
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

División de Ciencia Animal



**UTILIZACIÓN DE ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) EN LA ALIMENTACIÓN DE
POLLOS DE ENGORDA Y SU EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO.**

**POR
HECTOR CHAVEZ MORALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener
El título profesional de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenvista, saltillo, Coahuila, México Junio de 2012

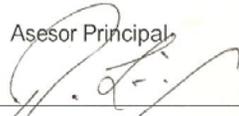
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

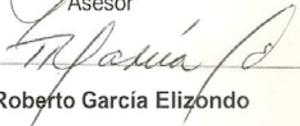
UTILIZACIÓN DE ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) EN LA ALIMENTACIÓN
DE POLLOS DE ENGORDA Y SU EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO

Tesis presentada por Héctor Chávez Morales como requisito parcial para
la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista ante el comité
de asesoría siguiente:

Asesor Principal


Dr. Ramiro López Trujillo

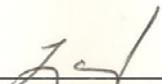
Asesor


Dr. Roberto García Elizondo

Asesor

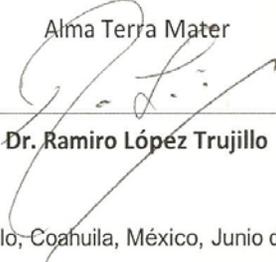

M.C. Bulmaro Méndez Arguello

Asesor


M.C. Lorenzo Suárez García

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

Alma Terra Mater


Dr. Ramiro López Trujillo



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a dios por haberme bendecido a lo largo de la carrera y a lo largo de toda mi vida, también quiero agradecer a mi **Alma Terra Mater** por haberme dado la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mis asesores:

Dr. Ramiro López Trujillo, por haberme brindado su apoyo y paciencia en la revisión del trabajo.

Dr. Roberto García Elizondo, por sus conocimientos y el apoyo en la revisión del presente trabajo.

M.C. Lorenzo Suárez García, por el apoyo brindado de sus conocimientos en el desarrollo del trabajo.

Al M.C. Bulmaro Méndez Arguello, por haberme apoyado desde el inicio hasta el final de este presente trabajo, por sus consejos, por su tiempo y por su empeño en que saliera todo bien.

Al T. A. Carlos Arévalo San Miguel, por su apoyo y paciencia en la realización de los trabajos de laboratorio que se realizaron para complementar el trabajo.

Al M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez, por haberme brindado el apoyo en las prácticas profesionales.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en el presente trabajo.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y respeto a mis padres:

LOURDES MORALES NEGRETE

JORGE ALFREDO CHAVEZ MARTINEZ

Me dieron la vida me brindaron amor y cuidados me educaron con un ejemplo de responsabilidad y respeto, siempre me apoyaron y me brindaron la oportunidad de estudiar para tener una vida mejor ahora yo les brindo este triunfo que no nada más es mío si no de ustedes también. Porque con su enseñanza, amor y confianza, fortalecieron mi vida. Porque siempre existieron palabras de apoyo, que me ayudaron a seguir adelante. Porque con sus esfuerzo y sacrificios, logré el triunfo que hoy les brindo. Con admiración y respeto.

A mis hermanos

Miriam, Alfredo y Jorge Alberto. También les dedico este esfuerzo por que siempre cuando pudieron me apoyaron, gracias por su cariño y soporte que me brindaron espero un día y estemos todos juntos y salir adelante como nuestros padres sueñan, los amo a todos.

A mis abuelos

Isabel, Herminia, Adolfo y Alfredo. También les dedico este triunfo que he realizado gracias a mi madre y gracias a ustedes por darme buenos consejos y valores, aunque algunos ya no estén aquí con nosotros, espero y donde estén puedan estar orgullosos.

A mi novia

Esmeralda también le dedico este triunfo por darme su apoyo y buenos consejos por estar conmigo en las buenas y en las malas. Te amo chaparrita.

A mis amigos

Juan que lo considero como a un hermano y Abigail por ser mis mejores amigos porque hemos pasamos muchos momentos buenos y malos y ojala nuestra amistad perdure para siempre.

Índice

ÍNDICE DE CUADROS	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Requerimientos nutricionales de pollo de engorda	4
2.2. Principales ingredientes alimenticios utilizados en la alimentación de pollos de engorda.....	7
2.3. Etapas de alimentación en pollos de engorda.....	8
2.4. Aditivos utilizados en la producción avícola	9
2.4.1. Categorías de aditivos para la alimentación animal.....	10
2.4.2. Aditivos enzimáticos	10
2.4.3. Aditivos ácidos orgánicos y sales.....	11
2.4.4. Aditivos fitogénicos.....	11
2.5. Principales propiedades de la zeolita tipo clinoptilolita	11
2.6. Clases de zeolita.....	13
2.7. Utilización de zeolita en la dieta de pollos de engorda.....	15
2.8. Utilización de zeolita en dietas de gallinas productoras de huevo	17
2.9. Hipótesis.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación del área de estudio.....	19
3.2. Análisis bromatológico	19
3.3. Análisis estadístico	20
4. RESULTADOS	21
4.1. Comportamiento productivo	21
5. DISCUSIÓN	22
5.1. Comportamiento productivo	22
6. CONCLUSIONES	24
7. RESUMEN	25
8. LITERATURA CITADA	26
9. APÉNDICE	29
9.1. Análisis de varianza para incremento de peso	29
9.2. Análisis de varianza para el consumo de alimento	29
9.3. Análisis de varianza para la conversión alimenticia	29
9.4. Análisis de varianza para el rendimiento de la canal	30
9.5. Análisis bromatológico del alimento ofrecido	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Requerimientos nutritivos en base a minerales de pollos de engorda	5
2.2	Requerimientos nutritivos en base a minerales para pollos de engorda	6
2.3	Composición de la dieta por etapas	9
3.1	Análisis bromatológico de la dieta de finalización en base a (MS)	20
4.1	Comportamiento productivo de pollos de engorda, alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita	21
9.1	Análisis de varianza para ganancia de peso	29
9.2	Análisis de varianza para consumo de materia seca	29
9.3	Análisis de varianza para conversión alimenticia	29
9.4	Análisis de varianza para el rendimiento de la canal	30
9.5	Análisis bromatológico del alimento rechazado	30

1. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad que ha alcanzado grandes avances en las últimas décadas y se debe principalmente a la acción conjunta entre genética, nutrición, sanidad y manejo (Tavernari *et al.*, 2008).

Campos *et al.* (2008) comentan que el continuo progreso que presenta la industria avícola, es producto de la contribución científica y tecnológica de las diferentes áreas relacionadas con el ramo, siendo el desarrollo genético, uno de los renglones que continuamente está generando aves con mejor desempeño. Obviamente la nutrición se encuentra involucrada y está directamente relacionada a este desarrollo, es por ello que de manera continua deben llevarse a cabo revisiones y actualizaciones para los nuevos requerimientos nutricionales, a nivel de la composición y valoración nutritiva de los recursos alimenticios utilizados en las dietas.

