

DISPONIBILIDAD PARA EL POLLITO DEL FOSFORO DE ROCAS FOSFÓRICAS PRODUCIDAS EN MÉXICO

Q.F.B., M.S. IRMA T. DE HERNÁNDEZ.¹
M.V.Z., M.S. HÉCTOR MERINO DE ZÚÑIGA¹

Resumen

Se determinó la disponibilidad para el pollito del fósforo de rocas fosfóricas, procedentes de diferentes zonas del país.

Se utilizaron pollos Vantress de una semana de edad, los cuales fueron distribuidos al azar en grupos de 4 pollos por jaula. Los parámetros estimados en 4 experimentos fueron: Peso, eficiencia de conversión y porcentaje de cenizas de tibia. Todos los experimentos tuvieron una duración de 4 semanas.

Se determinó en dos experimentos, la disponibilidad de fósforo de 6 rocas fosfóricas con diferente contenido en calcio, fósforo y diferente relación Ca/P, utilizando una dieta, a base de maíz-soya y fosfato de potasio como testigo. Las rocas estudiadas fueron adquiridas directamente en las minas y de compañías distribuidoras.

Los resultados obtenidos indicaron que, cuando la relación Ca/P de las rocas fosfóricas estudiadas es superior a 1.04, su disponibilidad es más alta que la de los fosfatos mono y dibásico de potasio usados como testigo.

La influencia que tiene la relación Ca/P de la ración y el nivel de fósforo inorgánico sobre la disponibilidad del fósforo de rocas fosfóricas del país fue estudiado en 2 experimentos posteriores. Los resultados obtenidos indican que existe un efecto ($P < 0.05$) con tendencia cuadrática entre el peso de los pollos a la 4a. semana y la relación Ca/p, encontrándose, además, que la relación Ca/P óptima, bajo las condiciones del experimento fue de 1.4.

La disponibilidad del fósforo de rocas fosfóricas de México puede considerarse buena, comparada con fosfatos de potasio.

Se da el nombre de roca fosfórica o fosforita a un mineral completamente distribuido en el mundo, compuesto principalmente de fosfato de calcio y cuya composición química varía desde fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ hasta hidroxiapatita $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \cdot \text{OH})$.

Para 1953, las reservas mundiales de fosfatos se estimaron en 41,000 millones de toneladas provenientes el 74% de depósitos sedimentarios marinos (Mc Kelvey, 1967).

En México los depósitos de fosforita calcárea en una área de aproximadamente 26,000 km^2 comprendida entre las porciones norte de Zacatecas, sur de Coahuila y oriente de San Luis Potosí y Nuevo León, fueron estimados en 77 millones de toneladas con un contenido promedio de 18% de P_2O_5 (Rogers *et al.*, 1961). Existen depósitos de fosfatos en los Estados de Durango, Baja California y Yucatán, cuya riqueza aún no ha sido determinada.

De los compuestos de fósforo usados para alimentación de animales, son sin lugar a dudas los fosfatos de calcio los que ofrecen mayores ventajas, ya que proporcionan calcio y fósforo, elementos esenciales para la vida. Entre las fuentes naturales de fosfatos de calcio, la harina de hueso y la roca fosfórica (R.F.) son los empleados con mayor frecuencia. La primera, obtenida por molienda de huesos de animales, tiene un alto grado de disponibilidad, pero su producción es pequeña y debido a la naturaleza del producto y a los métodos de obtención, frecuentemente se contamina con bacterias patógenas (Lara, 1965). La R. F., de precio inferior a la harina de hueso, es la preferida por el fabricante de alimentos en los países donde se encuentran depósitos de este mineral.

La R.F., sin embargo, presenta ciertos inconvenientes, como son los de presentar gran variabilidad en el contenido de calcio y fósforo; Tejada y Merino (1971) encontraron en 312 muestras de R.F. del país, contenidos en calcio que fluctuaban entre 1.0 y 34.0% y de fósforo entre 2.8% y 18.7%.

Recibido para su publicación el 7 de agosto de 1973.

¹ Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, I.N.I.P., S.A.G. Km 15½ Carretera México-Toluca, Palo Alto, D. F.

La presencia de niveles elevados de otros elementos como son manganeso, aluminio y flúor, le dan también características indeseables, ya que algunas de las sales de estos elementos son tóxicas.

