

RESPUESTA PRODUCTIVA Y MINERALIZACIÓN ÓSEA DE POLLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON FOSFATOS SEDIMENTARIOS SEGÚN BIODISPONIBILIDAD DEL FÓSFORO

Growth and Bone Mineralization of Broiler Chicks Fed with Sedimentary Phosphates Adjusted by Phosphorus Bioavailability

Susmira Godoy y C.F. Chicco

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA). Maracay, Venezuela. E-mail: sgodoy@inia.gov.ve

RESUMEN

En pollos de engorde se determinó el efecto del aporte de fósforo de fosfatos de yacimientos no defluorinados, ajustados a su biodisponibilidad específica, sobre la ganancia de peso y mineralización ósea. Los fosfatos fueron Riecito (RIO), Monte Fresco (MONTE) y Navay (NAVAY) con biodisponibilidad relativa al fosfato dicalcico (DICAL, 100%) de 81,0; 68,0 y 68,1%, respectivamente. A la sexta semana de edad los pesos (g) y el contenido de ceniza de la tibia (mg.cc) fueron de 2063,3 y 215,2; 1944,2 y 199,1; 1700,5 y 197,6, respectivamente, para el mismo orden de los fosfatos, siendo los valores de RIO similares a los de DICAL (2051,6 g; 217,2 mg.cc), y superiores ($P < 0,05$) a los demás fosfatos. Los niveles de flúor (ppm) del hueso fueron de 1145, 6000, 8333 y 14925, para el DICAL, RIO, MONTE y NAVAY, respectivamente.

Palabras clave: Pollos, fosfatos, fósforo, biodisponibilidad, peso, cenizas.

ABSTRACT

The effect of feeding phosphorus in broiler chickens from non defluorinated raw rock phosphates, adjusted according their specific bioavailability was evaluated by growth and bone mineralization response. The phosphates were Riecito (RIO), Monte Fresco (MONTE) and Navay (NAVAY), with a relative bioavailability of 81.0, 68.0 and 68.1 %, respectively, in relation to a dicalcium phosphate (100%). At six weeks of age, body weight (g) and tibia bone ash content (mg.cc) were 2063.3 and 215.2, 1944.2 and 199.1, and 1700.5 and 197.6, respectively for the same order of the phosphates, being RIO's values were

similar to DICAL (2051.6 g; 217.2 mg.cc) and greater ($P < 0.05$) than MONTE and NAVAY. Bone fluorine levels (ppm) were 1,145.6, 6,000, 8,333 and 14,925, for DICAL, RIO, MONTE and NAVAY, respectively.

Key words: Broilers, phosphates, phosphorus, bioavailability, weight, bone ash.

INTRODUCCIÓN

El alto desarrollo de la industria avícola de Venezuela alcanzado en las últimas décadas está ejerciendo una gran demanda sobre los ingredientes para la formulación de piensos balanceados. Entre estos, se encuentra el fósforo, que proviene fundamentalmente de la importación de fosfatos defluorinados, no obstante los ingentes depósitos de fosfatos sedimentarios que existen en el país. Estos fosfatos sedimentarios vienen siendo utilizados en algunos casos como aporte parcial de fósforo para satisfacer los requerimientos de las aves. La principal limitante en el uso de los fosfatos no defluorinados del país es la baja biodisponibilidad del fósforo y los altos contenidos de flúor. Investigaciones previas de los autores [9] han determinado en aves la biodisponibilidad del fósforo de los principales yacimientos del país, utilizando criterios productivos, de mineralización ósea, así como informaciones derivadas de estudios de cinética del fósforo procedente de las diferentes fuentes.

Por lo tanto, la investigación reseñada en este artículo, evalúa la posibilidad del uso de los fosfato de los yacimientos de Riecito, Monte Fresco y Navay, como única fuente de fósforo inorgánico para aves en crecimiento, ajustando su aporte en la dieta en base a la biodisponibilidad de cada fuente determinada en estudios previos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar fosfatos de yacimiento según la biodisponibilidad relativa del fósforo, mediante mediciones de crecimiento y mineralización ósea, 160 pollos de un día de nacidos, machos, distribuidos, según un diseño completamente aleatorizado, en grupos de 40 aves por tratamiento cada uno con cuatro repeticiones de 10 aves, fueron alimentados con los fosfatos de los yacimientos de Riecito (RIO), Monte Fresco (MONTE) y Navay (NAVAY) y un fosfato dicálcico como testigo (DICAL). La composición química de los fosfatos fue reseñada en artículo anterior [9].