En México, de acuerdo a SAGARPA (2009), la producción de carne de pollo represento el 43% del consumo nacional, con una tasa anual de crecimiento de 4.9% en los últimos 10 años, sigue siendo el área más dinámica dentro del sector productor de carnes con un aporte, en 2008, de 2,580.800 toneladas.

Un programa de alimentación lo entendemos como la secuencia y las características de materia prima a administrar a los animales a lo largo de su vida productiva. Dentro del ámbito de la producción animal enfocada desde un punto de vista empresarial se sobreentiende además que esta secuencia de alimentos debe ser la más rentable económicamente (Santoma y Mejía, 1994).

La elaboración de alimentos balanceados de alta calidad, constituye una necesidad de vital importancia para el desarrollo sostenible de la industria avícola (Miranda *et al.*, 2007) más aún, cuando el alimento balanceado ofertado al pollo de

engorda representa entre un 70 a 80% del costo total, atribuido a la generación del producto final.

Por su parte Castro (2005) menciona que el empleo de aditivos en la producción animal es una práctica que tiene varias décadas y sus beneficios se relacionan con su efecto mejorador en cuanto a eficiencia alimenticia y costos. En estos momentos la tendencia, en cuanto a su utilización, está dirigida al uso de sustancias naturales, en contraposición con algunos que pueden producir resistencia en los microorganismos o residualidad en la canal.

Uno de los aditivos que se están utilizando para reducir los costos de producción es por la zeolita (aluminosilicato hidratado cristalino con estructuras tridimensionales) caracterizada por su habilidad para retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica (Chica *et al.*, 2006).

Acosta *et al.* (2005) utilizaron la zeolita en la alimentación de las aves y concluyeron que mejora la eficiencia de utilización de los nutrientes y por ende, los indicadores productivos; estos resultados hacen de este mineral una alternativa esperanzadora, no solo porque los rasgos de comportamiento son favorables, sino porque permiten una mayor eficiencia de las dietas de menor calidad.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de tres niveles (0, 3 y 6 %) de zeolita tipo clinoptilolita en dietas de pollos de engorda en su etapa de finalización, en base al comportamiento productivo (incremento de peso, consumo, conversión alimenticia y rendimiento de la canal).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 .Requerimientos nutricionales de pollo de engorda

El requerimiento de un nutriente puede ser definido como la cantidad a ser proporcionada en la dieta, para atender las necesidades de mantenimiento y producción, en condiciones ambientales compatibles con la buena salud del animal (Campos *et al.*, 2008).

La velocidad de crecimiento del pollo de engorda actual es resultado, en parte, de una intensa selección genética, por ello la alimentación es importante para lograr la máxima expresión productiva. Según Gómez *et al.* (2011) el éxito logrado hasta ahora con esta práctica es por el mejor conocimiento de las funciones que desempeñan los distintos ingredientes alimenticios lo que permite cubrir con mayor precisión las necesidades nutricionales, en la alimentación del pollo que requiere el conocimiento de las etapas o fases de alimentación para cubrir tales requerimientos nutricionales (Gómez *et al.*, 2011).

Energía: las aves necesitan energía para crecer, mantener el tejido corporal, regular la temperatura corporal así como para la actividad física. Obtienen energía de la oxidación de carbohidratos, lípidos, aminoácidos y compuestos orgánicos relacionados. La energía metabolizable ha sido comúnmente aceptada y ampliamente utilizada para describir los valores de energía de los alimentos y las dietas para los pollos de engorda, de la cual requieren una cantidad de 3100 a 3204 kcal dependiendo de la etapa en que se encuentre el animal (López y Leeson, 2007; Church *et al.*, 2007)

Proteínas: son constituyentes orgánicos esenciales para los organismos vivos y son los nutrientes que se hayan en mayor cantidad en el tejido muscular de los animales. Es necesario que en la dieta de las aves se les proporcionen proteínas o los aminoácidos que las constituyen a fin de que haya un crecimiento normal y

se lleven a cabo otras funciones relacionadas con la producción. Hay 10 aminoácidos que a los pollos se les deben de proporcionar en la dieta, ya que son incapaces de sintetizarlos (Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano y Valina). Los requerimientos de proteínas para la producción pollos de engorda va de 18 a 23 % de proteína (Church *et al.*, 2007)

Vitaminas: son una serie de sustancias orgánicas que tienen funciones fisiológicas distintas, son componentes de los alimentos y están presentes en diferentes proporciones (Cuadro 2.1) pero generalmente en muy pequeñas cantidades. Los requisitos para la mayoría de las vitaminas se dan en términos de miligramos por kilogramo de dieta, las excepciones son las vitaminas A, D y E, para lo cual los requisitos son comúnmente indicados en unidades internacionales.

Cuadro. 2.1 Requerimientos vitamínicos para pollos de engorda.

Vitaminas (U.I.) Mcal EM/kg dieta	Iniciación(0-3) semanas	Crecimiento (3-6) semanas	Finalización (6-8) semanas
A, 10 ³	1.5	1.5	1.5
D ₃	200	200	200
E	10	10	10
Vitaminas (mg/kg)			
K	0.50	0.50	0.50
Tiamina	1.8	1.8	1.8
Riboflavina	3.6	3.6	3.0
Ácido pantoténico	10	10	10
Colina	0.55	0.55	0.50

Las vitaminas que se han mencionado en la forma de requerimientos para pollos de engorda dependen de muchos factores que deben de considerarse siempre debido a la naturaleza cambiante de dichos factores. Entre los más importantes están la disponibilidad de la vitamina presente en los diversos ingredientes, la

estabilidad del alimento y por ende la vitamina contenida en él, en su caso la síntesis gastrointestinal de origen microbiano (NRC 1994; Shimada 2009).

Minerales: los minerales (Cuadro 2.2) son la parte inorgánica de los alimentos o en los tejidos, los minerales son necesarios para la formación del esqueleto, como componentes de diversos compuestos con funciones específicas dentro del cuerpo, como cofactores de enzimas, y para el mantenimiento del equilibrio osmótico dentro del cuerpo del ave (NRC 1994; Shimada, 2009).

Cuadro. 2.2. Requerimientos nutritivos en base a minerales para pollos de engorda.