Kick, Bethke y Record (1933) encontraron que niveles de flúor proveniente de R.F. y de fluoruro de sodio, superiores a 0.07% de la ración, afectan ya el crecimiento y el consumo de alimento en pollos. El N.R.C. (1971), establece como niveles tóxicos de 500 a 1,000 p.p.m. de NaF para pollos. Tejada y Merino (1971), en el trabajo citado antes, encontraron niveles de flúor que fluctuaban entre 0.14 y 1.27% en R.F. del país; estos niveles no parecen ser peligrosos para provocar intoxicaciones agudas, aunque no debe descartarse el peligro de intoxicaciones por acumulación del elemento, dado que en México no se sigue ningún procedimiento para defluorinar la R.F.

Niveles elevados de manganeso superiores a 0.02% limitan su empleo en raciones balanceadas, debido a que aceleran ciertos procesos de enranciamiento de los ingredientes contenidos de ellos (Brambila S., comunicación personal, 1970).

La disponibilidad del fósforo de fuentes de este mineral va a depender de varios factores como son la solubilidad en condiciones fisiológicas, el contenido de calcio en la ración, la presencia de Co-factores de absorción en la dieta como son la vitamina D en niveles adecuados, Harrison y Harrison (1961). Motzok, Arthur y Branion (1956) mencionan la presencia de factores no identificados como causa de la baja disponibilidad de algunas fosforitas.

Los compuestos que formen el calcio y fósforo en la R.F. van a influir en la disponibilidad de estos elementos, ya que algunas de sus sales son insolubles o casi insolubles en condiciones fisiológicas; por ejemplo los pirofosfatos y metafosfatos de calcio son poco solubles en soluciones diluidas de ácido clorhídrico, lo cual dificulta su absorción en el estómago e intestino. Gilis, Norris y Heuser (1954) determinaron que la disponibilidad de alfa y gamma pirofosfatos de calcio y de beta y gamma metafosfatos de calcio para el pollito, era de 0%.

La relación Ca/P en la ración va a influir también en la disponibilidad del fósforo de

la R.F., debido a ciertos mecanismos de interrelación entre estos elementos, Woldroup, Ammerman y Harms (1965) encontraron que para determinar la máxima utilización del fósforo de algunos fosfatos de calcio era recomendable el uso de diferentes relaciones Ca/P, a diferentes niveles de fósforo en la ración. La disponibilidad del fósforo de fuentes de este mineral ha sido medida utilizando pruebas *in vitro* e *in vivo*; entre las primeras están la solubilidad en soluciones ácidas; Bird *et al.* (1945), midiendo la solubilidad de compuestos fosforados en ácido clorhídrico 0.25% encontraron una correlación entre ésta y la disponibilidad biológica en pollos, con excepción hecha del pirofosfato de calcio, cuya solubilidad era de 19.2% y, la disponibilidad nula.

La disponibilidad biológica del fósforo ha sido medida comparando el peso, la eficiencia de conversión alimenticia y las cenizas de tibias y pico de pollos alimentados con el suplemento estudiado con un fosfato de referencia. Entre los fosfatos de referencia más empleados están el fosfato di y tricálcico y fosfatos de sodio y potasio.

En México se han venido usando la R.F. desde hace años como suplemento mineral para alimentación de animales; sin embargo, poco se sabe de la disponibilidad del fósforo contenido en ellas. El trabajo que aquí se describe tuvo como objetivo determinar la disponibilidad del fósforo de la R.F. del país con diferente contenido de calcio y fósforo y diferente relación Ca/P, y estudiar la interacción existente entre el nivel de fósforo y la relación Ca/P en la ración, utilizando al pollito como animal de experimentación.

Material y métodos

En todos los experimentos se utilizaron pollitos Vantress de un día de edad.¹ Las aves fueron distribuidas al azar en grupos de 4 pollitos por jaula, los cuales fueron alojados en una batería provista de calefacción eléctrica con regulación termostática. Agua y alimento se proporcionaron a voluntad.

Se condujeron 4 experimentos, cada uno con una duración de 4 semanas. Se usaron 12 pollitos con 3 repeticiones por tratamiento.

¹ Obsequio de Western Hatcheries, S. A.

Se pesaron los pollitos por grupo, al iniciar el experimento y cada semana hasta la 4a. en que se midió individualmente. Se llevó registro semanal de consumo de alimento por grupo. Se emplearon los métodos de la A.O. A. C. (1965) para el análisis de los ingredientes y de las raciones.