Las aves, de un día de nacidas, del híbrido comercial Cobb x Cobb, fueron alimentadas con las raciones experimentales que contenían harina de soya, maíz pilado, aceite vegetal, vitaminas, minerales y las fuentes de fósforo en las proporciones indicadas en la TABLA I. Las dietas aportaron 0,45% P disponible para la etapa de iniciación (1er día hasta 28 días de edad) y 0,40% para la de finalización (29 días hasta 42 días de edad).

Los valores de biodisponibilidad, obtenidos en experimentos previos con pollos en crecimiento, con las mismas dietas y basados en datos de peso y mineralización ósea, fueron

de 100; 81,0; 68,0 y 68,1, para DICAL, RIO, MONTE y NAVAY, respectivamente [8]. Los valores de biodisponibilidad de las dietas fueron ajustados mediante la adición de los fosfatos de acuerdo a la biodisponibilidad individual del fósforo de cada yacimiento.

Se llevaron registros de pesos individuales de las aves semanalmente y de consumo de alimento para cada réplica, a los mismos intervalos. Al final del período experimental, se sacrificaron cuatro aves/tratamiento para la extracción de ambas tibias, con determinaciones de densidad, cenizas, fósforo y flúor.

Los análisis de las diferentes raciones experimentales y muestras de tejidos corporales se realizaron de acuerdo a las metodologías: proteína (Nx6,25) por el método de Kjeldahl [1], calcio por espectrofotometría de absorción atómica [1], fósforo por colorimetría [6] y flúor por electrometría [1]. La densidad se determinó pesando el agua desplazada por la inmersión del hueso fresco en un cilindro graduado con 50 ml del líquido [9].

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de la variancia, correlación y regresión, tomando los niveles de significación alfa = 0,05 y 0,01. Las medias se compararon por el método de amplitudes múltiples de Duncan a los mismos niveles de significancia utilizados en el análisis de la varianza [18].

TABLA I
 COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS PARA EVALUAR FOSFATOS SEGÚN SU BIODISPONIBILIDAD EN AVES / FEED COMPOSITION
 TO EVALUATE PHOSPHATES ADJUSTED BY PHOSPHORUS BIOAVAILABILITY IN CHICKS

Ingredientes, %	Iniciación	Finalización
Maíz, pilado	48,9-50,9	59,5-61,40
Maíz, aceite	5,0	5,0
Soya 48	40,0	30
CaCO ₃	0-1,2	0-1
DICAL	1,50	1,4
RIO	3,65	3,4
MONTE	4,60	4,3
NAVAY	4,70	4,1
DL-Metionina	0,3	0,1
Sal	0,3	0,3
Vitaminas / Minerales ¹	0,8	0,8
Proteína, % ²	24	20
EM, Kcal / kg ³ .	3100	3200
Fósforo total, %	0,74-0,90	0,68-0,82
Fósforo disponible ⁴ , %	0,45	0,40
Calcio, %	1-1,27	0,90-1,14

¹ Vitaminas (por kg de alimento): vitamina A, 4000 UI; vitamina D, 200 UI; riboflavina, 3 mg; ácido pantoténico, 5 mg; niacina, 20 mg; colina, 450 mg; vitamina B12, 10 ug; vitamina E, 2 mg; Micromineral: Mn, 65 mg; I, 1 mg; Cu, 8 mg; Zn, 50 mg; Fe, 25 mg; Mg, 500 mg.

² PC: proteína cruda estimada (N × 6,25).

³ EM: energía metabolizable estimada.

⁴ Biodisponibilidad (%): DICAL: 100; RIO: 81,0; MONTE: 68,0; NAVAY: 68,1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aves alimentadas con los fosfatos de yacimiento, ajustando el nivel de acuerdo a su biodisponibilidad específica, presentaron un comportamiento productivo de similar tendencia, tanto en la fase de iniciación (TABLA II) como en la de terminación (TABLA III). El peso final (g/animal), a los 28 días de edad, fue mayor ($P < 0,05$) para DICAL (1084,1) y los yacimientos de RIO (1118,6) y MONTE (1084,9) y más bajo para NAVAY (926,1). El consumo (g/ave) y la eficiencia de conversión guardaron relación con el peso corporal, con valores de 1700,8 y 1,76; 1732,1 y 1,64; 1728,9 y 1,59; y 1567,5 y 1,81, respectivamente, para el mismo orden de los tratamientos (TABLA II).

