D.L.; SUNDE, M.L. Fluoride tolerance of the young chick and turkey poult. **Poult. Sci.** 63:738-742. 1984.
- [16] VAN TOLEDO, B. A study on the action of fluoride in birds. Inst. Für Zoologie, Universitat freiburg, Freiburg, Switzerland. (Thesis Ph.D.) 145 pp. 1981.
- [17] WALDROUP, P.W.; SIMPSON, C.L.; DAMRON, B.L.; HARMS, R.H. The effectiveness of plant and inorganic phosphorus in supporting egg production in hens and hatchability and bone development in chick embryos. **Poult. Sci.** 46:659-695. 1967.
- [18] WEBER, C.W.; DOBERENZ, A.R.; REID, B.L. Fluoride toxicity in the chick. **Poult. Sci.** 48:230-237. 1969.