Al final de la 4a. semana se sacrificaron 6 aves por tratamiento, se les extrajo la tibia izquierda y se les determinó las cenizas en base seca desengrasada (A.O.A.C., 1965).

Los parámetros estimados fueron peso de los pollos a la 4a. semana, eficiencia de conversión y por ciento de cenizas de huesos de tibia.

Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de varianza utilizando el método de cuadrados mínimos (Alder y Roessler, 1964).

Resultados

Experimentos 1 y 2

Los experimentos 1 y 2 consistieron en alimentar pollitos con raciones a base de maíz-

soya con un contenido de proteína de 24% y 3060 kcal/kg de energía metabolizable. El calcio y fósforo fueron proporcionados por rocas fosfóricas de diferentes orígenes, diferente contenido en calcio y fósforo y diferente relación Ca/P.

En el Cuadro 1 se indica la composición química de las rocas estudiadas. Las rocas estudiadas fueron obtenidas comercialmente y una de ellas directamente en la mina.

La composición de las raciones experimentales utilizadas en el experimento 1 se describe en el Cuadro 2. En la ración testigo, el fósforo y el calcio fueron proporcionados por fosfato dibásico de potasio y carbonato de calcio. Las raciones fueron similares en contenido de proteína y tuvieron los mismos niveles de calcio y fósforo. Las R.F. proporcionaron 0.6% de fósforo inorgánico. La relación Ca total/P total fue de 1.2.

Los resultados se indican en el Cuadro 3. En el peso de los pollos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

CUADRO 1

Composición química de las rocas fosfóricas estudiadas
Experimentos 1 y 2

Procedencia y fuente de adquisición		Ca %	P %	Ca: P
EXP. 1	Roca No. 1. Nuevo León y Zacatecas comercial	6.0	12.3	0.48
	Roca No. 2, San Luis Potosí, comercial	21.0	10.0	2.1
	Roca No. 3, Nuevo León en la mina	28.7	12.7	2.24
	Roca No. 4, Nuevo León y Zacatecas comercial	10.4	10.0	1.04
EXP. 2	Roca No. 5, San Luis Potosí, en la mina	12.9	7.2	1.79
	Roca No. 6, San Luis Potosí, comercial	31.6	14.0	2.25

CUADRO 2
Composición de las dietas experimentales
Experimento 1

Ingredientes	TRATAMIENTO			
	1 Testigo	2	3	4
Maíz amarillo	46.0	45.5	46.7	47.7
K ₂ HPO ₄	3.5	0.9	0.9	0.9
C _a CO ₂	2.7	2.1	0.1	0.1
Roca fosfórica	----	3.7 ¹	4.5 ²	3.5 ³
Porción constante ⁴	45.8	45.8	45.8	45.8
Mezcla vitaminas ⁵	2.0	2.0	2.0	2.0
% Ca total (det.)	1.20	1.20	1.20	1.20
% P inorgánico (cale.) ⁶	0.72	0.70	0.72	0.72
Ca total/P total	1.2:1	1.2:1	1.2:1	1.2:1

1 Roca No. 1, Calcio 6.0%, fósforo 12.3%, Ca/P=0.48.

2 Roca No. 2, Calcio 21.0%, fósforo 10.0%, Ca/P=2.1.

3 Roca No. 3, Calcio 28.7%, fósforo 12.7%, Ca/P=2.24.

4 Porción constante en la dieta en % — pasta de soya 39.0%, aceite de maíz 6.0, cloruro de sodio yodado 0.5, DL-metionina 4.25, MnSA₄·2H₂O 0.03, ZnCO₃, 0.02. Contenido de calcio y fósforo totales 0.104% y 0.4%, respectivamente.

5 Mezcla vitaminas por kg de ración. Vitamina A, 13,000 UI; Vitamina D₃, 2666 UI; Menadiona, 4 mg; clorhidrato de Tiamina, 13.3 mg; Riboflavina, 13.3 mg; Tocoferol, 13.3 UI; clorhidrato de Piridoxina, 26.6 mg; Pantotenato de calcio, 266 mg; Vitamina B12, 255 mcg; Niacina, 107 mg; Cloruro de Colina, 133 mg; Ethoxiquin, 266 mg; Bacitracina zinc, 133 mg.

6 Calculado por determinación del P total de la ración — el P proveniente de los ingredientes vegetales considerado como 30% inorgánico.