Al comparar el desempeño de las aves, a medida que aumenta el tiempo de alimentación (28 vs 42 días), se evidencia que los pollos suplementados con los fosfatos de MONTE y NAVAY presentaron un deterioro ($P < 0,05$) en los pesos corporales más evidente en la fase de finalización que en la de iniciación. Así, los pesos (g/ave) a la sexta semana de edad (TABLA III) fueron más bajos ($P < 0,05$) para MONTE (1944,2) y NAVAY (1700,5), en relación al DICAL (2051,6) y RIO (2063,3), sin diferencias entre éstos últimos. El consumo de alimento (g/ave) fue más elevado ($P < 0,05$) para el tratamien-

to con RIO (3630,1) seguido por DICAL (3542,5) y MONTE (3530,1) y más bajo para NAVAY (3301,8).

Efectivamente, las ecuaciones de regresión entre peso corporal y edad, fueron similares para las aves alimentadas con DICAL y la roca de RIO, ligeramente inferiores para MONTE y menores para NAVAY (TABLA IV).

Las ecuaciones de regresión que relacionan la edad y el consumo de alimento tienen correspondencia con las del peso corporal de las aves, con respuestas menores en el tratamiento con la roca de NAVAY (TABLA IV).

De igual manera, a medida que incrementó el consumo de fósforo, independientemente de las fuentes, mejoraron los índices productivos de las aves, con pesos superiores para DICAL y RIO, en relación con las alimentadas con MONTE y NAVAY. El consumo de alimento fue similar para RIO y MONTE y menor para el yacimiento de NAVAY (TABLA V).

Cuando se incluyeron los fosfatos de yacimientos en las dietas tomando en cuenta la biodisponibilidad relativa del fósforo para cada fuente, la roca de RIO fue equivalente al fosfato referencial, corroborando estudios previos realizados por Osorio y Jensen [15] con la misma fuente de fósforo. Las respuestas más baja de las aves alimentadas con las rocas de MONTE y NAVAY aparentemente se relaciona con la mayor inclu-

TABLA II
PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE AVES (4TA SEMANA) ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS AJUSTADOS POR SU BIODISPONIBILIDAD¹ / BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND FEED CONVERSION IN CHICKS FED WITH PHOSPHATES ADJUSTED BY PHOSPHORUS BIOAVAILABILITY (4TH WEEK)

Medidas	DICAL	RIO	MONTE	NAVAY
Peso, g	1084,1 ^a ± 52,51	1118,6 ^a ± 19,02	1084,9 ^a ± 36,02	926,1 ^b ± 51,7
Consumo, g	1700,8 ^a ± 78,36	1732,1 ^a ± 57,50	1728,9 ^a ± 79,07	1567,5 ^b ± 95,30
Conversión ²	1,76 ± 0,07	1,64 ± 0,07	1,59 ± 0,03	1,81 ± 0,05

¹ Cuarenta aves/tratamiento: 28 días de edad. ² Conversión alimenticia = kg alimento/kg ganancia peso; 28 días de edad. ^{a, b} Promedios con letras distintas en la misma fila son diferentes entre sí ($P < 0,05$).

TABLA III
PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE AVES (6TA SEMANA) ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS AJUSTADOS POR SU BIODISPONIBILIDAD¹ / BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND FEED CONVERSION IN CHICKS FED WITH PHOSPHATES ADJUSTED BY PHOSPHORUS BIOAVAILABILITY (6TH WEEK)

Medidas	DICAL	RIO	MONTE	NAVAY
Peso, g	2051,6 ^a ± 105,8	2063,3 ^a ± 66,5	1944,2 ^b ± 62,1	1700,5 ^c ± 36,9
Consumo, g	3542,5 ^b ± 131,5	3630,1 ^a ± 95,5	3530,1 ^b ± 206,2	3301,8 ^c ± 123,1
Conversión ²	1,73 ± 0,07	1,76 ± 0,05	1,82 ± 0,06	1,94 ± 0,05

¹ Cuarenta aves/tratamiento: 42 días de edad. ² Conversión alimenticia = kg alimento/kg ganancia peso; 42 días de edad. ^{a, b, c} Promedios con letras distintas en la misma fila son diferentes entre sí ($P < 0,05$).

