



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

157
U N A M
24
1990

**CORRELACION ENTRE EL CONTENIDO DE
CENIZAS DE TIBIA Y FALANGE PARA
DETERMINAR LA BIODISPONIBILIDAD
DEL FOSFORO DE ROCA FOSFORICA
EN POLLO DE ENGORDA**

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del Título de
Médico Veterinario y Zootecnista
por
Montes Castillo Oscar Axel



Asesores: López Coello Carlos
Avila González Ernesto
Villaseñor Michel José

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



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

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	15
RESULTADOS Y DISCUSION	20
CONCLUSIONES	27
LITERATURA CITADA.	28
CRÉDITOS.	32
GRÁFICAS	38

RESUMEN

MONTES CASTILLO OSCAR AXEL. Correlación entre el contenido de cenizas de tibia y falange para determinar la biodisponibilidad del fósforo de roca fosfórica en pollo de engorda. (Bajo la dirección de: López Castillo Carlos, Avila González Ernesto y Villaseñor Michel José.)

Con objeto de investigar las biodisponibilidades del fósforo en una roca fosfórica y un ortofosfato de calcio, se utilizaron 96 pollos de engorda machos, de 1 día de edad, divididos en 6 tratamientos con 16 aves cada uno; los cuales fueron alimentados durante 21 días con las dietas experimentales. Las dietas consistieron en la suplementación a una dieta basal sorgo-soya deficiente en fósforo inorgánico con 0.1 y 0.2 % de fósforo a partir de dos productos comerciales producidos en México: ortofosfato de calcio y roca fosfórica, además, se suplementó fosfato de calcio dibásico dihidratado grado reactivo ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como fuente de fósforo en 0.1, 0.15 y 0.2 % para utilizarlo como producto estándar de referencia y obtener las biodisponibilidades de las dos fuentes comerciales de fósforo. Estas biodisponibilidades se obtuvieron en base a los datos de porcentaje de cenizas de tibia y porcentaje de cenizas en falange. La biodisponibilidades del fósforo para el pollo en crecimiento en base a cenizas en tibias y cenizas en falange, fueron, para

el ortofosfato de 91.7 y 90.3 % respectivamente, y para la roca fosfórica de 84.8 % y 85.6 %, indicando esta información una menor biodisponibilidad de fósforo para la roca fosfórica, en relación al fosfato comercial o al estándar. Se encontró una alta correlación ($r=0.8127$) entre el contenido de cenizas en libia y en falanga, lo que permite utilizar a este último como una variable más sencilla y práctica para estimar la biodisponibilidad en fuentes de fósforo para aves.

I N T R O D U C C I O N

Año tras año, la demanda de proteínas de origen animal se incrementa paralelamente con el crecimiento demográfico. Los productores avícolas a la vez, son afectados por un mercado inflacionario de materias primas y un control de precios directo e indirecto de su producto terminado.

Debido a ello, es importante para los productores, alcanzar un excelente nivel de eficiencia productiva, de tal modo que logren mantenerse firmes dentro del competitivo mercado nacional e internacional.

Un punto importante que se debe buscar para incrementar esta eficiencia sin que se afecte el crecimiento o la producción, es la minimización de los costos del alimento balanceado mediante el uso eficaz de los ingredientes. La maximización de los ingredientes se alcanza conociendo la calidad de los mismos, de tal modo que se puedan utilizar de acuerdo a las características propias y precisas de cada elemento.

Uno de estos elementos, del cual, es de importancia relevante conocer su calidad, es la fuente de suplementación de fósforo. No tan sólo por el hecho de ser el tercer nutriente más caro después de la energía y la proteína (SCSA), sino por el papel tan importante que desempeña dentro de un

gran número de reacciones metabólicas, entre las que se pueden considerar las siguientes de acuerdo a Antillón y López (3):

- a) Juega un papel central en la estructura del citoplasma y núcleo de las células.
- b) Es un componente importante de los tejidos base y nervioso.
- c) Participa en diversas reacciones del organismo, como la fosforilación durante el metabolismo intermediario de los carbohidratos, grasas y proteínas.
- d) Interviene en el transporte de lípidos, ácidos grasos, ácidos nucleicos, enzimas, etc.
- e) Forma parte de compuestos de energía concentrada (ATP).
- f) Es un componente de los ácidos nucleicos necesarios en la transmisión genética y metabolismo celular.
- g) Es un elemento importante en el soporte estructural del organismo.
- h) Tiene una función especial en la conversión del caroteno en vitamina A.

Por ello, la reducción de fósforo disponible en el alimento, puede resultar en un factor limitante a nivel metabólico, aun cuando no llegare a ser lo suficientemente drástica esta deficiencia para afectar la osteificación y hacerse evidentes los síntomas clásicos de raquitismo; pero sí, para producir problemas óseos por la reducción del cre-

cimiento o de la eficiencia en la producción de carne y huevo (2).

La suplementación de fósforo inorgánico, es crítica en alimentos para aves por la aportación del fósforo que pudiera hacerse a partir de los granos y pastos oleaginosos de la dieta, ya que está limitada en las aves por su baja disponibilidad. Esto se debe a que, aproximadamente el 70% del fósforo contenido en estos alimentos no es disponible; pues se encuentra ligado principalmente al ácido fítico y como los monogástricos carecen de la enzima fitasa, la cual libera al fósforo y lo hace disponible al animal, se considera que la disponibilidad del fósforo total a partir de fuentes vegetales es cercana al 30%. Esta cantidad aportada es insuficiente para satisfacer los requerimientos de fósforo en el pollo de engorda (11,19).

El fósforo también puede suplementarse a partir de ingredientes de subproductos animales como: la harina de pescado, harina de carne y harina de hueso. Este fósforo, se considera que es totalmente disponible al animal, haciendo a todos ingredientes valiosos, tanto como fuentes minerales y proteicas. Estas fuentes orgánicas de fósforo, están limitadas principalmente por la cantidad que pueda adicionarse a la dieta, por la disponibilidad comercial del insumo y por su precio (10,32).