Minerales (Mg/kg)	Iniciación (0-3) semanas	Crecimiento (3-6) semanas	Finalización (6-8) semanas
Calcio, %	1.0	1.0	1.0
Fosforo disponible, %	0.45	0.35	0.30
Magnesio, mg	600	600	600
Cloro, %	0.20	0.15	0.12
Potasio, %	0.30	0.30	0.30
Sodio, %	0.20	0.15	0.12
Cobre, mg	8	8	8
Fierro, mg	60	60	60
Manganeso, mg	0.15	0.15	0.15
Selenio, mg	0.35	0.35	0.35
Yodo, mg	40	40	40
Zinc, mg	1.5	1.5	1.5

El agua debe ser considerada como un nutriente esencial, aunque no es posible afirmarlo como un requerimiento. La cantidad necesaria depende de la temperatura ambiental y humedad relativa, la composición de la dieta, la tasa de crecimiento, de la producción y la eficiencia de la reabsorción renal de agua. En

las aves, deben de beber tanta agua como la cantidad de alimento consumido en una base de peso, pero el consumo de agua en realidad es muy variable (NRC, 1994).

2.2. Principales ingredientes alimenticios utilizados en la alimentación de pollos de engorda

Los principales ingredientes alimenticios tienen una determinada concentración de algún nutrimento específico, ya sea proteína (pastas oleaginosas, harinas de origen animal o marino), energía (granos de cereales, harinas de tubérculos y aceites), minerales (roca fosfórica, piedra caliza, concha de ostión) y otros (Shimada, 2003).

Energía: Como fuente de energía, dentro de este grupo de alimentos se encuentran primordialmente los granos de cereales (maíz, sorgo, arroz, trigo, cebada, avena, etc.) sus características principales son un alto contenido en carbohidratos, cuyo principal componente es el almidón; baja cantidad de fibra, poca cantidad de proteína y deficitaria en los aminoácidos esenciales lisina y metionina. Otras fuentes de energía aceptables son algunos subproductos de granos, la melaza de caña, el plátano y los tubérculos como la yuca y la papa (Ávila, 2004).

Proteína: Existen muchos productos con alto valor proteico que se utilizan para cubrir las necesidades en la producción avícola, estos productos también deben de contener los aminoácidos que requiere el pollo de engorda, la proteína que se suministra en la alimentación puede ser tanto animal como vegetal o mezclas de estas, las principales fuentes de proteínas de origen vegetal está dada por el gluten de los cereales, pasta de soya, pasta de algodón, pasta de ajonjolí, pasta de girasol, pasta de cártamo, pasta de nabo, pasta de alfalfa etc. Como proteína animal encontramos subproductos como, la carne en todas sus formas (harina de carne y hueso) la sangre desecada, harina de plumas leche y sus derivados (harina de leche, sueros, etc.) y harinas de pescados (Bardo, 2004; Ávila, 2004).

Las vitaminas se clasifican generalmente en dos grupos: vitaminas liposolubles, vitaminas A, D, E y K, y soluble en agua (hidrosolubles), que incluyen el llamado complejo B y vitamina C (ácido ascórbico). La vitamina C es sintetizada por las aves de corral y en consecuencia, no se es requerida en la dieta. Hay algunas pruebas, sin embargo, de una respuesta favorable a la vitamina C por las aves bajo tensión (NRC, 1994)

Algunos minerales se requieren en grandes cantidades y por eso se llaman minerales mayores. Otros son requeridos en pequeñas cantidades por lo que reciben el nombre de minerales trazas o menores. Fuentes concentradas de calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio se utilizan a menudo para lograr deseados concentraciones alimentarias de macrominerales específicos. La dieta de las aves también debe de contener minerales traza de mucha importancia nutricional, como cloro, flúor y azufre (NRC 1994; Ávila, 2004).

2.3 Etapas de alimentación en pollos de engorda

Gómez *et al.* (2011) definen que las etapas o fases de alimentación son las diferentes divisiones que se realizan para la máxima utilización de los alimentos y nutrimentos. Estas divisiones están basadas en los procesos fisiológicos y metabólicos del animal; su objetivo, es proporcionar al ave la cantidad necesaria de nutrimentos necesarios en una determinada edad, para evitar desperdicios o sobrealimentación.

Según Shimada (2003) la producción de aves se divide en la práctica de tres etapas: la crianza (iniciación), crecimiento y finalización, la primera es de corta duración (21 días) y consiste en proporcionar a los pollitos una fuente de calor, cama limpia y seca y un alimento de iniciación que contenga de 20 a 22% de proteína y de 3.0 a 3.2 Mcal de EM/kg, a la tercera semana se puede suministrar ya alimento de crecimiento con 20% de proteína y 3.0 Mcal de EM/kg, hasta cumplir seis semanas de edad, que es cuando se le cambia a un alimento de

finalización, con 18% de proteína y 3.0 Mcal de EM/kg. La duración es de una a dos semanas de edad.

López y Leeson (2007) citaron que en las etapas de alimentación está conformada por 4 etapas (Cuadro 2.3):

Cuadro. 2.3 Composición de la dieta de pollos por etapas.

	Preiniciación	Iniciación	Crecimiento	Finalización
EM/kcal	3,100	3,053	3,127	3,204
PC %	20.1	23.1	20.2	18.1

Las cuales utilizan para llevar un mejor control de los requerimientos nutricionales como: energía, proteína, minerales y vitaminas, de acuerdo a las necesidades que el ave vaya requiriendo (López y Leeson, 2007)

2.4. Aditivos utilizados en la producción avícola

Castro (2005) señala que el empleo de aditivos en la producción animal es una práctica que tiene varias décadas y sus beneficios se relacionan con su efecto mejorador en cuanto a eficiencia alimenticia y costos. En estos momentos la tendencia, en cuanto a su utilización, está dirigida al uso de sustancias naturales, en contraposición con algunos que pueden producir resistencia en los microorganismos o residualidad en la canal. Las soluciones que se visualizan actualmente en cuanto al empleo de aditivos en la producción de animales no rumiantes van dirigidas fundamentalmente a la sustitución de los promotores de crecimiento de origen antibiótico y a la disminución del deterioro ambiental.

Según Ravindra (2010) los aditivos se definen como sustancias, microorganismos o preparados distintos de las materias primas y premezclas, que se añaden intencionadamente al alimento o al agua para influir favorablemente en: (i) las características de los alimentos o de los productos de origen animal, (ii) las consecuencias ambientales de la producción animal, (iii) los rendimientos

productivos, el bienestar, la salud, mediante su influencia en el perfil de la flora microbiana intestinal o la digestibilidad de los alimentos, o (iv) por su efecto coccidiostático o histomonostático.