TABLA IV
ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE PESO CORPORAL (g/AVE) Y CONSUMO (g/AVE) DE ALIMENTO Y EDAD DE LAS AVES (SEMANAS) / REGRESSION BETWEEN BODY WEIGHT (G/CHICK) AND FEED INTAKE (G/CHICK) AND AGE (WEEKS)

Fuente	y = peso; x = edad	R ²	NS
DICAL	$y = 44,01x^2 + 83,38x + 20,29$	0,99	0,01
RIO	$y = 42,29x^2 + 96,48x + 19,17$	0,99	0,01
MONTE	$y = 34,74x^2 + 118,92x + 15,48$	0,99	0,01
NAVAY	$y = 33,99x^2 + 84,20x + 20,75$	0,99	0,01
Fuente	y = consumo; x = edad	R ²	NS
DICAL	$y = 83,55x^2 + 285,49x + 86,06$	0,99	0,01
RIO	$y = 91,35x^2 + 262,34x + 96,83$	0,99	0,01
MONTE	$y = 82,27x^2 + 241,17x + 85,90$	0,99	0,01
NAVAY	$y = 79,85x^2 + 297,01x + 99,86$	0,99	0,01

NS: Nivel de significancia.

TABLA V
ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE PESO CORPORAL (g/AVE), CONSUMO DE ALIMENTO Y CONSUMO DE FÓSFORO (g/AVE/SEMANA) / REGRESSION BETWEEN BODY WEIGHT (G/CHICK), FEED INTAKE (G/CHICK) AND PHOSPHORUS INTAKE (G/CHICK/WEEK)

Fuente	y = peso; x = consumo fósforo total	R ²	NS
DICAL	$Y = 82,25x^2 + 225,92x + 22,02$	0,99	0,01
RIO	$Y = 69,39x^2 + 269,01x + 15,85$	0,99	0,01
MONTE	$Y = 37,17x^2 + 340,1x - 0,68$	0,99	0,01
NAVAY	$Y = 65,61x^2 + 203,2x + 25,72$	0,99	0,01
Fuente	y = consumo; x = consumo fósforo disponible	R ²	NS
DICAL	$y = 252,58x - 11,88$	0,99	0,01
RIO	$y = 206,85x - 62,02$	0,96	0,01
MONTE	$y = 200,02x - 53,86$	0,98	0,01
NAVAY	$y = 189,9x - 56,69$	0,97	0,01

NS: Nivel de significancia.

sión de flúor a través de estos fosfatos de alta concentración del elemento, que tiende a limitar el consumo de alimento, asociado con alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos [2, 11, 22].

Las características del tejido óseo de las aves, a la sexta semanas de edad, medidas en términos de concentración de cenizas (% y mg.cc) y fósforo (mg.cc), fueron superiores ($P < 0,05$) para DICAL y RIO, en relación a MONTE y NAVAY, con valores promedios de 44,6; 217,2 y 42,19; 44,2; 215,2 y 40,22; 43,0; 199,1 y 35,87; y 42,9; 197,6 y 38,64, respectivamente, para el mismo orden de las determinaciones y fuentes de fósforo (TABLA VI).

La acumulación de flúor (ppm) en el tejido óseo aumentó con el incremento en la ración de la concentración del elemento aportado por los diferentes fosfatos (TABLA VI), siendo los valores más elevados ($P < 0,05$) en los tratamientos con NAVAY (14925) y MONTE (8333), seguidos por RIO (6000), y con valores inferiores ($P < 0,05$) para DICAL (1145).

La mayor acumulación de flúor en el tejido óseo se relacionó con una alta ingestión del elemento, lo que trajo como consecuencia huesos menos mineralizados, coincidiendo con los resultados de numerosos autores, quienes señalan una disminución en la resistencia del hueso a la ruptura como resultado de altos consumos de flúor [4, 5, 11, 12, 14, 16, 17].

Las ecuaciones de regresión que relacionan la ingestión de flúor con el peso, consumo y mineralización del tejido óseo (TABLA VII) evidencian que las dietas con elevados contenidos de flúor provocaron disminución del peso y consumo de alimento de las aves, y de la densidad, concentración de cenizas y contenido de fósforo del tejido óseo.

Se registró una correlación positiva y altamente significativa entre la ingestión de flúor y su depósito en el tejido óseo ($r = 0,58$; $P < 0,01$), y negativa entre concentración de flúor en el hueso y las medidas de mineralización, como cenizas en porcentaje ($r = -0,61$; $P < 0,01$), mg.cc de hueso ($r = -0,39$; $P < 0,05$), y fósforo en mg.cc de tejido ($r = -0,43$; $P < 0,05$).