CUADRO 3
Peso a la cuarta semana, conversión y porciento de cenizas en huesos de pollos
alimentados con rocas fosfóricas de diferente origen y composición
Experimento 1

	TRATAMIENTOS			
	1 testigo	2	3	4
Peso pollos cuarta semana (g)	503.78 ^{a1}	517.23 ^b	566.12 ^{bc}	567.23 ^{bc}
Peso pollos cuarta semana (g)	503 ^{a1}	517 ^b	566 ^{bc}	567 ^{bc}
Eficiencia de conversión	1.66 ^d	1.69 ^d	1.69 ^d	1.70 ^d
% cenizas de hueso	44.87 ^e	45.53 ^e	45.40 ^e	45.30
% cenizas de hueso	44.87 ^e	45.53 ^e	45.40	45.30 ^e
Disponibilidad comparativa de P ²	100.0	101.4	101.1	100.9

¹ Cantidades con diferente letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

² Según el método sugerido por Baruah et al. (1960).

En eficiencia de conversión y porciento de cenizas de huesos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

La disponibilidad comparada del fósforo de la R.F. fue superior al del fosfato dipotásico (K_2HPO_4) utilizando el método sugerido por Baruah (1960) en el cual el porcentaje de cenizas de tibias obtenido con el fosfato estudiado es dividido por el porcentaje de cenizas de tibias del fosfato estándar.

El experimento 2 fue similar al primero, excepto que como fuente de fósforo en la dieta testigo y como complemento para ajustar niveles en las raciones experimentales se usó fosfato monopotásico. El Cuadro 4 señala la composición de las dietas experimentales. Como en el ler. experimento, las raciones fueron similares en proteína y tuvieron los mismos niveles de calcio y fósforo. Las R.F. estudiadas fueron los números 4, 5 y 6 (ver cuadro 1), las cuales proporcionaron 0.6% de

fósforo inorgánico. La relación Ca total/P total fue de 1.0.

Los resultados obtenidos están descritos en el Cuadro 5. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso de los pollos, eficiencia de conversión y porciento de cenizas de huesos entre tratamientos.

Sin embargo, la disponibilidad del fósforo de las R.F. comparada con el estándar fosfato monopotásico (KH_2PO_4) fue superior nuevamente.

Experimentos 3 y 4

En los experimentos 3 y 4 se estudió la interacción existente entre el nivel de fósforo y la relación Ca/P en la dieta.

Se probaron dietas a base de maíz-soya con un contenido de 22.5% de proteína y 3,100 kcal/kg de energía metabolizable.

CUADRO 4
Composición de las dietas experimentales
Experimento 2

Ingredientes	TRATAMIENTO			
	1 testigo	2	3	4
Maíz amarillo	46.1	44.7	43.7	47.4
KH_2PO_4	2.6	1.1	0.4	0.8
$CaCO_3$	2.5	1.1	0.1	—
Roca fosfórica	—	5.0 ²	7.0 ³	3.0 ⁴
Porción constante	48.8	48.8	48.8	48.8
Ca total (det.)	1.05	1.00	1.04	1.05
P inorgánico Cale. ¹	0.70	0.71	0.71	0.72
	1:1	1:1	1:1	1:1

1 Porción constante en la dieta en %: Pasta de soya 40.00, aceite de maíz 6.00, NaCl iodado 0.5; DL-metionina 0.25, $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ 0.03, $ZnCO_3$ 0.04, Mezcla vitamínica, 2.00 (la misma experimento 1). Contenido de calcio y fósforo totales 0.104% y 0.4%, respectivamente.

2 Roca No. 4: Calcio 10.4%, fósforo 10.0%, Ca/P 1.04.

3 Roca No. 5: Calcio 12.9%, fósforo 7.2%, Ca/P 1.19.

4 Roca No. 6: Calcio 31.6%, fósforo 14.0%, Ca/P 2.25.

5 Calculado por determinación del P total de la ración —el P proveniente de los ingredientes vegetales considerado como 30% inorgánico.

