

DISPONIBILIDAD RELATIVA DEL FOSFORO EN HARINA DE HUESOS,
CALCIO MONOFOSFATO Y FOSFATO DEFLUORINADO EN DIETAS PARA
EL CRECIMIENTO EN POLLOS.

1. INTRODUCCION

MARIO RENDON H. [✉]

El fósforo para nutrición animal, se han clasificado en disponible ó inorgánico al presente en los productos de origen animal y elementos minerales y no disponible u orgánicos al existente como fósforo fítico en productos de origen vegetal.

El avanzado estado tecnológico alcanzado por la industria avícola mundial, tiene en el medio colombiano una limitante básica en su desarrollo y continuidad rentable. Esta, es el elevado costo de alimentos y desconocimiento de la disponibilidad ó valor biológico de gran parte de los nutrientes existentes en las materias primas.

Dentro de los procesos industriales que sufre un ingrediente para ofrecerlo al consumo animal se puede afectar total ó parcialmente el grado de disponibilidad y variación del contenido en nutrientes, por eso es necesario asumir en la mayoría de los casos contenidos óptimos de esos elementos los cuales en la práctica ofrecen ciertas dudas que se deben resolver especialmente en relación a elementos como el fósforo el cual comparativamente es más costoso que la proteína en raciones para monogástricos.

✉ Contribución del Programa de Especies Menores del Instituto Colombiano Agropecuario I.C.A.
Director del Programa de Especies Menores. ICA. Tibaitatá. Apartado Aéreo 151123 El Dorado. Bogotá.

La invalidez de ciertas pruebas de solubilidad para medir la disponibilidad y la ausencia en el país de pruebas biológicas sobre el material industrializado, hacen necesario investigaciones que garanticen calidad al productor avícola y un valor más exacto al técnico para la formulación de raciones. Por este motivo se planeó el presente ensayo con el fin de estudiar la disponibilidad relativa del fósforo en las materias primas de mayor uso en Colombia.

2. REVISION DE LITERATURA

La materia mineral constituye del 4 al 6% del peso vivo de los animales domésticos, correspondiendo al fósforo un 1%. El 80% se encuentra combinado al calcio formando los huesos y el 20% restante distribuido en todas las células del cuerpo. Además de formar parte de los ácidos nucleicos base del control genético, el fósforo es un compuesto activo del tejido muscular con evidentes funciones en el metabolismo energético de carbohidratos, grasas proteínas y del tejido nervioso, Chavez (1974).

Con referencia al calcio iónico y al fosfato inorgánico se sabe que la absorción y utilización están adversamente afectados por las cantidades variables de ellos que se encuentran en las raciones. Las evidencias indican que las condiciones son más favorables cuando la relación Ca:P es de 2:1, Abrhams (1964).

Los vegetales en general, los granos de cereales y sus salvados son ricos en fósforo en su mayor parte está ligado al inositol formando el ácido fítico. La absorción fitato es muy difícil para los no rumiantes, por carecer de la enzima fitasa necesaria para desdoblar el ester del ácido fosforico, Rojas (1971) y Bergner (1970).

El requerimiento mínimo de fósforo para pollos, parece encontrarse en la proximidad del 0.4% en la ración; con el fin de obtener un buen desarrollo óseo con este

porcentaje el fósforo debe estar en forma altamente asimilable, Guillis et al (1954).

Los requerimientos de calcio y fósforo para pollos serán 1% y 0.6% respectivamente debiendo forzosamente la ración contener no menos de 0.45% de fósforo inorgánico. No todo el fósforo de la ración debe ser proporcionado por medio de alimentos de origen vegetal, Norris-Scott (1964).

Una deficiencia de fósforo o una relación muy amplia entre el calcio y el fósforo produce raquitismo en el animal. Deficiencias severas o disponibilidad baja del fósforo en la ración reducen el apetito, debilitan al animal y ocasionan la muerte en 10-12 días. Deficiencias leves de fósforo dan como resultado raquitismo y crecimiento lento, sin reducción del fósforo sanguíneo a niveles que interfieren con la formación de fosfatos de alta energía, ácidos nucleicos o enzimas, Chavez (1974).

Guillis y Norris (1954), encontraron que los fosfatos menos disponibles son: el calcio pirofosfato, Calcio pirofosfato, Calcio pirofosfato y el fitato calcico. La roca fosforica calcinada o fundida, calentada para remover el fluor, presenta cambios en su estructura con resultados de un producto que tenía disponibilidad de fósforo equivalente al estimado para la harina de huesos.