Es por ello que, el nutriólogo utiliza fuentes minerales

concentradas en fosforo tales como rocas fosfóricas y ortofosfatos de calcio, dado que necesita suplementar a los granos y pastas de la dieta con cerca del 30 al 40 % del total de fosforo disponible requerido; por lo que si no se consideran los valores reales de biodisponibilidad, se puedan generar deficiencias marginales. Esta situación es delicada, ya que frecuentemente se les da un valor de fosforo disponible similar al obtenido con el analisis del fosforo total, tanto a la roca, como al ortofosfato sin tomar en cuenta su biodisponibilidad (19,32).

La disponibilidad del fosforo de estas fuentes inorgánicas, va a depender de varios factores como son; su solubilidad en condiciones fisiológicas, el contenido de calcio en la ración, la presencia de vitamina D a niveles adecuados, su contenido de fluor u otros minerales tóxicos, el nivel de energía en la dieta, la edad del ave y el criterio en la interpretación de resultados, los cuales se discuten a continuación.

Solubilidad.

Los compuestos que forman el calcio y fosforo de las fuentes minerales (principalmente en roca fosfórica), van a influir en la disponibilidad de estos elementos; pues algunos de sus sales son insolubles o casi insolubles en condiciones fisiológicas.

Según Tejada (31), los pirofosfatos y acetilfosfatos son

pero solubles en soluciones diluidas de ácido clorhídrico, lo cual dificulta su digestión y absorción en el estómago e intestinal. Lo anterior, puede explicar la mala disponibilidad de estos compuestos informado previamente por Gillis, Morris y Heuser (13) y Metzok (20) en pelle de cerdo. También se ha mencionado la posible presencia de fosfatos de alto peso molecular como causa de la baja disponibilidad de algunas fosforitas (20).

Contenido de calcio en la dieta.

La relación Ca:P en la ración, va a influir en la disponibilidad del fósforo, debido a ciertos mecanismos de interrelación entre estos elementos (31). Relaciones altas de Ca:P, disminuyen significativamente la ganancia de peso y el porcentaje de cenizas en hueso (11,21,30,33). Waldroup y cols. (36) encontraron que para determinar la máxima utilización del fósforo de algunas fuentes, era recomendable el uso de diferentes relaciones Ca:P y usar estas fuentes a diferentes niveles de fósforo en la ración. Según Metzok (21) la relación Ca:P es más crítica en aquellos suplementos en los que el fósforo es menos disponible.

Presencia de vitamina D.

Cuando se incrementa el contenido de vitamina D en la dieta, es posible mejorar la utilización de fósforo a partir de fosfatos de baja disponibilidad y aun incrementar la utilización de fósforo físico (11,21,34). Nelson en 1947

(24), en su trabajo concluye que un exceso de calcio en el tracto intestinal, fija al fósforo fítico y al fósforo de otras fuentes inorgánicas, formando fitatos de calcio y compuestos no utilizables por el ave, los cuales son excretados a través de las heces. Con la vitamina D, se mejora la absorción de calcio, y con ella, menos cantidad de este elemento permanece en el intestino, permitiendo así mayor disponibilidad de fósforo.

Contenido de minerales tóxicos.

La presencia de niveles elevados de otros elementos como el flúor, le dan también características indeseables a la fuente inorgánica de fósforo y principalmente a las rocas fosfóricas (31).

Tajada y Herine (30), encontraron niveles de flúor que fluctuaban entre 0.14 y 1.27% en rocas fosfóricas mexicanas. Eck y cols. (17), informaron que niveles de flúor provenientes de rocas fosfóricas y fluoruro de sodio superiores a 0.07% de la ración, afectan el crecimiento y el consumo de alimento en pollos. Fritz y cols. (11), adicionaron 0.12% de fluoruro de sodio a una dieta en donde el fósforo se suplementó a partir de fosfato monosódico, sin encontrar decremento en el peso corporal ni en el porcentaje de cenizas de tibia. El N.R.C. (22), establece como niveles tóxicos de 300 a 1000 p.p.m. de flúor a partir de fluoruro de sodio para pollos de cordería.

Otros contaminantes de las fuentes de fósforo que pue-

den llegar a inhibir el crecimiento, son las sales de aluminio (29), el vanadio (8) y el manganeso (31).

Nivel de energía.

Un estudio de Waldroup y cols. (26), confirma la interacción energía-fósforo en pollos de 0 a 4 semanas de edad. Con cada parámetro evaluado (ganancia de peso, conversión alimenticia y porcentaje de cenizas totales) el requerimiento de fósforo aumentó con cada incremento en el contenido calórico del alimento.

Edad del ave.

Los requerimientos de fósforo disminuyen conforme aumenta la edad de las aves. Además, se ha mencionado la diferencia en la respuesta entre líneas y/o estirpes de aves, a niveles subóptimos de fósforo suplementado con fuentes inorgánicas, la disponibilidad de fósforo fitico en gallinas Leghorn Blancas resulta ser mayor que en pollos de engorda, aun a niveles altos de calcio (17).

La habilidad de utilizar el fósforo vegetal, en términos generales es del 30% para pollos jóvenes y del 50% para aves mayores como las gallinas ponedoras (18).

Criterios utilizados para evaluar la biodisponibilidad.

Se ha encontrado en los ensayos de biodisponibilidad sobre diferentes fuentes de fósforo, que el procedimiento utilizado puede influir en la biodisponibilidad significati-

vamente y por ende en su valor biológico (3,16,35).

La disponibilidad del fósforo ha sido medida utilizando pruebas *in vitro* e *in vivo*; entre las primeras, esta la solubilidad del material en soluciones ácidas. Gillis y cols. (12,14), encontraron que la solubilidad de fosfatos en un ácido débil, no es un criterio confiable para estimar la biodisponibilidad del fósforo en animales. Según Yoshida y Hoshii (36), se tiene una alta correlación entre la biodisponibilidad del fosfato de calcio mono. di y tribásico en grado reactivo de laboratorio, y su solubilidad en solución al 0.05% de ácido cítrico; pero no es un criterio confiable para estimar en forma precisa la biodisponibilidad de fósforo en las aves.