TABLA VI
CARACTERÍSTICAS DEL TEJIDO ÓSEO DE AVES ALIMENTADAS CON FOSFATOS DE YACIMIENTOS AJUSTADOS A LA BIODISPONIBILIDAD DEL FÓSFORO¹ / BONE MINERALIZATION IN CHICKS FED WITH PHOSPHATES ADJUSTED BY PHOSPHORUS BIOAVAILABILITY

Medidas	DICAL	RIO	MONTE	NAVAY
Densidad	1,215 ^a ± 0,01	1,151 ^b ± 0,03	1,148 ^b ± 0,06	1,136 ^c ± 0,03
Cenizas, %	44,6 ^a ± 0,69	44,2 ^a ± 0,61	43,0 ^b ± 0,88	42,9 ^b ± 0,71
Cenizas, mg.cc	217,2 ^a ± 9,08	215,2 ^a ± 7,69	199,1 ^b ± 7,99	197,6 ^b ± 7,62
Fósforo, %	18,93 ± 0,40	18,61 ± 0,91	18,05 ± 1,39	19,64 ± 0,67
Fósforo, mg.cc	42,19 ^a ± 0,88	40,22 ^b ± 2,94	35,87 ^c ± 1,44	38,64 ^c ± 0,29
Flúor, ppm	1145 ^a ± 40,0	6000 ^b ± 116,3	8333 ^c ± 757,2	14925 ^d ± 519,6

¹Cuatro aves/tratamiento (6ta semana de edad). ^{a, b, c, d}Promedios con letras distintas en la misma fila son diferentes significativamente (P < 0,05).

TABLA VII
RELACIÓN ENTRE CONSUMO DE FLÚOR Y PESO, CONSUMO Y MINERALIZACIÓN DEL TEJIDO ÓSEO Y FLÚOR EN HUESO Y MINERALIZACIÓN ÓSEA / RELATIONSHIP BETWEEN FLUOR INTAKE AND BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND BONE MINERALIZATION AND FLUOR IN BONE AND BONE MINERALIZATION

Relación	Ecuación	R ²	NS
F ingestión, ppm vs Peso, g/ave	$y = 1076,2 + 0,2237x - 0,002x^2$	0,66	0,01
F ingestión, ppm vs Consumo, g/ave	$y = 1690,8 + 0,2096x - 0,0002x^2$	0,39	0,05
F ingestión, mg/día vs Cenizas, %	$y = 42,05 - 0,002x$	0,53	0,01
F ingestión, mg/día vs Cenizas, mg.cc	$y = 219,9 - 0,0093x$	0,61	0,01
F ingestión, mg/día vs Fósforo, mg.cc	$y = 44,79 - 0,0008x$	0,59	0,01
F hueso, ppm vs Cenizas, %	$y = 41,1 - 0,0002x$	0,23	0,05
F hueso, ppm vs Cenizas, mg.cc	$y = 218,8 - 0,0015x$	0,51	0,01
F hueso, ppm vs Fósforo, mg.cc	$y = 44,57 - 0,0001x$	0,46	0,01

¹NS: Nivel de significancia.

Los resultados anteriores señalan que la menor respuesta en peso final de las aves alimentadas con la roca de NAVAY y de la mineralización del tejido óseo en MONTE y NAVAY, se debió probablemente a los altos niveles de flúor de las dietas, lo que disminuyó el consumo voluntario, particularmente cuando se saturan los depósitos óseos del elemento [3, 5, 7, 13, 19-21].

El efecto del flúor a altos niveles sobre el consumo está asociado con alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, por reducción en la producción de glucosa 6-fosfato deshidrogenasa y del recambio de glucógeno [2, 22].

zuela, en el caso del yacimiento de Riecito, incrementa la respuesta productiva y mineralización ósea de las aves, a niveles comparables a un fosfato defluorinado de grado alimenticio para animales. En relación a los depósitos sedimentarios de Monte Fresco y Navay, con inferior desempeño de los animales, los altos niveles de flúor limitan la posibilidad de hacer ulteriores incrementos en el aporte de fósforo, debido al efecto negativo del flúor, evidenciado por los altos niveles del elemento registrados en el tejido óseo, lo que afecta el consumo y la ganancia de peso de las aves.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONCLUSIONES

El ajuste del nivel de fósforo, de acuerdo a la biodisponibilidad del elemento en los fosfatos sedimentarios de Vene-

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (AOAC). **Official methods of analysis**. 15thEd. Washington, D.C. 1018 pp. 1984.