CUADRO 5

Peso a la cuarta semana, conversión y porciento de cenizas de pollos alimentados con rocas fosfóricas de diferente origen y composición

Experimento 2

	T R A T A M I E N T O			
	1 Testigo	2	3	4
Peso pollos cuarta semana (g)	544 ^a	547 ^a	570 ^a	568 ^a
Eficiencia de conversión	1.98 ^b	1.95 ^b	1.89 ^b	1.77 ^b
Porciento cenizas de huesos	45.5 ^c	46.9 ^c	49.0 ^c	48.3 ^c
Disponibilidad comparativa de P ¹	100.0 ²	103.0	107.6	106.1

¹ No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

² Según el método sugerido por Baruah et al. (1960).

Con un diseño aleatorio se probaron 3 relaciones Ca/P 1.2, 1.4 y 1.6 y dos niveles de fósforo suplementario 0.3 y 0.5 proporcionados por las R.F. El Cuadro 6 describe el esquema de tratamientos estudiados.

En el Cuadro 7 se indica la composición de las raciones experimentales, el calcio adicional fue proporcionado por CaCO₃, todas las raciones fueron equicalóricas y equiproteicas,

los dos niveles de fósforo suplementario fueron proporcionados por la R.F., la cantidad de calcio varió de acuerdo a los niveles previstos.

Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 8, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el peso de las aves a la 4a. semana. La descomposición de los grados de libertad

CUADRO 6

Esquema de tratamientos

Experimento 3

% fósforo suplementario ¹	0.5	T2	T4	T6
		*	*	*
	0.5	*	*	*
		T1	T3	T5
		1.2	1.4	1.6
		Relación Ca/p		

¹ Proporcionado por la roca fosfórica.

CUADRO 7

Composición de las raciones

Experimento 3

Ingredientes	TRATAMIENTOS					
	1	2	3	4	5	6
Maíz amarillo	47.25	46.20	46.85	46.00	46.45	45.30
Roca fosfórica ¹	2.35	3.60	2.35	3.60	2.35	3.60
KH ₂ PO ₄	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
CaCO ₃	0.20	-----	0.60	0.20	1.00	0.90
Porción constante ²	48.80	48.80	48.80	48.80	48.80	48.80
% Ca total (det.)	0.87	1.05	1.00	1.23	1.20	1.50
% P inorgánico (calc.) ³	0.71	0.87	0.72	0.88	0.75	0.88
Ca total/P total		12:1		14:1		16:1

¹ Roca fosfórica — Calcio 28.7%, fósforo 12.8%.

² Porción constante en % = Pasta de soya 40.00, aceite de maíz 6.00, NaCl iodado 0.5 ; DL-Metionina 0.25; Mn SO₄2H₂O 0.03; ZnCO₃ 0.02; mezcla vitamínica (la misma experimento 1) 2.00. Contenido de calcio y fósforo totales 0.10% y 0.40%, respectivamente.

³ Calculado por determinación del P total de la ración — el P proveniente de los ingredientes vegetales, considerado como 30% inorgánico.

CUADRO 8

Peso a la cuarta semana, conversión y porciento de cenizas en huesos de pollos alimentados con rocas fosfóricas a diferentes niveles

Experimento 3

Ingredientes	TRATAMIENTOS ¹					
	1	2	3	4	5	6
Ca:P	1:1.2	1:1.2	1:1.4	1:1.4	1:1.6	1:1.6
% P suplementario	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5
Peso pollos cuarta semana (g)	610 ^a	563 ^a	613 ^a	611 ^a	623 ^a	638 ^a
Eficiencia de conversión	1.68 ^b	1.89 ^b	1.68 ^b	1.72 ^b	1.76 ^b	1.76 ^b
Porciento cenizas de hueso	46.5 ^c	45.7 ^c	47.6 ^c	46.9 ^c	46.1 ^c	48.8 ^c

¹ No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (P < 0.05).

de tratamientos no indicó efecto de la relación Ca/P, de fósforo, ni efecto debido a la interacción Ca/P X fósforo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la eficiencia de conversión ni en el porcentaje de cenizas en huesos.

Los lineamientos generales del experimento 4 fueron iguales a los del experimento 3 excepto que el contenido de fósforo total de la dieta fue inferior al del tratamiento 3, con objeto de acentuar diferencias entre tratamientos. El diseño experimental fue igual al del tratamiento 3. El Cuadro 9 describe la composición de las dietas experimentales. Las dietas a base de maíz-soya tenían un contenido de proteína de 23.0% y 3,170 kcal/kg de energía metabolizable. Como en el Ser. experimento, el calcio adicional fue proporcionado con CaCO₃, todas las raciones fueron equipro-

teicas y los dos niveles de fósforo fueron proporcionados por la R.F.