La evaluación de la disponibilidad biológica del fósforo mediante pruebas de alimentación de aves con los fosfatos o llamadas pruebas *in vivo* ha sido utilizando el peso corporal del ave, la conversión alimenticia y el porcentaje de cenizas obtenido en tibias comparado con un fosfato de referencia.

Nelson y Walker (23), informaron que el crecimiento corporal del ave, es menos sensible que el porcentaje de cenizas en huesos como criterio para evaluar fosfatos, requiriendo 5.91 veces más observaciones que el porcentaje de cenizas para alcanzar la misma precisión si la ganancia de peso corporal se usara como criterio de biodisponibilidad.

Hotzok y cols. (20) indican que los requerimientos de fósforo para maximizar el crecimiento, son diferentes que los requerimientos para la óptima calcificación; además, que la ganancia de peso está sujeta a un mayor número de variables nutricionales que pueden afectar el grado de crecimiento del ave.

Esta forma sensible de medir la biodisponibilidad del mineral, se basa en la evaluación del grado de calcificación de los huesos a través de la determinación del porcentaje de cenizas en las tibias. A este método, la mayoría de los investigadores lo han considerado como el mejor criterio para medir la disponibilidad de fósforo (11). Su sensibilidad se debe a que la zona de proliferación en el desarrollo óseo de aves jóvenes, se ve fácilmente afectada en una deficiencia nutricional y más aún, en una deficiencia de fósforo (24).

Más recientemente, las cenizas de falange se han utilizado para determinar el valor biológico del fósforo a partir de diversas fuentes (11,27,37,38). Este método, fue primero propuesto en 1942 por Baird y Mac William (7), los cuales lo utilizaron para la determinación de vitamina D en la evaluación de aceites.

Esta forma de evaluar, presenta mayores ventajas prácticas que cuando se utilizan las tibias como fuente de cenizas, ya que es más fácil, rápido y barato, además de brindar una precisión similar para calcular el valor biológico del suplemento mineral (15).

Mientras que la falange se incinera directamente, o cuando mucho se seca e incinera, las tibias requieren de una serie de pasos más laboriosos como la extracción de la tibia, limpieza de residuos tisulares, desgrasado y secado lo que puede requerir de varias semanas en caso de un número grande de muestras antes de poder incinerarlas (15).

Fuentes de fósforo en México.

El consumo de roca fosfórica en México, tradicionalmente ha sido importante por ser una fuente de fósforo más económica que el ortofosfato de calcio. Actualmente se estima un consumo anual de 145,000 toneladas, comercializadas por cerca de 15 compañías, las cuales ofrecen calidades muy variables del producto (12).

Aunque la disponibilidad biológica del fósforo en el 14% de las rocas fosfóricas mexicanas puede considerarse buena de acuerdo a Tajada y Merino (10) y Flores y Avila (10); existe una gran variabilidad en su contenido de calcio, fósforo y flúor. Este hecho, se relaciona a la región geográfica de donde fue extraída la roca, a las medidas que se hacen de ésta para la elaboración del producto final, a que no se realiza ningún proceso para defluorinarlas y a la inconstante vigilancia de su calidad por parte de algunos productores que hace que lleguen a comercializarse como rocas fosfóricas, otros minerales de composición desconocida, que en ocasiones, aunque sean miembros del grupo fosfórico no son propiamente

fosforitas, y su composición química, por lo tanto, sea diferente (8,31).

Es por esto que, no puede generalizarse la calidad de una roca en particular para todas las demás, produciendo así, la necesidad de clasificarlas de acuerdo a su origen geográfico y/o comercial por medio de determinaciones químicas y biológicas para cada una de ellas.

El hecho de desconocer la biodisponibilidad del fósforo en las diversas fuentes inorgánicas, obliga al nutriólogo, a calcularla en forma arbitraria. Según Lilburn (18), si una compañía cuenta con un programa de control de calidad bueno, y conoce con certeza la concentración de fósforo en sus materias primas tanto como su biodisponibilidad en el ave; se podrían reducir los márgenes de seguridad en las raciones, en otras palabras, se podrían usar niveles de fósforo inferiores. Esta búsqueda de fórmulas más económicas, lleva a utilizar determinaciones biológicas más prácticas y confiables, como rutina en el control de calidad.

Algunos investigadores en México (19), han realizado estudios sobre la biodisponibilidad de rocas fosforicas, pero sin mencionar el origen geográfico o comercial de las fuentes de fósforo inorgánico probadas, además que se ha evaluado por medio del método de determinación de cenizas de tibias, existiendo ahora información sobre la correlación entre los

métodos de determinación de cenizas de tibia y determinación de cenizas de falange, de tal manera que permite establecer un criterio de confiabilidad y una estandarización de la técnica experimental para la evaluación de la biodisponibilidad de las fuentes de fósforo, y en particular de rocas fosfóricas a fin de sustituir la técnica de tibia por la técnica de falange como una determinación biológica de rutina.

El presente trabajo, fue encaminado a encontrar la correlación entre dos métodos biológicos para determinar la disponibilidad de fósforo: cantidad de cenizas de tibia y cantidad de cenizas de falange, a fin de establecer la confiabilidad de este último método tomando como referencia al primero, para posteriormente utilizarlo por su facilidad, rapidez y economía como una determinación biológica rutinaria en el control de calidad de las diversas fuentes de fósforo.

M A T E R I A L Y M E T O D O S

AVES:

Para el estudio, se emplearon 96 pollos de engorda Indian River, machos, de un día de edad y procedentes de una incubadora comercial. Fueron alojados al azar, en grupos de 12 pollitos cada uno en criadoras eléctricas en batería, con pisos de alambre y temperatura controlada por termostato.