Scott - Nesheim (1971), al relacionar varios estudios muestran que mientras los fosfatos sean insolubles en ácido clorhídrico al 0.4% son no disponibles para animales. Sin embargo las pruebas de solubilidad no necesariamente están correlacionados con disponibilidad, y así el y calcios pirofosfatos y metafosfatos alcalinos que son altamente solubles en HCl al 0.4%, no son biológicamente disponibles en forma total.

Nelson and Poeler (1961), demuestran la inexactitud del término fósforo inorgánico, al obtener diferentes resultados en varios trabajos con las mismas fuentes inorgánicas de fósforo. Ellos, afirman que la calidad depende del fosfato indivi-

dualmente; observando además una estrecha correlación entre porcentaje de cenizas y disponibilidad de fósforo, por el método de cenizas en tibia.

Waldroup et al (1965), utilizando el porcentaje de cenizas en tibia, calcularon por tres métodos la disponibilidad de fósforo para el fosfato blando y el fosfato dicalcico grado alimenticio. Concluyen, que variaciones en los procedimientos utilizados pueden influenciar grandemente los resultados; por ejemplo el tipo de calcio suplementado, la interpretación de los datos y aún los mismos niveles de vitamina D en la dieta, pueden influenciar la utilización del fósforo por el pollito.

Damron and Harms (1970), consideraron adecuado el método de análisis de cenizas en tibia para evaluaciones sobre disponibilidad de fósforo en fosfatos de roca cruda y fosfatos defluorinado. Utilizando ocho fuentes de fósforo a niveles dietéticos de 0.37 - 0.44 y 0.51%; concluyen que aún cuándo bajo condiciones prácticas estos niveles son más altos, la disponibilidad de fósforo obtenida a concentraciones de 0.5% son funcionales para formulaciones de campo.

Barua et al (1960), calcularon la disponibilidad del fosfato defluorinado y fosfato blando, dividiendo el porcentaje de cenizas obtenido con estos fosfatos por el porcentaje de cenizas de fosfato de referencia estandarizado. La disponibilidad del fósforo para el fosfato defluorinado fué de 95.0%, y de 85.7% para el blando. La disponibilidad de estos fosfatos llevados a una escala de 0 a 100%, sería de 29 y 78% respectivamente.

Dilwort and Day (1964), usando el fosfato ácido de sodio como sustancia de referencia (100% de disponibilidad), encuentran que la disponibilidad del fosforo para el fosfato es de 38%, del fosfato defluorinado 84%, del fosfato tricalcico 93%, etc. Fosfatos con valor de disponibilidad relativa superior al 79% no difieren significativamente del estandard (fosfato ácido de sodio) en el porcentaje de cenizas en tibias.

Waldroup et al (1975), encontraron variaciones en el fósforo disponible, como respuesta a diferentes niveles energéticos de las raciones utilizadas.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se realizó en la Sección de Avicultura del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) localizado a una altura de 2.550 m.s.n.m. con una temperatura y humedad relativa promedio anual de 13°C y 83% respectivamente y una precipitación anual de 631 mm.

El período pre-experimental se inició con 250 pollitos machos de ponedoras livianas (1-9 días de edad) de los cuales se seleccionaron 198 de acuerdo al promedio de peso de la población y a la desviación estandard y se repartieron en once tratamientos de tres repeticiones cada uno de acuerdo a un diseño completamente randomizado (Tabla 1).

Las diferentes fuentes de fósforo estudiadas (CaHPO₄ - fosfato defluorinado No. 1 y 2 y harina de huesos) fueron añadidas individualmente a una dieta deficiente en fósforo (Tabla 2) en incrementos graduales para proveer .20 - 0.25 - 0.30 y 0.35% en el caso del CaHPO₄; 0.25 y 0.35 para los fosfatos defluorinados y 0.20 - 0.30 y 0.40 para la harina de huesos.

La dieta basal no suplementada no contenía fósforo por lo cual no suplementaba la vida en los pollitos por más de unos pocos días. Cuando el suplemento no proporcionaba el calcio suficiente para establecer la relación calcio-fósforo 2:1 se agregó carbonato de calcio a expensas del azúcar de caña.