2.4.1. Categorías de aditivos para la alimentación animal

Las antiguas categorías de aditivos para alimentación animal se han reagrupado en 5 según su función, y que corresponden a:

- Tecnológicos (conservantes, aglutinantes...)
- Sensoriales (colorantes, aromatizantes...)
- Nutricionales (vitaminas, aminoácidos...)
- Zootécnicos (mejoradores de la flora intestinal, promotores de crecimiento no microbianos...)
- Coccidiostáticos

Desaparecen así la antigua categoría de 'microorganismos' y el término probióticos por demasiado generales, y se sustituye por la de 'aditivos zootécnicos' en la que se incluyen los microorganismos y enzimas (Caja *et al.*, 2003).

2.4.2. Aditivos enzimáticos

El objetivo de la utilización de enzimas para alimentación animal es reducir los efectos antinutritivos de los sustratos de destino y mejorar la utilización global de nutrientes. El fin último es mejorar el rendimiento de los animales a través de mejoras en el consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia.

Modo de actuación: ruptura de la pared celular y liberación de nutrientes unidos a dicha pared. Cambios en el perfil de la microflora del intestino delgado y grueso. Como las enzimas tienen una influencia directa sobre la cantidad y forma de los

sustratos presentes en el tracto digestivo, su uso tiene un impacto directo sobre las poblaciones microbianas del mismo (Ravindra, 2010).

2.4.3. Aditivos ácidos orgánicos y sales

Existen dos tipos de ácidos: orgánicos e inorgánicos. Dentro de los primeros se incluyen aquellos ácidos cuya estructura química se basa en el carbono. Se añaden al alimento por su capacidad para reducir el pH de los alimentos y favorecen su conservación. Simultáneamente ejercen una influencia positiva a nivel digestivo y metabólico, mejorando los rendimientos productivos de los animales. La acción beneficiosa de los ácidos orgánicos parece estar relacionada con un incremento en la digestibilidad y retención de diversos nutrientes (minerales, proteína y energía), acompañado de una alteración de la población microbiana del tracto gastrointestinal (Castro, 2005).

2.4.4. Aditivos fitogénicos

Los aditivos fitogénicos incluyen plantas aromáticas (hierbas y especias), extractos de plantas y ácidos volátiles (normalmente conocidos como aceites esenciales) (Ravindra, 2010). Los aditivos fitogénicos se utilizan como alternativa de los antibióticos debido a sus propiedades, entre las que se destacan el poder antimicrobiano, estimulan el consumo y la digestión. Las plantas, fundamentalmente las especias, se han utilizado siempre para el tratamiento de numerosas enfermedades. Estas propiedades no se habían considerado hasta el momento en que se produce la necesidad de responder a las prohibiciones del empleo de antibióticos promotores de crecimiento (Castro, 2005).

2.5. Principales propiedades de la zeolita tipo clinoptilolita

Las zeolitas naturales son aluminosilicatos hidratados de origen volcánico, con diversas propiedades derivadas de su estructura molecular, la cual se encuentra atravesada por infinidad de canales que hacen de este mineral un verdadero tamiz que le permite exhibir una importante tasa de intercambio catiónico (más de 120 m-equiv/100 g, Castro, 2005), también son capaces de desarrollar procesos físicos como la adsorción y presentan además una buena capacidad de hidratación y deshidratación.

Chica *et al.* (2006) publicaron que la zeolita es un aluminosilicato hidratado cristalino, con estructuras tridimensionales, caracterizados por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica. Intercambian cationes como Ca^+ , Mg^{++} , K^+ y NH_4^+ , así como diversos compuestos de fosfatos, amonio y componentes de la materia orgánica. Posee una estructura tridimensional rígida (similar a un panal de abejas) conformado por una red de túneles interconectados creando un amplia área superficial para realizar el intercambio catiónico y la adsorción de humedad. Esta última puede entrar y salir de la armazón tridimensional sin variar la estructura.

Fórmula general: $M_2/nO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$.

Donde M es cualquier álcali o catión alcalino-terreo, n es la valencia del catión, x es un número de 2 a 10 y y un número de 2 a 7. Cada especie de Zeolita tiene una estructura propia única que puede ser visualizada como un tetraedro de SiO_4 y AlO_4 , ligados en una forma geométrica simple (Collazos, 2010).

Núñez (2009) asevera que las zeolitas están compuestas por aluminio, silicio, sodio, hidrógeno y oxígeno. La estructura cristalina está basada en las tres direcciones de la red con SiO_4 en forma tetraédrica con sus cuatro oxígenos compartidos con los tetraedros adyacentes. Todas las zeolitas son consideradas como tamices moleculares, que son materia que pueden absorber selectivamente moléculas en base a su tamaño.

Las zeolitas de este tipo pertenecen a la familia de la heulandita y presentan una estructura similar a ésta, con una relación molar Si/Al = 4-5.5, en la que predominan los iones Na⁺ y K⁺ que en la zeolita existe en forma natural. Debido a su composición química este tipo de zeolita se conoce como heulandita de alto contenido de silicio. La celda unitaria es monoclinica centrada en el eje c, y se caracteriza por la presencia de 72 átomos de oxígeno y 24 moléculas de agua, con iones de Na⁺, K⁺, Ca₂⁺ y Mg₂⁺ como los cationes más comunes para balancear la carga. La Clinoptilolita, tiene la composición CaNa₄K₄(AlO₂)₅(SiO₂)₃₀.24H₂O (Collazos, 2010).

López *et al.* (2010) mencionaron que la clinoptilolita es muy estable a bajos valores de pH, comparada con otras zeolitas en valores de pH y también presenta una alta estabilidad térmica (700 °C) en aire, mientras que la heulandita sufre un colapso estructural a temperaturas cercanas a 450 °C. Debido a su alta capacidad de adsorción de NH₄⁺, su estabilidad térmica y bajos valores de pH, la clinoptilolita se usa por su capacidad de intercambio iónico (CIC) que en esta zeolita teóricamente alcanza valores cercanos a 150 mmol kg⁻¹.

2.6. Clases de zeolita

El descubrimiento de estos minerales se sitúa en 1756 y hasta la fecha se conocen más de 40 tipos de zeolitas naturales, pero las que más se emplean en la alimentación animal son la clinoptilolita y la mordenita que pueden presentarse en la naturaleza solas o combinadas (Castro, 2005).

Chica *et al.* (2006) reportan que existen cerca de 50 tipos de zeolita (clinoptilolita, mordenita, chabazita, fillipsita, haulandita, etc.), en cada una de ellas varían sus propiedades físicas y químicas originando diferentes densidades, selectividad catiónica y tamaño de los poros.

Según Núñez (2009), para el aprovechamiento de la zeolita hay muchas aplicaciones como son la agricultura, la ganadería, la acuicultura, catalización en

la industria química, para la residualidad de aguas, absorción de olores, etc. En la ganadería actualmente se utiliza como un suplemento alimenticio para las aves y ganado, ocasionando un incremento del 25% del peso de éstos, debido a que los nutrimentos ingeridos se retienen, retardando su liberación y hacen más aprovechable los alimentos.