Se vacunaron a las aves contra la infección de la Boisa de Fabricio en agua de bebida a los 5 días de edad y contra la enfermedad de Newcastle por vía ocular a los 12 días.

ALIMENTACION:

Se utilizó una dieta basal sorgo-soya deficiente en fósforo, a partir de la cual, se hicieron 8 tratamientos o dietas experimentales. Las dietas se elaboraron con diferentes fuentes de fósforo a distintos niveles. El cuadro 1 muestra el análisis de calcio y fósforo de las fuentes utilizadas para elaborar las dietas experimentales. La composición y el análisis calculado de la dieta basal, se muestra en el cuadro 2.

Las dietas resultaron ser isoproteicas e isocalóricas, conteniendo 20.51 % de proteínas y 2920.82 kcal EM y ajustada a 0.95 % de calcio, de tal forma, que se llenaron las necesidades establecidas por la N.R.C. (22).

Se realizó el análisis químico (4) previo de las diferentes fuentes de fósforo así como del estándar de referencia para poder calcular las dietas en base a su contenido de calcio y fósforo (Cuadro 1).

Para proveer los niveles de calcio y fósforo deseados, se utilizó carbonato de calcio como fuente de calcio y se adicionó caolín como inerte para mantener el contenido de nutrientes a un nivel constante (Cuadro 2).

El contenido calculado de fósforo inorgánico y total de las dietas suplementadas a partir de las diferentes fuentes, se observa en el cuadro 3.

En los tratamientos 2, 3 y 4, el fósforo se suplementó en 0.1 %, 0.15 % y 0.2 % a partir de fosfato monoclásico grado reactivo ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Estos tratamientos sirvieron como referencia.

En las dietas 5 y 6, se suplementó con ortofosfato de calcio 0.1 % y 0.2 % de fósforo respectivamente.

La roca fosfórica, se utilizó en los dos últimos tratamientos, suplementando 0.1 % y 0.2 % de fósforo en forma respectiva.

El tratamiento 1, fue la dieta basal deficiente en fósforo y con 0.0 % de suplementación de fósforo a partir de las fuentes en estudio.

El agua y el alimento se proporcionaron a las aves ad libitum desde el inicio del experimento y hasta su término al día 21 de experimentación.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio distribuido en 6 tratamientos con 12 repeticiones por tratamiento, en donde cada ave representó una repetición.

Se registraron a los 7, 14 y 21 días, los pesos individuales de las aves, el consumo de alimento global por grupo y la mortalidad, a fin de obtener la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

Todos los grupos se formaron con una media de peso corporal virtualmente idéntica al inicio del experimento.

Al finalizar el experimento, se sacrificaron todas las aves que sobrevivieron de cada tratamiento y se les retiró la tibia y la 2a falange del dedo medio izquierdas, para posteriormente determinarles el porcentaje de cenizas en base seca según el método del A.O.A.C. (4). Cada tibia, fue limpiada de los residuos tisulares. Se desgrasaron, inicialmente con metanol y posteriormente con éter durante 6 horas con cada solvente. Se deshidrataron, durante 24 horas en estufa a 100°C. Posteriormente se incineraron individualmente a 600°C durante 12 horas.

Las falanges fueron obtenidas a partir del dedo medio

izquierdo de cada ave, cortando la articulación entre la segunda y tercer falange a partir del extremo distal. Las muestras fueron deshidratadas durante 24 horas a 100°C y posteriormente incineradas a 600°C durante 6 horas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Los resultados obtenidos en ganancia de peso, contenido de cenizas de tibia, contenido de cenizas de falange y biodisponibilidades para las dos últimas variables, se sometieron a un análisis de varianzas de acuerdo a lo establecido por Snedecor y Cochran (26). La diferencia de las medias entre tratamientos, fueron comparadas con la prueba de rango múltiple de Duncan (26).

La biodisponibilidad de cada fuente de fósforo, se determinó graficando el porcentaje de cenizas de las tibias, porcentaje de cenizas de las falanges y la ganancia de peso obtenidos con el fosfato monocalcico grado reactivo (CaHPO₄ 2H₂O) para utilizarlos como curvas de referencia o estándar y comparar el crecimiento, las cenizas en tibias y cenizas en falanges de los pollos alimentados con niveles de fósforo con roca fosfórica u ortofosfato en base al logaritmo del porcentaje de fósforo incluido en la dieta, de acuerdo a lo informado por Pennock (25). En donde arbitrariamente se asigna un valor de 100 % a los datos obtenidos con el reactivo estándar.

Finalmente, se estudió la correlación entre el peso vivo, el contenido de cenizas de tibia y contenido de cenizas de falange.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 4, se observan los datos promedio obtenidos para las variables ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad obtenidos en los 21 días de experimentación.

Se puede observar un incremento en la ganancia de peso y consumo de alimento conforme aumentó el porcentaje de adición de fósforo a la dieta basal, independientemente de la fuente de fósforo empleada.

En la gráfica 1 y 2, claramente se aprecia que la ganancia de peso y el consumo de alimento incrementaron al suplementarse la dieta basal deficiente en fósforo, con el fosfato estándar, el ortofosfato comercial y la roca fosfórica.

La ganancia de peso obtenida en el tratamiento suplementado con 0.1% de fósforo a expensas de la roca fosfórica, fue estadísticamente menor a los valores obtenidos con el reactivo estándar y con el ortofosfato al mismo nivel de suplementación. Este valor mostró ser menor en un 17.6% y 17.4% respectivamente en relación a ellos.

No se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las tres diferentes fuentes de fósforo en sus valores para ganancia de peso al ser suplementado en 0.2% en las dietas.

siendo mayor 2.6% y 5.4% al promedio para el ortofosfato en relación al producto estándar y roca fosfórica, respectivamente (Cuadro 1).