Al finalizar la tercera semana todos los pollos se pesaron individual y se sacrificaron para remover la tibia, remover el hueso de ella, limpiarlo y extraerlo en etanol durante 24 horas. Todos los huesos fueron luego secados y las ce

nizas obtenidas por calentamiento a 600°C durante seis horas. El porcentaje de ellos se consiguió dividiendo el peso de las cenizas por el peso de la muestra y multiplicando este resultado por 100.

Para determinar la disponibilidad del fósforo se asignó como variable dependiente a los porcentajes de cenizas encontradas y como variable independiente a los respectivos porcentajes de fósforo total agregado a las raciones. El trazado original correspondió al fosfato monocálcico el cual fué tomado como referencia asumiendo para el una disponibilidad del 100%.

Los porcentajes de cenizas en tibias para los fosfatos defluorinados, harina de huesos y fosfato bicálcico fueron interpolados en la gráfica anterior. El punto de intersección sobre la recta del fosfato monocálcico proporciona valores relativos para las otras fuentes estudiadas.

TABLA 1 Tratamientos Experimentales.

Tratamientos	Nivel de Fósforo	Fuente
1	0.20	Monofosfato de Calcio (Anhidro)
2	0.25	Monofosfato de Calcio (Anhidro)
3	0.30	Monofosfato de Calcio (Anhidro)
4	0.35	Monofosfato de Calcio (Anhidro)
5	0.25	Fosfato defluorinado No. 1
6	0.35	Fosfato defluorinado No. 1
7	0.25	Fosfato defluorinado No. 2
8	0.35	Fosfato defluorinado No. 2
9	0.20	Harina de huesos
10	0.30	Harina de huesos
11	0.35	Harina de huesos.

TABLA 2. Dieta Basal.

INGREDIENTE	PORCENTAJE
Azúcar de Caña	36.60
Proteína aislada de Soya	26.67
Metionina Hidroxi-analoga	0.67
Glicina	0.33
Celulosa	3.00
Cloruro de colina (25%)	0.87
Santoquin (antioxidante)	0.105
NaCl	0.750
KCl	0.60
MgCo ₃	0.22
Mezcla de vitaminas [⊗]	0.10
Mezcla mineral ^{⊗⊗}	0.22
Aceite de maíz	5.00
TOTAL.....	75.045 ^{⊗⊗⊗}

⊗ La mezcla de vitaminas contenía: Vit A (500.000 ui/g) 13 g; Vit D₃ (400.000 ui/g) 3.25 g; Vit K (Bisulfito sodico de menadiona) 5 g; hidrocloreuro de tiamina 20 g; Riboflavina 20 g; Pantotenato de calcio 33 g; Hcl piridoxina 10 g; Niacina 80 g; ácido fólico 7 g; Biotina 3 g; Vit B₁₂ 0.03 g; DLAl fatocofeol 22 g; Azúcar hasta completar 2 kilos.

⊗⊗ Mezcla mineral: ZnO 622.4 g; CuCo₃cu (OH)₂ 69.6 g; FeSO₄ · 7H₂O 1993 g; MnSO₄ · H₂O 921.1 g; KI 3.27 g; Na₂MoO₄ · 2H₂O 63.1 g; Na₂SeO₃ 2.19 g; CaCo₃ 6325.34 g.

⊗⊗⊗ Los 24.955% restantes se usaron para ajustar la relación calcio-fósforo en la mezcla final.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los pesos corporales, ganancias de peso, consumo de alimento y conversión, cenizas de la tibia y la mortalidad se presentan en la tabla 3. En general existió una tendencia a menores pesos corporales y menores ganancias de peso cuando las aves recibieron un bajo porcentaje de fósforo en las diferentes fuentes utilizadas cuando se compararon con tratamientos que tenían la misma fuente pero un mayor nivel de fósforo. Existió una excepción cuando las aves recibieron monofosfato de calcio (CaHPO_4 en 0.35 por ciento de fósforo en la dieta) las cuales mostraron un menor peso corporal pero esto puede atribuirse a una causa diferente a la disponibilidad de fósforo porque el porcentaje de cenizas y la mortalidad fueron respectivamente más alta y más baja para las aves de este tratamiento.

Hubo una tendencia a una mortalidad más alta y a un menor consumo de alimento cuando el nivel de fósforo en la dieta fue bajo, esto concuerda con las observaciones de Scott (1969) quien dice que la deficiencia ó disminución en la disponibilidad del fósforo en la dieta trae como consecuencia una pérdida en el apetito, debilidad y muerte, raquitismo y disminución en el crecimiento.