- [2] CARLSON, J.R.; SUTTLE, J.W. Pentose phosphate pathway enzymes and glucose oxidation in fluoride-fed rats. **Amer. J. Physiol.** 210:79-83. 1966
- [3] CHAN, M.M.; RUCKER, R.B.; RIGGINS, R.S. Effects of fluoride and ethane-1hidroxy- 1,1 diphosphonate on bone metabolism in the growing chick. **J. Nutr.** 106:802-811. 1976.
- [4] CHAN, M.M.; RUCKER, R.B.; ZEMAN, F.; RIGGINS R.S. Effect of fluoride on bone formation and strength in japanese quail. **J. Nutr.** 103:1431-1440. 1973.
- [5] CHAN, M.M., RIGGINS, R.S.; RUCKER, R.B. Effect of ethane - 1- hidroxy- 1, 1- diphosphonate (EHDP) and dietary fluoride on biochemical and morphological changes in chick bone. **J. Nutr.** 107: 1747-1754. 1977.
- [6] FISKE, C.H.; SUBBARROW, E. The colorimetric determination of phosphorus. **J. Biolog. Chem.** 66: 375-400. 1925.
- [7] GARDINER, E.E.; WINCKEE, K.S.; HIRONAKA, R. The influence of dietary sodium fluoride on the utilization and metabolizable energy value of a poultry diet. **Poult. Sci.** 47:1241-1244. 1968.
- [8] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Fosfatos sedimentarios venezolanos en la nutrición de pollos de engorde. I. Crecimiento y mineralización del tejido óseo. **Rev. Científ., FCV-LUZ.** IX(4):282-291. 1999.
- [9] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Relative bio-availability of phosphorus from Venezuelan raw rock phosphates for poultry. **Anim. Feed Scienc. and Techn.** 94:103-113. 2001.
- [10] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Biodisponibilidad de fosfatos sedimentarios de Venezuela en la alimentación de cerdos. **Interciencia.** 27: 489-495. 2002.
- [11] HUYGHEBAERT, G.; DE GROOTE, G. Het effect. Effect of dietary fluoride on performance and bone characteristics of broilers and the influence of drying and defatting on bone breaking strength. **Poultry Sci.** 67:950-955. 1988
- [12] HUYGHEBAERT, G.; DE GROOTE, G.; KEPPENS, L. L'influence des teneurs en calcium et en fluor et du rapport Na/Cl sur l'utilisation du phosphore et la solidité des os chez les poulets de chair. **Rev. Agrí.** 34:312-330. 1981.
- [13] KICK, C.H.; BETHKE, R.M.; EDINGTON, B.H. Effect of fluorine in nutrition of swine, with special reference to bone and tooth composition. **J. Agric. Res.** 46:1023-1037. 1933.
- [14] NAHORNIAK, 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.** 62:2048-2055. 1983.
- [15] OSORIO, J.G.; JENSEN, L.S. Biological availability of phosphorus from a Venezuelan rock phosphate for broiler chicks. **Nutr. Repor. Inter.** 33:545-552. 1986.
- [16] RAMA, S.V.; RAMASUBBA, V. Relative bio-availability and utilisation of phosphatic fertilisers as sources of phosphorus in broilers and layers. **Br Poult Sci.** 44 (1):96-103. 2003.
- [17] RIGGINS, R.S.; ZEMAN, F.; MOON, A. The effects of sodium fluoride on bone breaking strength. **Calcif. Tissue Res.** 14:283-291. 1974.
- [18] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Principles and Procedures of statistics. **A Biometr. Appr.** 2nd. Ed. New York. McGraw-Hill. 622 pp. 1988.
- [19] SUTTIE, J.W.; PHILLIPS, P.H.; FALTIN, E.C. Seam fluoride in the chick. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** 115:575-577. 1964.
- [20] SUTTIE, J.W.; KOLSTAD, D.L.; SUNDE, M.L. Fluoride tolerance of the young chick and turkey poult. **Poult. Sci.** 63:738-743. 1984.
- [21] WEBER, C.W.; DOBERENZ, A.R.; REID, B.L. Fluoride toxicity in the chick. **Poult. Sci.** 48:230-235. 1969.
- [22] ZEBROWSKI, E.J.; SUTTIE, J.W.; PHILLIPS, P.H. Metabolic studies in fluoride fed rats. **Fed. Proc.** 23:184-192. 1964.