En cuanto a la conversión alimenticia, la gráfica 3 muestra que en los tratamientos donde se incluyó el ortofosfato de calcio estándar o comercial y la roca fosfórica, se mejora su valor con la adición de 0.1 % de fósforo a la dieta, es decir, se mejora notablemente la conversión alimenticia, lo mismo sucedió cuando se incluyó 0.2 % con las distintas fuentes.

Con respecto al porcentaje de mortalidad, el cuadro 4 muestra que el mayor valor se obtuvo en la dieta basal (tratamiento 1), con un 25% de mortalidad total acumulada hasta día 21 de experimentación, seguido por el tratamiento 2, con 8.33%. Los demás grupos, no presentaron mortalidad alguna. Las mortalidades en los pollos alimentados con la dieta basal, ocurrieron entre la segunda y tercera semana de edad, después de haberse observado una sintología clínica clara de deficiencia de fósforo, acorde a lo informado por varios autores (2, 3, 21). Los pollos murieron a partir del tercero y cuarto día de edad, una disminución en el apetito. Al mismo tiempo de la pérdida del apetito, se desarrolló una debilidad general, en donde los pollos se rechazaban a caminar, o caminaban unos cuantos pasos apoyándose sobre sus tarsos y permaneciendo inermes y somnolientos. A la necropsia, el pico, las costillas y huesos largos mostraban reblandecimiento.

decalciento, observándose también palidez en órganos e hidropericardio.

La mortalidad del tratamiento 1, estuvo directamente relacionada con la deficiencia de fósforo en la dieta, mas no así la mortalidad del tratamiento 3, la cual, se debió a causas totalmente ajenas a los objetivos de la investigación.

El cuadro 5, presenta los resultados promedio obtenidos en porcentaje de cenizas en tibia y porcentaje de cenizas en falange para cada tratamiento al término del experimento.

Al comparar el porcentaje de cenizas obtenidos en tibias, también se observa un incremento lineal significativo ($P < 0.05$) cuando se aumenta en un grado el porcentaje de fósforo en la dieta para cada una de las diferentes fuentes.

No se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre los valores obtenidos por las tres diferentes fuentes de fósforo al suplementar al mineral en 0.2% en cuanto al porcentaje de cenizas en tibia se refiere. Cabe mencionar que entre todos estos valores, el ortofosfato de calcio resultó siempre con los niveles más altos de cenizas en relación a los otros dos productos (Gráfica 4).

En los resultados obtenidos para el porcentaje de cenizas en falange, se puede observar que la dieta basal mostró

los valores más bajos, incrementándose linealmente en cuanto se adiciona mayor cantidad de fósforo inorgánico a las dietas experimentales.

No hubo diferencias estadísticas entre las tres diferentes fuentes utilizadas cuando se incluyó el fósforo al 0.1%, tampoco cuando se suplementó al 0.2%.

El tratamiento 3, con 0.15 % de fósforo a partir del reactivo estándar, mostró ser estadísticamente igual a los tratamientos suplementados al 0.2%, pero diferente a aquellos con 0.1% de fósforo provenientes de las tres diferentes fuentes.

En esta variable, el ortofosfato de calcio obtuvo el mayor valor solo al ser incluido al 0.2 % con respecto al reactivo estándar y a la roca fosfórica, pues al 0.1% de fósforo, el valor más alto se observó con el CaHPO₄·2H₂O. (Gráfica 3).

Estos resultados, coinciden con los informados por otros investigadores (11,20,21,22), quienes obtuvieron crecimientos menores en las aves alimentadas con dietas suplementadas a partir de rocas fosfóricas, aunque las cenizas en hueso aparentaron ser normales.

La biodisponibilidad de fósforo a partir del ortofosfato de calcio y roca fosfórica en relación con el reactivo estándar, se muestra en el cuadro 4.

Al calcular la biodisponibilidad de fósforo del ortofosfato de calcio y roca fosfórica en base a los resultados obtenidos en ganancia de peso corporal, se utilizó la curva estándar formada por los datos obtenidos de los pollos alimentados con la dieta basal sorgo-soya y las dietas suplementadas con los niveles de fósforo de 0.1, 0.15 y 0.2 % a partir del fosfato monoclásico grado reactivo y tomándose como un 100% de fósforo disponible como se ve en la gráfica 6. De esta forma, los resultados indican una biodisponibilidad del 57.54 % para el ortofosfato y del 61.43 % para la roca fosfórica (Cuadro 6).

Las biodisponibilidades obtenidas a partir del porcentaje de cenizas en tibias para el ortofosfato y la roca fosfórica estudiadas (gráfica 7), fueron de 97.71% y 84.84% de biodisponibilidad de fósforo en relación al reactivo estándar tomado como el 100% disponible.

En cuanto a los valores para el porcentaje de cenizas en falange, también se utilizó la curva estándar formada por los datos obtenidos al suplementar 0, 0.1, 0.15 y 0.2% de fósforo a partir del reactivo estándar y tomado como un 100% de disponibilidad del mineral (gráfica 8), para así calcular: 90.37% y 86.62% de biodisponibilidad para el ortofosfato y roca fosfórica respectivamente, utilizados en el presente trabajo.

Se encontraron diferencias estadísticas (P<0.05) entre

las biodisponibilidades obtenidas para el ortofosfato de calcio en base a ganancia de peso con respecto a la biodisponibilidad del fósforo obtenida con el porcentaje de cenizas en tibia y porcentaje de cenizas en falange.

Con respecto a las biodisponibilidades de la roca fosfórica obtenidas en base a las mismas tres variables, también se encontró diferencia significativa entre las cenizas de tibia y cenizas de falange, con respecto a la disponibilidad del fósforo obtenida por la ganancia de peso.

Estos resultados, comprueban una vez más, los hallazgos realizados por Metzke y cols. (20), Nelson y Walker (23) y Potchanachokorn y Potter (24) entre otros investigadores que han demostrado que la estimación de la biodisponibilidad del fósforo, es más precisa cuando se usa como criterio la osificación (cenizas) de las tibias o falanges en lugar del crecimiento corporal.