El porcentaje de cenizas óseas (tabla 4 y figura 1) muestran que todas las fuentes analizadas de fósforo son 75 por ciento ó mas tan disponibles cuando comparadas con el calcio monofosfato al cual se asignó arbitrariamente un 100% de disponibilidad.

La figura 1 se obtuvo graficando el porcentaje de fósforo en la dieta contra el porcentaje de fósforo en la dieta contra el porcentaje de cenizas óseas. Para CaHPO_4 (0.20-0.25-0.30-0.35% de fósforo) se encontraron tres puntos (0.20-0.25-0.35%) en línea recta lo cual podría interpretarse como más porcentaje de cenizas en las tibias ó mas fósforo absorbido por el ave cuanto mayor cantidad de fósforo se proporciona en la dieta. El 0.30% de P (punto intermedio) se encontró fuera

TABLA 3. Pesos y Ganancias corporales, conversión de alimento cenizas y mortalidad en los diversos tratamientos[≠]

Tratamientos	C U E R P O		A L I M E N T O		Porcentaje de Cenizas	Mortali- dad. %
	Peso Gramos	Ganancia	Consumo Gramos.	Conversión <u>Alimento</u> Ganancia		
CaHPO ₄ (PO,20%)	141	111	169	1.53	24.3	30
CaHPO ₄ (PO,25%)	166	135	210	1.56	27.3	10
CaHPO ₄ (PO,30%)	162	130	198	1.52	29.0	5
CaHPO ₄ (PO,35%)	147	115	201	1.74	33.6	5
Fosfato Defluor No. 1 (0.25)	167	136	195	1.43	25.6	15
Fosfato Defluor No. 1 (0.35)	175	141	240	1.70	31.8	30
Fosfato Defluor No. 2 (0.25)	160	129	187	1.45	24.9	35
Fosfato Defluor No. 2 (P.035)	172	142	238	1.68	30.2	6
Harina de huesos (P 0.20)	121	91	168	1.85	23.2	33
Harina de huesos (P 0.30)	134	103	189	1.83	25.8	12
Harina de huesos (P 0.35)	156	126	210	1.67	27.7	7

≠ Promedios en 21 días.

TABLA 4. Cenizas óseas y disponibilidad del fósforo de los diferentes tratamientos.

Fuente	Tratamiento	Equivalente de CaHPO ₄	Cenizas óseas %	Disponibilidad	
				<u>1/</u>	%
CaHPO ₄	0.20	-	24.3	100	
CaHPO ₄	0.25	-	27.3	100	
CaHPO ₄	0.30	-	29.0	100	
CaHPO ₄	0.35	-	33.6	100	
F. Defluor No. 1	0.25	0.22	25.6	88.0	
F. Defluor. No. 1	0.35	0.32	31.8	91.4	
F. Defluor. No. 2	0.25	0.21	24.9	84.0	
F. Defluor. No. 2	0.35	0.295	30.2	84.3	
Harina de Huesos	0.20	0.150	21.18	75.0	
Harina de huesos	0.30	0.225	25.8	75.0	
Harina de Huesos	0.35	0.265	28.2	75.7	

1. Al CaHPO₄ se le asignó arbitrariamente una disponibilidad del 100%. Los valores para el fosfato defluorinado y la harina de huesos se obtienen por comparación con porcentajes idénticos de CaHPO₄.

de la línea recta, este factor podría atribuirse a cualquier error efectuado en la determinación de las cenizas ó en la preparación de las dietas.

A un nivel de fósforo del 0.25%, las fuentes de fosfato defluorinado fueron tan disponibles como el 0.22 y 0.21% del fósforo (respectivamente) del monofosfato de calcio; y equivalentes al 0.31 y 0.295 del CaHPO_4 (nivel de fósforo) cuando se incluyen en la dieta de tal forma que el 0.35% del fósforo pudiera ser utilizado por el pollo.

Las dietas con el fosfato defluorinado No. 1 (dietas 5 y 6) fueron más disponibles que las que contenían fosfato defluorinado No. 2 (dietas 7 y 8) (5 y 11 respectivamente).

El fosfato defluorinado No. 2 y la harina de huesos mostraron la misma disponibilidad (84 y 75% respectivamente) a todos los niveles estudiados (0.25 y 0.35 para el fosfato defluorinado y 0.20, 0.30 y 0.35 para la harina de huesos). El fosfato defluorinado No. 1 fué 88 y 93% tan disponible como el fosfato monocalcico cuando éste último se proporcionó para aportar niveles de 0.25 y 0.35% de fósforo.