Los resultados obtenidos son resumidos en el Cuadro 10. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P < 0.01) entre tratamientos y estas diferencias son debidas básicamente a relación Ca/P, existiendo una clara tendencia cuadrática (P < 0.05) entre el peso de los pollos a la 4a. semana y la relación Ca/P; una relación Ca/P mayor de 1.4 tiende a reducir ganancias de peso. Los tratamientos 3 y 4 con una relación Ca/P de 1.1:1 mostraron los pesos de pollos más altos, lo que está de acuerdo a lo sugerido por el N.R.C. (1971). No se encontró efecto debido a fósforo ni a la interacción Ca/P X P. En eficiencia de conversión no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El análisis de el por ciento de cenizas de huesos reveló diferencias entre tra-

Cuadro 9

Composición química de las raciones experimentales

Experimento 4

Ingredientes	T R A T A M I E N T O S					
	1	2	3	4	5	6
Maíz amarillo	46.8	46.8	46.5	45.5	46.2	45.2
Roca fosfórica ¹	2.4	2.9	2.4	3.7	2.4	3.7
KH ₂ PC ⁴	---	0.3	---	---	---	---
CaCO ₃	---	---	0.3	---	0.6	0.3
Porción constante ²	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8
% Ca total (det.)	0.84	1.08	0.98	1.26	1.12	1.44
% inorgánico (cale.) ³	0.42	0.62	0.42	0.62	0.42	0.62
Ca total/P total	1.2:1		1.4:1		1.6:1	

1 Roca fosfórica, Calcio — 29.1%, Fósforo 12.6%.

2 Porción constante en % ; Pasta de soya 41.82 ; aceite de maíz 6.00 ; NaCl iodado 0.50 ; DL-metionina a 0.25; MnSO₄·2H₂O 0.030; ZnCO₃ 0.025; Mezcla vitamínica (la misma experimento 1) 2.00. Contenido de calcio y fósforo totales 0.10% y 0.40%, respectivamente.

3 TS1 fósforo inorgánico fue calculado por determinación del P total de la ración — el P proveniente de los ingredientes orgánicos, considerado como 30% inorgánico.

CUADRO 10

Peso a la cuarta semana, conversión y porciento de cenizas en huesos de pollos alimentados con rocas fosfóricas a diferentes niveles

Experimento 4

Ingredientes	TRAMIENTOS					
	1	2	3	4	5	6
Ca:P	1:1.2	1:1.5	1:1.4	1:1.4	1:1.6	1:1.6
% P suplementario	0.3.	0.5	0.4	0.5	0.3	0.5
Peso pollo cuarta semana (g)	563 ^b	557 ^b	624 ^a	612 ^a	601 ^a	568 ^b
Eficiencia de conversión	1.71 ^c	1.89 ^c	1.56 ^c	1.60 ^c	1.66 ^c	1.81 ^c
Porciento cenizas de huesos	46.0 ^d	46.6 ^d	44.83 ^e	46.07 ^d	46.63 ^d	47.77 ^d

¹ Cantidades con letra diferente son estadísticas diferentes (P < 0.01)

tamientos. Estas diferencias son atribuidas al tratamiento 3, el cual tuvo el menor valor observado (P < 0.05). Sin embargo, no se encontró efecto debido a relación Ca/P en estas variables.

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en los experimentos 1 y 2 sugieren que la disponibilidad del fósforo de R.F. del país en los cuales la relación Ca:P es mayor de 0.48 es ligeramente superior a la de los fosfatos mono y dipotásicos que fueron empleados como testigo, ya que en ambos experimentos los pesos de los pollos alimentados con las raciones testigo son inferiores a los que consumieron las raciones conteniendo R.F. La eficiencia de conversión aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos testigo y el de las R.F. sí mostró por lo menos en el experimento 2 cierta tendencia a mejorarse en las raciones con R.F.

El fósforo de las R.F. del tratamiento 2, en el primer experimento demostró ser menos disponible que el de las rocas de los tratamientos 3 y 4, ya que el peso de los pollos fue significativamente diferente al de los tra-

tamientos 3 y 4, probablemente debido a que el exceso de fósforo con respecto a el de calcio disponible para el pollo, Motzok, Arthur y Branion (1956a) estudiaron la composición química de una fosforita calcárea de baja disponibilidad mediante análisis cromatográficos de sus componentes y concluyeron que la baja disponibilidad puede ser atribuida a la alta proporción de fosfatos de alto peso molecular, poco solubles y por tanto menos disponibles.