En cuanto a la correlación entre las variables, en el presente experimento se encontró una alta correlación lineal ($r=0.8272$) entre el contenido de cenizas en tibia y el contenido de cenizas en falange. Las correlaciones entre la ganancia de peso con el contenido de cenizas en tibia y entre la ganancia de peso y el contenido de cenizas en falange fueron de $.73176$ y $.48466$ respectivamente.

Como se puede observar, el mayor valor de correlación

se obtuvo entre las cenizas de tibia y las cenizas de falange, comprobando con ello, que el porcentaje de cenizas en falange, es un criterio confiable para medir en polle de engorda en crecimiento, la indispensabilidad de fósforo en fuentes minerales, principalmente roca fosfórica, con casi la misma precisión que cuando se mide en base al porcentaje de cenizas en tibia.

CONCLUSIONES

La calcificación de los huesos (tibiae o falanges) en este estudio, mostró ser un criterio más sensible de respuesta a la suplementación de fósforo, que la respuesta del crecimiento corporal del ave.

Existe una alta correlación ($r = .8127$) entre el contenido de cenizas de tibia y falange del ave en crecimiento, lo que permite utilizar a esta última como variable para medir biodisponibilidad del fósforo en roca fosfórica y otras fuentes de fosfato en forma más rápida y a menor costo.

L I T E R A T U R A C I T A D A

1. Andrews, T. L., Dawson, S. L. and Harms, R. H.: Single comb white Leghorn cockerels versus broiler chicks for use in phosphorus assays. *Exptl. Sci.* 20:1485-1488 (1971).
2. Antillón, R. A.: Patopatología de la deficiencia de fósforo en las aves. Memorias del Primer Simposio El fósforo en la nutrición animal. México, D.F., 1968. 57-65 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INIFAP.
3. Antillón, R. A. y López, C.: Enfermedades Nutricionales de las Aves. UNIVERSIDAD ABIERTA, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M. México, D.F. 1967.
4. Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis, 10th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA. 1964.
5. Avila, G. E.: Disponibilidad del fósforo en fuentes inorgánicas para aves. Memorias del Primer Simposio El fósforo en la nutrición animal. México, D.F., 1968. 129-137. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INIFAP.
6. Avila, G. E., Rojas, R. E., Fandé, R. J. L. y Hecares, E. A.: Determinación de fósforo disponible en una fosa fosfórica y su empleo en dietas para aves. *Vet. Mex.* 11:1-3 (1960).
7. Baird, F. B. and MacMillan, H. J.: Use of toes rather than tibiae in A.O.A.C. chick method of vitamin D determination. *J. Assoc. Offic. Agric. Chem.* 25:516-524 (1942).
8. Berg, L. R.: Evidence of vanadate toxicity resulting from the use of certain commercial phosphorus supplements in chick rations. *Exptl. Sci.* 12:766-769 (1967).
9. Edwards, H. M.: Phosphorus. I. Effect of breed and strain on suboptimal levels of phosphorus in the ration. *Exptl. Sci.* 6:277-84 (1962).
10. Flores, C. E. y Avila, G. E.: Disponibilidad biológica de varias fuentes de fósforo inorgánico para el pollo. *Vet. Mex.* 10:111-114 (1979).

11. Fritz, J. C., Roberts, T., Boehne, J. W. and Rove, E. L.: Factors affecting the chick's requirement for phosphorus. Exull. Sci. 18:307-320 (1969).
12. Gillis, M. E., Norris, L. C. and Reuser, G. F.: The utilization by the chick of phosphorus from different sources. J. Nutrition, 25:195 (1948).
13. Gillis, M. E., Norris, L. C. and Reuser, G. F.: Studies on the biological value of inorganic phosphates. J. Nutrition, 52:115-126 (1954).
14. Gillis, M. E., Edwards, H. M. Jr., and Young, R. J.: Studies on the availability of calcium orthophosphates to chickens and turkeys. J. Nutrition, 76:158-161 (1962).
15. Hooge, D.: Chick toe ash method offers alternative means for determining mineral bioavailability. Exdatuffs, Nov. 22 (1968).
16. Huyghebaert, G., De Groote G. and Koppens L.: The relative biological availability of phosphorus in feed phosphates for broilers. Ann. Zootech., 23:245-263 (1960).
17. Kiek, C. H., Bethke, R. M. and Record, F. M.: Effect of fluorine in the nutrition of the chick. Exull. Sci. 12:382 (1937).
18. Lilburn, M. E.: Factores que influyen los requisitos de fosforo en la dieta. IND. AVIC. 31:24 (1990).
19. Lopez, C. G.: El fosforo en la formulacion para aves. Memorias del Primer Simposio: El fosforo en el nutricion animal. Mexico, D.F., 1984. 90-96. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNIFAP.
20. Metzke, L., Arthur, D. and Branion, D.: Utilization of phosphorus from various phosphate supplements by chicks. Exull. Sci. 25:427-446 (1958).
21. Metzke, L., Arthur, D. and Branion, D.: Factors affecting the utilization of calcium and phosphorus from soft phosphate by chicks. Exull. Sci. 44:1261-1270 (1965).
22. National Research Council: Nutrient requirements of poultry, 8th. ed. National Academy of Sciences, Washington, D. C. (1974).
23. Nelson, T. E. and Walker, A. C.: The biological evaluation of phosphorus compounds. Exull. Sci. 7:17-26 (1964).