Las aves alimentadas con las diferentes fuentes fosfóricas en 0.3% ó menos de este elemento, exhibieron un contenido de cenizas óseas menores del 30% lo cual debe ser considerado como raquitismo (Scott et al 1969) (el 30% de fósforo es la línea límite). Sin embargo el monofosfato de calcio (anhidro) y los fosfatos defluorinados 1 y 2 parecen ser fuentes de fósforo más aceptables que la harina de huesos para el crecimiento de aves. El monofosfato de calcio, seguido del fosfato defluorinado No. 1, fueron las mejores fuentes de fósforo.

Sería necesario estudiar más las harinas de hueso colombianas ya que un 75% de disponibilidad del fósforo para un producto inorgánico es bastante bajo e indica probablemente malos sistemas de proceso seguidos en el país. Investigaciones posteriores podrían aportar valores de utilidad para los industriales del

ramo porque podrían indicarles los mejores sistemas de procesamiento de esta materia prima tan esencial en la producción animal.

5. RESUMEN

Treinta y tres grupos de seis pollos cada uno fueron asignados a tratamientos que contenían 0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 por ciento de fósforo como monofosfato de calcio, 0.25 y 0.35% de fósforo como fosfato defluorinado ó 0.20, 0.30 y 0.35 por ciento del fósforo como harina de huesos; todas las aves recibieron las raciones a voluntad durante tres semanas al final de las cuales fueron sacrificados, las tibias removidas y sometidas a análisis de cenizas. Al nivel del 0.25% de fósforo el fosfato defluorinado (fuentes 1 y 2) fueron tan disponibles como 0.22 y 0.21 (nivel de P) del monofosfato de calcio.

Cuando el porcentaje de fósforo fué incrementado a 0.35% de la dieta con fosfatos defluorinados, fué tan disponible como 0.32 y 0.295 del fosfato monocalcico respectivamente. El fósforo de la harina de huesos fué tan disponible como el 75% del proveniente del CaHPO_4 . Las fuentes estudiadas parecen ser fuentes aceptables de fósforo para el crecimiento del ave pero el fosfato monocalcico, seguido de los fosfatos defluorinados 1 y 2 son significativamente superiores a la harina de huesos. Se recomienda estudiar las diferentes fuentes de harinas de huesos procesadas en el país para una utilización más racional de ellas en avicultura.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ABRAMS, J. T. 1964. Nutrición Animal y Dietética Veterinaria. Trad. 4a. Ed. Inglesa. Editorial Acribia, España. 988 p; 191-198.
2. BARUA, J. N. et al . 1960. Phosphorus availability from de ash of unidentified factor sources. Poultry Sci. 39: 840-842.
3. BERGNER, H. 1970. Elementos de nutrición animal. Editorial Acribia, España 163 p; 62.
- CHAVEZ, R. 1974. El problema actual con el fósforo. In: Progresos en Nutrición, Suplemento Dawe's, México. No. 277.
5. DAMRON, B. and H. HARMS. 1970. Comparison of the relative performance of eight phosphate sources. Poultry Sci. 49: 15141-1545.
6. DILWORTH, B. and E. DAY. 1964. Phosphorus availability studies with feed Grade phosphates. Poultry Sci. 43:1039-1044.
7. GULLIS, M.; L. NORRIS and F. HEUSER. 1954. Studies on the biological value of inorganic phosphates. Jour. of Nutr. 52: 115-125.
8. NELSON, T. and T. PEELER. 1961. The availability of phosphorus from single and combined phosphates to chicks. Poultry Sci. 40: 1321-1328.
9. NORRIS, L. y M. L. SCOTT. 1964. Proteínas, grasas y minerales en la alimentación de las aves. In: Enfermedades de las aves. UTEHA México. 1113p: 109-111.
10. ROJAS, S. 1971. Conferencias de Nutrición Animal. Programa Nacional de Fisiología Animal y Bioquímica. ICA. Bogotá, Colombia. 286 p: 93-96. (Mimeografiado).

11. SCOTT, N.; N. NESHEIN and R. YOUNG. 1971. Nutrition of the chicken. Second printing, published by M. L. Scott Associates. New York. p. 436-436.
12. WALDROUP, P.; C. AMMERMAN and R. HARRIS. 1965. A comparison of phosphorus assay Techniques with chicks. Poultry Sci. 44: 1086-1089.