Se ha pretendido justificar el uso de zeolitas en la dieta de aves con el argumento de que tiene un efecto benéfico en la ganancia de peso. Sin embargo, los resultados en este aspecto también presentan ambigüedades y conflictos, sin que haya un consenso general acerca de si la zeolita puede mejorar el crecimiento de pollos de engorde (Collazos, 2010).

Castro (2005) explica que las zeolitas se ven involucradas en múltiples aplicaciones, entre las que se pueden señalar, para la producción animal:

- Mejora en la eficiencia de utilización de los nutrientes de los alimentos.
- Mejora en la tasa de crecimiento animal.
- Controla problemas entéricos (diarreas y úlceras).
- Controla olores indeseables en las instalaciones.
- Previene la contaminación y desarrollo de hongos durante el almacenaje de granos y piensos.
- Secuestra micotoxinas.
- Elimina metales pesados.
- Sustituye materias primas en los piensos.
- Permite mayor durabilidad en los alimentos granulados.
- Permite obtener composta y abonos orgánicos de bajo costo y alta eficiencia.
- Mejora la utilización de las fuentes de proteína en rumiantes y no rumiantes
- Otros usos en diversos campos.

Collazos (2010) investigó que los niveles de inclusión de zeolita para pollos de engorda varían del 1 al 10%. El nivel recomendado para la zeolita sintética es el 1% y para las naturales se han reportado niveles tan altos como el 10%. Estas

diferencias en la dosis reflejan las principales características físicas y químicas entre las zeolitas naturales y sintéticas y el contenido de impurezas en las zeolitas naturales. Algunos autores reportan que hasta 7% de inclusión de zeolitas naturales mejoró el consumo y el desempeño de las aves, pero que con niveles superiores se presentó un efecto adverso. Las aves sometidas a estrés calórico se beneficiaron con la inclusión de 1.5% de zeolitas sintéticas en la dieta.

2.7. Utilización de zeolita en la dieta de pollos de engorda

Acosta *et al.* (2005) publicaron que la zeolita se ha utilizado con gran éxito en la alimentación de las aves, ya que permiten una mayor eficiencia de las dietas de menor calidad. Estas ventajas cobran vital importancia, pues en la actualidad la tendencia es garantizar esquemas de alimentación que logren ahorro de proteína y suplementación de aminoácidos, para contribuir a una mayor eficiencia nutritiva que permitan un uso más racional de la proteína dietética. También pudiera tener un efecto favorable al garantizar un buen balance energético- proteico y menor contaminación ambiental.

Acosta *et al.* (2005) experimentaron con 1400 pollos de engorda de 1 a 42 días de edad, a los que se les suministró una dieta tradicional de maíz soya y harina de pescado, con inclusión o no de 1% de zeolita, con diferentes momentos de cambio de las dietas de inicio para crecimiento (14 ó 21) y de crecimiento para acabado (30 ó 35 días). De esta forma se conformaron ocho tratamientos con siete repeticiones de 25 pollos, a las aves en cada tratamiento se les determinó: rendimiento en canal, pechuga, pierna más encuentro, cuello, vísceras comestibles y grasa abdominal excesiva.

No hubo interacción entre los factores en estudio para las medidas de comportamiento productivo, pero sí para los indicadores económicos. El consumo promedio de alimentos de 0 a 42 días mostró diferencias significativas entre los animales que recibieron la zeolita, y fue menor con su inclusión, mientras que no

hubo diferencias entre los esquemas de alimentación estudiados. El consumo de proteína fue menor para las aves que recibieron zeolita, aunque la conversión proteica fue similar a la de las aves que no la recibieron. Esto demuestra la contribución de la zeolita al aprovechamiento de los nutrientes ingeridos, donde fue necesario un consumo menor para depositar similar cantidad de tejido muscular. También presentaron mayor rendimiento en canal, pechuga y pierna más encuentro. Este mayor rendimiento cárnico estuvo asociado a la interacción significativa entre la zeolita y los rendimientos en cuello y vísceras (Acosta *et al.*, 2005).

Arrollo *et al.* (2002) utilizaron 1600 pollos de 1 a 47 días de edad, para estudiar bajo un diseño completamente al azar, cinco tratamientos con cuatro réplicas de 80 pollos cada una. Una dieta testigo (T1), dos dietas (T2 y T3), agregando 2.5% y 5.0% extra fórmula de Clinoptilolita activada iónicamente (CI) y dos dietas (T4 Y T5) agregando extra fórmula 2.5% y 5.0% de clipnotilolita activada por medios ácidos (CA). Semanalmente se registró el consumo y conversión alimenticia y la ganancia de peso Al final del experimento (47 días de edad), se sacrificaron 10 machos y 10 hembras por replica (80 por tratamiento), para obtener el rendimiento de la canal como porciento del peso vivo y de las piezas de mayor interés comercial (pechuga, pierna y muslo). La inclusión de 2.5% de la zeolita tratada por medios ácidos promovió un máximo rendimiento de la canal en machos y hembras. En tanto que la mayor fijación del pigmento en tarsos se obtiene con 5.0%. A los 49 días de edad, la adición de 2.5 y 5.0% de C.A. disminuye el consumo alimenticio y mejora la conversión de alimento en las diversas etapas productivas del pollo de engorda.

Pérez *et al.* (1994) evaluaron y compararon la inclusión de diferentes niveles de zeolita natural (aluminosilicato) en dietas para pollos de engorde, y su efecto sobre el rendimiento productivo en las aves, se efectuó una serie de 3 ensayos, Para cada uno de los ensayos se utilizaron 2112 pollitos, de un día de nacidos, debidamente sexados y distribuidos al azar en 6 tratamientos con 4 réplicas de 88

pollos cada una; siguiendo un diseño completamente aleatorizado. Para establecer la diferencia estadística entre tratamientos se efectuó un análisis de varianza y una comparación de medias de rango múltiples de Duncan. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: 1) Control; 2) 1% Zeolita; 3) 2% Zeolita; 4) 3% Zeolita; 5) 4% zeolita; 6) 5% Zeolita. En los resultados del ensayo 3, los tratamientos 2 y 5 se diferenciaron estadísticamente ($P < 0.05$) del tratamiento 4 en aumento del peso, mientras que en el consumo de alimento el tratamiento 4, con los más bajos niveles de ingesta, difirió estadísticamente ($P < 0.05$) de los tratamientos 1, 3 y 6. En conversión alimenticia los tratamientos 1, 2, 3 y 5 difirieron estadísticamente ($P < 0.05$) del tratamiento 6. Entre tratamiento podría interpretarse como un beneficio, ya que aun diluyendo los nutrientes desde 1% hasta 5% en algunos casos, se obtienen resultados similares al control.