24. Nelson, T. E.: The utilization of phytate phosphorus by poultry. *Poult. Sci.* 46:862-873 (1967).
25. Pennack, J. M.: Biological availability of commercial feed phosphates. *POULTRY Sci.* 52:142-148 (1974).
26. Felchamaker, M. and Potter, L. M.: Biological values of phosphorus from various sources for young turkeys. *Poult. Sci.* 56:503-513 (1967).
27. Potter, L. M.: Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurements. *Poult. Sci.* 67:96-102 (1988).
28. Snedecor, G. W. and Cochran, W. G.: Statistical methods. 6th, ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1971.
29. Street, H. R.: The influence of aluminum sulfate and aluminum hydroxide upon the absorption of dietary phosphorus by the rat. *J. NUTRITION*, 23:111-119 (1942).
30. Tajada de H., I. y Merino, H.: Composición química de rocas fosfóricas de México y su utilización como fuentes de minerales en nutrición animal. *Inv. Exp. Mex.* 13: 1021-26 (1971).
31. Tajada de H., I. y Merino, H.: Disponibilidad de fósforo para el pollito a partir de rocas fosfóricas disponibles en México. *Inv. Exp. Mex.* 25:27-37 (1973).
32. Villaseñor, M. J. A.: Situación actual de las fuentes de fósforo en México. Memorias del Primer Simposio: El fósforo en la NUTRICIÓN animal. México, D.F., 1968. 20-46 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INIFAP.
33. Waldroup, F. W., Amersman, C. B. and Hays, R. H.: The relationship of phosphorus, calcium and vitamin D in the diet of broiler-type chicks. *Poult. Sci.* 42:982-996 (1963).
34. Waldroup, F. W., Amersman, C. B. and Hays, R. H.: The availability of phytic acid phosphorus for chicks. I. Effect of calcium and vitamin D-3 levels on the utilization of calcium phytate. *Poult. Sci.* 42:935-931 (1964).
35. Waldroup, F. W., Amersman, C. B. and Hays, R. H.: A comparison of phosphorus assay techniques with chicks. *Poult. Sci.* 44:1086-1089 (1965).

26. Waldroup, P. W., Mitchell, J. and Johnson, Z.: The phosphorus needs of young broiler chicks in relationship to dietary density level. Poult. Sci. 23:436-441 (1975).
27. Yoshida, H. and Hoshii, H.: Improvement of biological assay to determine available phosphorus with growing chicks. Jpn. Poultry Sci. 13:33-44 (1977).
28. Yoshida, H. and Hoshii, H.: Monobasic calcium phosphate as a standard for bioassay of phosphorus availability. Jpn. Poultry Sci. 15:271-276 (1979).

Cuadro 1.-CONTENIDO DE CALCIO, FOSFORO Y FLOBR DEL
 CaHPO₄·2(H₂O), ORTOFOSFATO DE CALCIO Y ROCA
 FOSFORICA EMPLEADOS.

FUENTE	%		
	CALCIO ^a	FOSFORO ^a	FLOBR ^a
CaHPO ₄ ·2(H ₂ O)	23.30	18.01	0.00
Ortofosfato de Ca	23.00	19.10	0.32
Roca fosforica	28.70	6.20	0.20

^a Analisis quimico realizado en FOSHEX S.A.

Cuadro 2.- COMPOSICION DE LA DIETA BASAL EMPLEADA.

Ingrediente	Porcentaje
Sorgo (9% de proteina)	43.710
Pasta de Soya (4% de proteina)	31.744
Acete vegetal	0.653
Sal	0.400
DL-Metionina 98%	0.300
Cloruro de Colina 60%	0.100
Presencia de minerales *	0.100
Presencia de vitaminas **	0.200
Variable ***	2.792
	100.000
Proteina cruda	20.510 %
Calcio	0.950 %
Fosforo inorganico	0.117 %
Fosforo total	0.391 %

* Suplemente por kg. de dieta: zinc 50 mg., manganeso 100 mg., hierro 100 mg., cobre 10 mg., yodo 0.3 mg., cobalto 0.1 mg selenio 0.2 mg.

** Cada kg. de la dieta aporta: vit. A 3 000 U.I., vit. B-3 750 U.I., vit. E 6 U.I., vit. K 0.3 mg., vit. B-12 0.006 mg., riboflavina 1.0 mg., niacina 25.0 mg., cloruro de colina 250.0 mg., D-pantotenato de calcio 13.0 mg., B.N.T. 40 mg.

*** Los niveles de calcio y fosforo fueron obtenidos modificando los niveles de la fuente del mineral, del carbonato de calcio y del colin. (ver cuadro 3).

Cuadro 3 .- COMPOSICION DE LA VARIABLE EN LAS
DIETAS EXPERIMENTALES EMPLEADAS.

INGREDIENTE	TRATAMIENTO						
	2	3	4	5	6	7	8
CaCO ₃	1.743	1.579	1.416	1.766	1.461	1.184	0.299
Caolin	0.498	0.381	0.267	0.504	0.285	0.387	0.055
CaHPO ₄ · 2 H ₂ O	0.565	0.433	1.110	---	---	---	---
Ortofosfato	---	---	---	0.523	1.047	---	---
Roca Fosfórica**	---	---	---	---	---	1.220	2.439
Total	2.793	2.793	2.793	2.793	2.793	2.793	2.793

ANALISIS CALCULADO DE CALCIO Y FOSFORO (%)

Calcio	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Fosforo Inorgánico	0.24	0.29	0.34	0.24	0.34	0.24	0.24
Fosforo Total	0.491	0.541	0.591	0.491	0.591	0.491	0.591

* El CaHPO₄ · 2(H₂O) suplemento 0.1, 0.15 y 0.2 % de fosforo.

** El ortofosfato de calcio comercial aporta 0.1 y 0.2 % de fosforo.

*** La roca fosfórica aporta 0.1 y 0.2 % de fosforo.

Cuadro 1 .-RESULTADOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN 21 DIAS PARA GANANCIA DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA Y PORCENTAJE DE MORTALIDAD PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	GANANCIA DE PESO ^a	CONSUMO ALIMENTO	CONVERSION ALIMENTICIA	MORTALIDAD
	EG	EG		%
1	0.174 e **	0.379	2.176	25.00
2	0.300 b	0.541	1.803	0.00
3	0.315 a	0.570	1.831	8.33
4	0.340 a	0.577	1.698	0.00
5	0.292 c	0.528	1.842	0.00
6	0.349 a	0.623	1.785	0.00
7	0.247 d	0.432	1.748	0.00
8	0.391 ab	0.555	1.476	0.00

^a Peso promedio por pollo al inicio del experimento: 40 g.