La relación Ca/P en el fosfato tricálcico es de 1.93 y en la hidroxapatita de 2.15, la combinación de éstos y algunos otros compuestos en los que el calcio y fósforo están en relaciones menores da por resultado que las relaciones Ca/P generalmente aceptadas para R. F. sean de 1.88 a 2.18 (US-Canadian Tables oí Food composition, 1969). Tejada y Merino (1971), en R.F. del país encontraron relaciones Ca/P de 1.66 a 2.11.

Los diferentes procedimientos empleados para determinar la disponibilidad de calcio y fósforo y los diversos factores que intervienen en la absorción de estos minerales han permitido que existan contradicciones en los resultados obtenidos por diferentes investigadores, ya que en ciertos trabajos la relación

Ca/P se mantiene constante, Creech, Reid y Couch (1956), mientras que en otros, niveles constantes de calcio de 1 % fueron establecidos (Ammerman *et al.*, 1960). Motzok, Arthur y Branion (1956b) encuentran la relación 2:1 como óptima para el buen aprovechamiento de fuentes de fósforo; sin embargo, Waldroup Ammerman y Harms (1965) recomiendan el uso de diferentes relaciones Ca/P y diferentes niveles de suplementación de fósforo para lograr el máximo aprovechamiento del elemento.

Observando los resultados encontrados en el porcentaje de cenizas de huesos de tibia y el peso de los pollos en los cuales sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas, éstos sugieren que las necesidades de fósforo para crecimiento y para calcificación de huesos son diferentes o que el metabolismo del fósforo para estas funciones es diferente, O'Rourke *et al.* (1954) determinaron que 0.38% de fósforo era adecuado para pollitos de 0 a 3 semanas desde el punto de vista de cenizas de huesos, pero por lo menos 0.73% para promover el crecimiento.

Los resultados obtenidos en el experimento 3 no revelan que exista algún efecto debido a el nivel de fósforo o a la relación Ca/P en la dieta, quizá debido a que el nivel de fósforo inorgánico fue elevado de acuerdo al sugerido por el N.R.C. (1971); es por esto que se planeó el experimento 4, en el cual los niveles de fósforo inorgánico fueron inferiores a los probados en el experimento anterior, pero lo suficientemente elevados para cubrir los niveles sugeridos por el N.R.C. (1971) para pollos de 0-4 semanas.

El efecto que la relación Ca/P tiene sobre la disponibilidad del fósforo pudo ser observada en el experimento 4. Aunque no se detectó efecto alguno debido a el nivel de fósforo proporcionado por la R.F., sí se detectó un efecto con tendencia cuadrática de la relación Ca/P de la relación y el peso de los pollos a la 4a. semana, encontrándose que la relación Ca/P óptima bajo las condiciones del experimento fue de 1.4:1. Motzok, Arthur y Branion (1961a) utilizando una fosforita calcárea como suplemento mineral para pollos, encontraron que la relación 1.4:1 con 1% de calcio es la óptima con respecto al peso de pollos y porcentaje de cenizas de huesos. Cuando probaron relaciones Ca/P más altas, el peso y las

cenizas de los huesos decrecieron y este efecto no pudo ser evitado ni con niveles altos de vitamina D₃. Estos investigadores concluyen que la relación Ca/P es más crítica en aquellos suplementos en los que el fósforo es menos disponible.

Conclusiones

De los resultados anteriores puede concluirse que: La disponibilidad del fósforo de R.F. del país en las cuales la relación Ca/P es superior al 1.04 puede considerarse buena; sin embargo, debe tenerse en mente que la disponibilidad del fósforo de cualquier suplemento mineral puede variar con animales de raza y edad diferente.

Summary

The availability of phosphorus for the chick from rock phosphate from different areas of the country was determined.

Vantress 1 week old chicks were used for these tests and were distributed at random in groups of four chicks per cage. The parameters studied in all four experiments were: Body weight, food conversion efficiency and ash content of the tibia. All of the experiments were conducted for four weeks.

In two experiments, the availability of phosphorus from six rock phosphate of varying Ca, P content and Ca/P ratio were studied, using a diet based in corn-soy bean meal and using potassium phosphate as a control. The rocks studied were obtained either at the mine or through dealers.