2.8. Utilización de zeolita en dietas de gallinas productoras de huevo

Lon-wo *et al.* (2010) investigaron con 270 gallinas ponedoras White Leghorn, de 34 semanas de edad. Durante 20 días se alojaron en jaulas metálicas, a razón de tres aves por batería. Se sometieron a similares condiciones de manejo y alimentación, con suministro de agua a voluntad y de pienso controlado (110 g ave d^{-1}). Los tratamientos consistieron en una dieta control y 3 % de zeolita natural (clinoptilolita). Se distribuyeron de forma aleatoria, según modelo de clasificación simple. Se utilizaron 15 repeticiones, de nueve gallinas cada una. La zeolita se suministró en el alimento, con una granulometría inferior a 1 mm, esto para determinar influencia en la liberación de amoníaco por las deyecciones. Los niveles de nitrógeno total (Nt), el nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) y la base húmeda (BH), en las excretas de las gallinas alimentadas con zeolita fueron superiores al grupo control. Estos resultados indican mayor retención de nitrógeno total en las gallinazas de las aves que recibieron la zeolita. Debido a su alta capacidad de intercambio catiónico, pueden atrapar en su estructura porosa NH_4 y otros iones cargados. Todo indica que no se impide la conversión del ácido úrico en amoníaco, sino que la zeolita lo retiene en su estructura y reduce su volatilización.

Öztürk *et al.* (1998) dedujeron con un total de 180 gallinas Leghorn, blancas, de la línea Isa Babcock B-300 de 37-semanas las cuales utilizaron en este estudio. Las gallinas, que tenían similares capacidades de producción de huevos y peso vivo, se dividieron en 5 grupos. Fueron puestas al azar con tratamientos de 12 repeticiones y 36 gallinas por tratamiento. Antes de comenzar el experimento, las gallinas fueron criadas juntas, con las mismas condiciones nutricionales. A las 37 semanas de edad los animales fueron colocados al azar en jaulas de alambre (23x50x42 cm) con ventilación natural y se alimentaron con una de las 5 dietas. Las dietas a base de maíz y soya contenían cinco niveles de zeolita natural (0, 2, 4, 6 y 8%). La primera semana tuvieron iluminación continua (24 hr), que se redujo gradualmente hasta el día 21, después de que las gallinas fueran expuestas a la luz diurna normal. A las gallinas se les permitieron el acceso al *ad-libitum* a alimento y agua. Todas las dietas, fueron isocalóricas e isonitrogenadas y suministradas durante 16 semanas. Los resultados presentados muestran que la adición de zeolitas a las dietas de las gallinas de 259 a 371 días de edad, no produjo diferencias significativas en términos de ganancia de peso vivo, consumo de alimento, relación de eficiencia de la alimentación o la mortalidad. La zeolita no tuvo ningún efecto sobre la calidad de los huevos de acuerdo con los resultados de este estudio. Los contenidos de humedad de heces de las gallinas alimentadas con dietas que contenían zeolita fueron inferiores a los de las gallinas alimentadas con la dieta sin zeolita ($P < .05$). Esto puede ser debido a la alta capacidad de absorción de agua de clinoptilolita, produciendo excrementos más secos, menos olor y por lo tanto menos problemas en la venta de la gallinaza.

2.9. Hipótesis

La zeolita mejora el comportamiento productivo de los pollos en la etapa de finalización (incremento de peso, consumo, conversión alimenticia y rendimiento de la canal) debido a su función en los procesos enzimáticos involucrados en el metabolismo de las proteínas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la nave avícola, en los laboratorios de Nutrición Animal y Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. La localización geográfica de la universidad es 25° 22' 44" N y 100° 00' 00" O con altitud de 1700 m. El clima de la región es BSo kx' (é) que se caracteriza por ser seco o árido, el más seco de los BS, con régimen de lluvias entre en verano e invierno, precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7 °C (García, 1973)

El experimento se realizó con 108 pollos no sexados de estirpe Ross, en la etapa de engorda (21 a 42 días), se trabajó con bloques al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones de acuerdo a la combinación de tres niveles de zeolita (0, 3 y 6 %). Para los tratamientos se utilizaron 12 pollos por cada tratamiento. Con un peso promedio inicial de 1.147 kg y peso final de 2.299 kg.

Los animales se distribuyeron en 9 jaulas con piso de cemento, bloqueando por peso inicial. Se vacunaron contra Newcastle y Gumboro antes de iniciar la prueba. El incremento de peso fue registrado al inicio y al final de la etapa de prueba. El alimento se ofreció a libre acceso y se utilizó una dieta comercial.

La forma de incluir la clinoptilolita fue en sustitución de la dieta. El consumo se estimó restando el rechazo a lo ofrecido. La mezcla de la clinoptilolita y la dieta se hizo a pala (manualmente).

3.2. Análisis bromatológico

Al alimento utilizado durante el periodo de experimentación se le realizó el análisis bromatológico (Cuadro 3.2) de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1997).

Cuadro.3.2 análisis bromatológico de la dieta de finalización en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad (%)	9.54	9.00	8.99
MST (%)	90.45	90.43	90.98
Cenizas (%)	8.05	11.48	20.44
Proteína Cruda (%)	15.83	15.17	15.15
Fibra Cruda (%)	3.97	3.73	4.39
EE (%)	2.93	2.52	2.61
ELN (%)	65.92	62.49	52.73

3.3. Análisis estadístico

Se evaluaron las siguientes variables: consumo de alimento en base a materia seca (MS), incremento de peso, conversión alimenticia y rendimiento de la canal.

Para el análisis estadístico de las variables se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (Steel y Torrie, 1980).