** Numeros con distintas literales, son diferentes estadisticamente (P<0.05).

Cuadro 5.- RESULTADOS PROMEDIO EN PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA Y PORCENTAJE DE CENIZAS EN FALANGE AL TERMINO DE LA INVESTIGACION A LOS 21 DIAS DE EDAD.

TRATAMIENTO	CENIZAS EN TIBIA	CENIZAS EN FALANGE
	x	x
1	37.89 d	7.54 d
2	43.11 c	11.35 bc
3	48.94 ab	12.29 ab
4	49.27 a	12.92 a
5	44.30 c	10.55 c
6	49.51 a	13.25 a
7	43.12 c	10.47 c
8	48.89 ab	12.70 ab

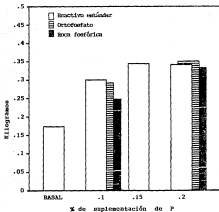
* Numeros con distintas literales, son diferentes estadisticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 5.-BIODISPONIBILIDAD DE FOSFORO PARA UN ORTOFOSFATO DE CALCIO Y UNA ROCA FOSFORICA EN RELACION CON EL PRODUCTO ESTANDAR ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) EN BASE A GANANCIA DE PESO, PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA Y PORCENTAJE DE CENIZAS EN FALANJE.

VARIABLE	* BIODISPONIBILIDAD		
	FUENTE		
	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ORTOFOSFATO DE CALCIO	ROCA FOSFORICA
GANANCIA DE PESO	100.00	87.54 a	61.43 d
CENIZAS EN TIBIA	100.00	97.71 b	84.81 c
CENIZAS EN FALANJE	100.00	90.37 b	86.62 c

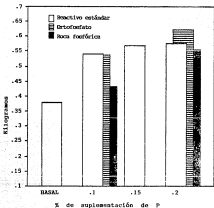
* Numeros con diferente literal, son diferentes estadisticamente ($P < 0.05$).

Gráfica 1- RESULTADOS PROMEDIO PARA LA GARANCIA DE PESO A LOS 21 DIAS DE EXPERIMENTACION COMPARANDO LAS FUENTES DE FOSFORO EMPLEADAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION.

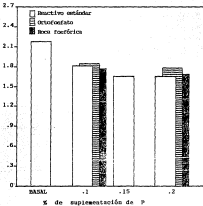


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

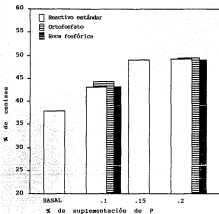
Gráfico 2.- RESULTADOS PROMEDIO PARA EL CONSUMO DE ALIMENTO A LOS 21 DÍAS DE EXPERIMENTACION COMPARANDO LAS FUENTES DE FOSFORO EMPLEADAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION.



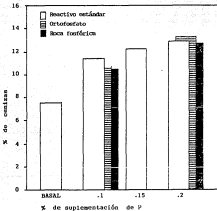
Gráfica 3.- RESULTADOS PROMEDIO PARA LA CONVERSION ALIMENTICIA A LOS 21 DIAS DE EXPERIMENTACION COMPARANDO LAS FUENTES DE FOSFORO EMPLEADAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION.



Gráfica 4.- RESULTADOS PROMEDIO PARA EL PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA A LOS 21 DIAS DE EXPERIMENTACION COMPARANDO LAS FUENTES DE FOSFORO EMPLEADAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION.

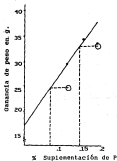


Gráfica 5.- RESULTADOS PROMEDIO PARA EL PORCENTAJE DE CENIZAS EN FALANGE A LOS 21 DIAS DE EXPERIMENTACION COMPARANDO LAS FUENTES DE FOSFORO EMPLEADAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION.



Gráfica 5.- DETERMINACION DE LA BIODISPONIBILIDAD DE FOSFORO DE UNA ROCA FOSFORICA EN POLLOS, EN BASE A LA GANANCIA DE PESO CORPORAL USANDO $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ COMO REFERENCIA.

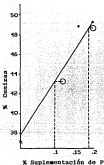
$$\begin{aligned} & \bullet \text{ CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 100 \text{ N} \\ & \text{Roca Fosforica } \frac{551}{1} \times 100 = 54.41 \text{ N} \\ & \text{Roca Fosforica } \frac{136}{2} \times 100 = 68.45 \text{ N} \\ & \text{Promedio} = 61.43 \text{ N} \end{aligned}$$



Gráfica 7.- DETERMINACION DE LA BIODISPONIBILIDAD DE FOSFORO DE UNA ROCA FOSFORICA EN POLLOS, EN BASE AL PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA USANDO $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ COMO REFERENCIA.

$$\begin{aligned} & \bullet \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 100 \% \\ & \text{Roca Fosfórica } \frac{.037}{3} \times 100 = 12.37 \% \\ & \text{Roca Fosfórica } \frac{.151}{2} \times 100 = 75.25 \% \end{aligned}$$

$$\text{Procedo} = 64.61 \%$$



Gráfica B.- DETERMINACION DE LA BIODISPONIBILIDAD DE FOSFORO DE UNA ROCA FOSFORICA EN FOLLOS, EN BASE AL PORCENTAJE DE CENIZAS EN FALANGE USANDO $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ COMO REFERENCIA.

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 100 \% \\ & \text{Roca fosfórica } \frac{.088}{1} \times 100 = 8.82 \% \\ & \text{Roca fosfórica } \frac{.172}{2} \times 100 = 8.60 \% \\ & \text{Promedio} = 8.71 \% \end{aligned}$$