The results obtained suggest that when the Ca/P ratio of the rock phosphate studied is higher than 1.04 the availability of phosphorus is higher than that of mono and di basic potassium phosphates, which were used as controls.

The influence that the Ca/P ratio of diet and the level of inorganic phosphate have on the availability of phosphorus from rock phosphate from México was studied in two experiments. The results indicate a quadratic tendency between body weight of the chicks of 4 weeks and the Ca/P ratio and showing

that the optimal Ca/P ratio, under the conditions of the experiment was 1.4.

The availability of phosphorus in Mexican rock phosphate can be considered as good, as compared to potassium phosphates.

Literatura citada

- ALDER, H. L. and E. B. ROESSELER, 1964, Introduction to Probability and statistics, *W. U. Freeman and Co.*, San Francisco.
- Association of Official Agricultural Chemists, 1965, *Official Methods of Analysis*, 9a. Edition, Washington, D. C.
- AMMERMAN, C. B., H. W. NORTON, H. M. SCOTT and A. H. NESBIT, 1960, Rapid assay of inorganic phosphates for chicks, *Poul. Sci.*, 39:245-250.
- BARUAH, J. N., R. E. DAVIS, B. L. REID and J. R. COUCH, 1960, Utilization of phosphorus from defluorinated and colloidal phosphate by chicks and laying hens, *Poul. Sci.*, 39:843-849.
- BIRD H. R., J. P. MATTINGLY, H. W. TITUS, J. C. HAMMOND, W. L. KELLOGG, T. B. CLARK, C. E. WEAKLEY JR. and A. H. VAN LANDINGHAM, 1945, Nutritive evaluation of defluorinated phosphates and other phosphorus supplements. II Defluorinated phosphates as phosphorus supplements for chicks. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 28: 118.
- CREECH, B. G., B. L. REID and J. R. COUCH, 1956, Evaluation of Dicalcium phosphate supplements as a source of phosphorus for chicks. I. Comparison of dicalcium and tricalcium phosphate as a source of phosphorus in chicks and poult ration. *Poul. Sci.*, 35:654-658.
- GILLIS, M. B., L. C. NORRIS and G. F. HEUSER, 1954. Studies on the biological value of inorganic phosphates. *J. Nutrition*. 52:115.
- HARRISON, H. E. and H. C. HARRISON, 1961, Intestinal transport of phosphate. Action of vitamin D, calcium and potassium, *Am. J. Physiol.*, 201: 1007.
- KICK, C. H., R. M. BETHKE, P. R. RECORD, 1933, Effect of fluorine in the nutrition of the chick, *Poul. Sci.*, 12:382.
- LARA DE G. A. M., 1965, III Reunión Anual, *Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias*, S.A.G. México, D. F.
- MCKELVEY, 1967, Phosphate deposits., *U. S. Geol. Survey Bull* 1252, D. P. 21.
- MOTZOK, I. D., ARTHUR and H. D. BRANION, 1956a, Utilization of phosphorus from various phosphate supplements by chicks, *Poul. Sci.*, 35: 627.
- MOTZOK I, D. ARTHUR and H. D. BRANION, 1956b, Factors effecting the Utilization of calcium and phosphorus from soft phosphate by chicks, *Poul. Sci.*, 44:1261.
- N. R. C., 1971, Nutrient Requirements of Poultry, *National Academy of Sciences*, Washington, USA
- O'ROURKE, W. F., H. R. BIRD, P. H. PHILLIPS and W. W. CRAVENS, 1954, The phosphorus requirements of chickens, *Proc.10th World's Poultry Congress*. 167-170.
- ROGERS, L. C., Z. DE CZERNA, E. TAVERA, R. VON VLATEN, J. OJEDA RIVERA, 1961, Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del Norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, *Cons. Mex. de Rec. Nat. no Ren.*, Bol. No. 56:1-322.
- Tables of Feed Composition. United States — Canadian, 1969, *National Academy of Sciences*, Publication 1934, Washington, D. C.
- TEJADA DE H. L, H. MERINO, 1971, Composición química de rocas fosfóricas de México y su utilización como fuentes de minerales en nutrición animal, *Téc. Pec. en Méx.*, No. 15-16:21.
- WALDROUP, P. W., C. B. AMMERMAN and R. H. HARMS, 1965, A comparison of phosphorus Assay Techniques with chickens, *Poul. Sci.* 44:1086.