4. RESULTADOS

4.1. Comportamiento productivo

La ganancia de peso, el consumo de alimento (MS), la conversión alimenticia y el rendimiento de la canal se muestra en el cuadro 4.1. La inclusión de zeolita en la dieta no tuvo efecto significativo ($P>0.05$) en el incremento de peso, sin embargo fue menor numéricamente el incremento con la inclusión de 3% en comparación con 0 y 6% zeolita. El consumo de materia seca no demostró una diferencia significativa ($P>0.05$) pero de la misma forma fue menor numéricamente la inclusión de 6 % zeolita tendió a ser poco menor que los tratamientos con 0 y 3 %, la conversión alimenticia demostró no ser significativa ($P>0.05$) y se observa una diferencia numéricamente entre las medias de los diferentes tratamientos 0, 3 y 6%. El rendimiento de la canal tampoco mostró una diferencia significativa ($P>0.05$) pero el tratamiento de 3% de inclusión de zeolita mostro ser menor a los tratamientos 0 y 6%

Cuadro.4.1 Comportamiento productivo de pollos de engorda, alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Periodo	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
	Incremento de peso(kg/día)			
Finalización	1.201 ^a	1.082 ^a	1.173 ^a	0.548
	Consumo MS (kg/día)			
Finalización	2.885 ^a	2.906 ^a	2.693 ^a	0.230
	Conversión alimenticia			
Finalización	2.400 ^a	2.703 ^a	2.319 ^a	0.369
	Rendimiento de la canal			
Finalización	1.773 ^a	1.688 ^a	1.828 ^a	0.704

^{a, b} Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos ($P>0.05$)

5. DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento productivo

Los datos obtenidos en este experimento indicaron que la zeolita no afectó negativamente el comportamiento productivo de los pollos ni en la calidad de la canal. Si se toma en cuenta que al agregar zeolita en la dieta los niveles de proteína disminuyen, entonces se asevera que la poca proteína que ingresa en tracto digestivo es eficientemente utilizada, lo cual se ve reflejado en incrementos de peso similares de los animales en todos los tratamientos. Por otro lado el costo de la dieta disminuye, la cual difiere con otros experimentos así tenemos que, en otros experimentos que realizaron Strakova *et al.* (2008) con un total de 400 pollos de engorda hembras y machos de un día de edad del híbrido Ross 308; en donde se incluyó zeolita (clinoptilolita) en 0.5% de 1-10 días, 1.5 % 10-30 días y 2.5% de 30-40 días, la adición de zeolita se reflejó positivamente en los indicadores de comportamiento productivo, presentando los animales mayores pesos a partir del día 20 al 30. Con la inclusión de 1.5%, el peso de los pollos al final del experimento fue significativamente mayor en comparación al testigo.

En otros estudios realizados por Pérez *et al.* (1993) con 2112 pollitos raza Avían Farm, de un día de nacidos, debidamente sexados y distribuidos al azar en 6 tratamientos con 4 réplicas de 88 pollos cada una; siguiendo un diseño completamente aleatorizado y, los tratamientos siguientes: 1) Control; 2) 1% Zeolita; 3) 2% Zeolita; 4) 3% Zeolita; 5) 4% zeolita; 6) 5% Zeolita. Con los resultados obtenidos no se pudo concluir en cuanto al nivel óptimo de inclusión de zeolita en la dieta, para obtener los mejores parámetros productivos, ya que no hay consistencia en los resultados. En algunos casos no existen diferencias significativas entre tratamientos, como en los resultados obtenidos en la investigación con inclusión de (0, 3 y 6 %) de zeolita. Así también Acosta *et al.* (2005) realizaron otros estudios con 1400 pollos de engorda del híbrido comercial cubano EB-34, desde 1 hasta 42 días de edad con una inclusión de zeolita

(clinoptilolita) de 1% demostrando también que no hubo diferencia significativa en el comportamiento productivo, pero si hubo diferencia significativa en los indicadores económicos, ya que el consumo de proteína fue menor para las aves que recibieron zeolita, aunque la conversión proteica fue similar a la de las aves que no la recibieron. Esto demuestra la contribución de la zeolita sobre el aprovechamiento de los nutrientes ingeridos, donde fue necesario un consumo menor para depositar similar cantidad de tejido muscular. En el experimento realizado también disminuyó la proteína que se le había ofrecido a los pollos, haciéndola más eficiente y obteniendo los mismo resultados con el testigo.

Alvear *et al.* (2004) realizó un ensayo con 240 pollos y diferentes proporciones de zeolita natural. Los tratamientos fueron: (T1)=0% de zeolita, (T2)=2% de zeolita, (T3)=4% de zeolita, (T4)=6% de zeolita. Se utilizaron 5 repeticiones por tratamiento, y 60 pollos/tratamiento, en un arreglo experimental de Bloques Completamente al Azar. Los resultados mostraron que el T2 fue estadísticamente diferente de los demás, alcanzando las aves un promedio de peso de 2.4 kg. En cuanto a la conversión alimenticia, el T3 alcanzó valores de 1.9 kg. Los índices de mortalidad fueron de 0%, para los T2 y el T3. En este experimento se logró determinar que en pollos producidos con dietas combinadas con zeolita natural se mejora el aprovechamiento del alimento balanceado, obteniéndose buenos niveles de conversión alimenticia para dietas mezcladas con un 4% de zeolita; aumento del promedio de peso en dietas mezcladas con un 2% de zeolita, y un mejor rendimiento económico en dietas mezcladas con 6% de zeolita.

6. CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento indicaron que los niveles de zeolita (clinoptilolita) utilizados no tuvieron efecto significativo ($P>0.05$) sobre el comportamiento productivo (incrementos de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, ni en el rendimiento de la canal); sin embargo, numéricamente se observó que con el 3% de zeolita en la dieta se mejoró el consumo de MS. Por otro lado, numéricamente se observó que la conversión alimenticia fue mayor con el 3%. También se determinó que la inclusión del 6% de zeolita mejoró el rendimiento de la canal.

7. RESUMEN

Se realizó un experimento con 108 pollos de engorda de estirpe Ross, no sexados, con un peso inicial de 1.147 kg y peso final de 2.299 kg. Se trabajó con un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 3 tratamientos de acuerdo a la combinación de tres niveles de zeolita (0, 3 y 6 %), para determinar el efecto de la clinoptilolita sobre el comportamiento productivo de los pollos de engorda (incremento de peso, consumo de MS, conversión alimenticia y rendimiento de la canal). Se utilizaron 12 pollos por cada repetición, los cuales fueron finalizados en jaulas con piso de cemento el cual se desinfecto con cal y también se le coloco una cama de aserrín. Los animales se distribuyeron en 9 jaulas. El experimento tuvo una duración de 21 días. Se vacunaron contra Newcastle y Gumboro antes de iniciar la prueba. El alimento se ofreció a libre acceso y se utilizó una dieta comercial donde se le incluyo la clinoptilolita, sustituyendo a la dieta. El incremento de peso fue registrado al inicio y al final de la etapa de prueba. El consumo se estimó restando el rechazo a lo ofrecido. El alimento fue analizado bromatológicamente. Se concluye que la zeolita no tuvo efecto significativo ($P>0.05$) sobre el comportamiento productivo ni en el rendimiento de la canal. Sin embargo, numéricamente la inclusión al 3% demostró mejor consumo MS. Por otro lado, numéricamente se observó que la conversión alimenticia fue mayor con el 3%.

Palabras clave: zeolita, pollos, requerimientos, comportamiento, alimentación.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, A., E. Lon-Wo y O. Dieppa. 2005. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 3:319-325.
- Alvear, E., M. Quilambaqui, P. Álvarez y J. Rodríguez. 2004. Evaluación de Zeolitas Naturales Mezcladas en la Dieta Para la Alimentación de Pollos de Engorde (Broiler) en el Cenae-Espol.
- Arrollo, A., R. A. Muñiz y R. Rojas. 2002. Inclusión de una zeolita (clinoptilolita) en dietas para pollos de engorda. XV reunión científica tecnológica forestal y agropecuaria, Veracruz.
- Ávila, E. 2004. Alimentación de las aves. Editorial Trillas, México D.F. 2ª ed. 107 PP.
- Bardo, J. L. 2004. Cría de aves – gallinas ponedoras y pollos parrilleros. Editorial Albatros. Buenos aires. 1ª Ed. 192pp.
- Caja, G., E. González, C. Flores, M. D. Carro y E. Albanell. 2003. alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos, de investigación en rumiantes. XIX curso de especialización FEDNA.
- Campos, A., S. Salguero, L. Albino y H. Rostagno. 2008. Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteína Ideal. Congreso de Colegio Latino-Americano de Nutricio Animal. Cancún, México.
- Castro, M. 2005. Uso de aditivos en la alimentación de animales monogástricos. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 39:451-458
Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193017842007>
- Collazos, H. 2010. La aplicación de Zeolita en la producción avícola. *Rev. De Investigación Agraria y Ambiental RIAA. CEAD José Celestino Mutis, Bogotá D.C.* 1:17-23.
- Chica, F. J., L. M. Londoño y M. I. Álvarez. 2006. La zeolita en la mitigación ambiental. *Rev. Lasallista de Investigación.* 3:30-34.
- Church, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, México D.F. 2ª ed. 636 PP.

-
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificaciones climatológica de koppen. 2ª ed. Instituto de geografía UNAM. México.
- Gómez, R. S., Gómez, A. Cortés, C. López y E. Ávila. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Vet. Méx.*, 42:4
- Lon-Wo, E., A. Acosta y M. Cárdenas. 2010. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) en la dieta de la gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoniaco por las deyecciones. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 44: 389-392.
- López G. y S. Leeson. 2007. Relevance of Nitrogen Correction for assessment of Metabolizable Energy with Broilers to Forty-Nine Days of Age. 86:1696–1704
- López M., M. A. Hernández, C. R. Barahona, M. A. Martínez, R. Portillo y F. Rojas. 2010. Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de pleurotus ostreatus terra latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Cienc. Del Suelo, A.C. Chapingo.* 28: 247-254.
- Miranda, S., H. Rincón, R. Muñoz, A. Higuera, A. M. Arzálluz, y H. Urdaneta. 2007. parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles diéticos de harina de granos de frijol (*vigna unguiculata* (L.) walp.) durante la fase de crecimiento. *Rev. Científica.* 17:150-160
- NRC. 1994. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Ed. NationalAcademyPress, Washington, D.C.
- Núñez, Arianna. 2009. Turba y zeolita como soportes de inoculantes microbianos con acción fertilizante ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba. 43: 22-27.
- Öztürk, E., G. Erener y M. Sarica. 1998. Influencia de la zeolita natural en el rendimiento de las gallinas ponedoras y calidad del huevo. University of Ondokuz Mayıs. Faculty of Agriculture, Department of Animal Science. 623-628 PP.
- Pérez, F., A. Santeliz, B. Ordeman, F. Torres, E. Contreras, G. Nava y G. Martínez. 1994. Evaluación de la inclusión de diferentes niveles de zeolita en dietas para pollos de engorde, y su efecto sobre los parámetros productivos. Dirección de nutrición e investigación. Protinal, C.A. Valencia, Venezuela.

-
- Rostagno, H. S., L F. Teixeira, J. Lopez, P. Cezar, R. Flavia, D. Clementino, A. Soares y S. L. Toledo. 2005. Tablas Brasileñas para aves y cerdos, composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 2th.ed. Universidad Federal de Viçosa.
- Ravindran, V. 2010. Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. Institute of food, nutrition and human health, Massey University, Palmerston. XXVI curso de especialización FEDNA.
- SAGARPA. 2009. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México. Boletín electrónico.
Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia>. Consultado: enero 27, 2012
- Santomá, G. y S.A. Mejía. 1994. Programas de alimentación en broilers y pollo alternativo. X CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA. Madrid.
- Shimada, A. 2003. Nutrición animal. Editorial Trillas, México D.F. 1ª ed. 388 PP.
- Shimada, A. 2009. Nutrición animal. Editorial Trillas, México D.F. 2ª ed. 397 PP:
- Straková, E., R. Pospíšil, P. Suchy, L. Steinhäuser y I. Herzig. 2008. Administration of Clinoptilolite to Broiler Chickens During Growth and Its Effect on the Growth Rate and Bone Metabolism Indicators. Department of Nutrition, Animal Husbandry and Animal Hygiene. 77: 199-207 PP.
- Tavernari, S., L. Salguero, F. T. Albino y H. Rostagno. 2008. Nutrición, patología y fisiología digestiva en pollos. XXIV curso de especialización FEDNA.

9. APÉNDICE

9.1. Análisis de varianza para incremento de peso

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	0.023143	0.011571	0.7055	0.548
BLOQUES	2	0.021910	0.010955	0.6679	0.564
ERROR	4	0.065607	0.016402		
TOTAL	8	0.110660			

9.2. Análisis de varianza para el consumo de alimento

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	0.082939	0.041470	2.1660	0.230
BLOQUES	2	0.180115	0.090057	4.7037	0.090
ERROR	4	0.076584	0.019146		
TOTAL	8	0.339638			

9.3. Análisis de varianza para la conversión alimenticia

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	0.245834	0.122917	1.2951	0.369
BLOQUES	2	0.019855	0.009928	0.1046	0.902
ERROR	4	0.379639	0.094910		
TOTAL	8	0.645329			

9.4. Análisis de varianza para el rendimiento de la canal

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	0.029699	0.014850	0.3877	0.704
BLOQUES	2	0.154905	0.077453	2.0224	0.247
ERROR	4	0.153191	0.038298		
TOTAL	8	0.337795			

9.5. Análisis bromatológico del alimento ofrecido

Determinación	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad (%)	9.54	9.00	8.99
MST (%)	90.45	90.43	90.98
Cenizas (%)	8.05	11.48	20.44
Proteína Cruda (%)	15.83	15.17	15.15
Fibra Cruda (%)	3.97	3.73	4.39
EE (%)	2.93	2.52	2.61
ELN (%)	65.92	62.49	52.73

MST: Materia seca total. FDN: Fibra detergente neutra. ELN: Extracto libre de nitrógeno. EE: Extracto etéreo. FDA: Fibra detergente acida.