

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y FISIOLÓGICA DE LA ADICIÓN DE ZEOLITA EN
DIETAS PARA POLLO DE ENGORDE**

**LUCY ANDREA ORDOÑEZ PASAJE
RUTH ARACELLY ORTIZ YANDAR**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y FISIOLÓGICA DE LA ADICIÓN DE ZEOLITA EN
DIETAS PARA POLLO DE ENGORDE**

**LUCY ANDREA ORDOÑEZ PASAJE
RUTH ARACELLY ORTIZ YANDAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Zootecnista**

**Presidente
LUIS RAFAEL BOADA CAJIGAS
Zootecnista, Esp. MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”.

Artículo 1º del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del honorable consejo directivo de la universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

LUIS RAFAEL BOADA CAJIGAS, Zoot., Esp. MSc.
Presidente

EDMUNDO APRAEZ GUERRERO, Zoot., MSc. Ph.D.
Jurado delegado

PATRICIA LOPEZ GUARNIZO MVZ., Esp.
Jurado

San Juan de Pasto, febrero de 2007

DEDICATORIA

A mis padres

ARMANDO ORDOÑEZ Y FANNY PASAJE

Quienes me dieron el regalo más preciado; la vida y supieron estar conmigo compartiendo mis alegrías y tristezas, mis éxitos y fracasos. Gracias por su inmenso amor, comprensión, apoyo, por creer en mi y sobretodo gracias por haberme dado la oportunidad de alcanzar una de las metas más añoradas; ser profesional.

A mis hermanos

ANDRES, DIEGO Y FRANCISCO

Por apoyarme y brindarme su cariño motivándome a progresar y ser un ejemplo de superación.

A mi sobrina

NATHALIA

Quien con su nacimiento lleno de alegría mi corazón y le dio motivación a mi vida para alcanzar uno de mis mas anhelados sueños.

A mi amiga y compañera de tesis

ARACELLY

Porque cuando quería que alguien me escuchara y compartiera conmigo mis alegrías y tristezas me brindaste una amistad incondicional colmada de lealtad, comprensión y colaboración, demostrándome tú cariño en todo momento. Eres increíble por eso te digo que eres MI MEJOR AMIGA.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me apoyaron y compartieron conmigo la ilusión de alcanzar una de las tantas metas que me he propuesto.

LUCY ANDREA ORDOÑEZ PASAJE

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y la inteligencia.

A mis padres

RUTH YANDAR Y EDMUNDO ORTIZ

Por ser la luz que alumbra mi camino y la razón de mi existir; por ser mi fuerza y templanza para convertir todos mis sueños en realidad.

A mis hermanos

ROBIN, ANDRÉS Y CLAUDIA

Por sus buenos consejos, compañía y su apoyo incondicional.

A mis sobrinos

VANEZA, DANILO Y DAVID

Pequeños que han alegrado mi corazón con su presencia.

A la memoria de

FELIPE VIVEROS

Por haber tenido la dicha de conocerlo, de caminar a su lado, de enseñarme a creer en mí y a vivir cada día de nuestra vida como si fuera el último. Por su apoyo, amor incondicional y por dejar la sensación de su presencia en mi corazón.

A mi mejor amiga

LUCY ANDREA

Por su lealtad y colaboración, por ayudarme a levantar cuando mis alas se habían olvidado de cómo volar; por tener el privilegio de contar con su amistad y tener la satisfacción de compartir este logro juntas.

A mis familiares y amigos que de alguna manera contribuyeron para alcanzar esta metas.

RUTH ARACELLY ORTIZ YANDAR

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

LUIS RAFAEL BOADA CAJIGAS	Zoot, Esp. MSc
JAVIER ANDRES MARTINEZ B.	Zoot., Ing Prod Acuícola.
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO.	Zoot., MSc., Ph.D
PATRICIA LOPEZ GUARNIZO	MVZ., Esp.
OSCAR ANTONIO MONCAYO.	Zoot.
ALBERTO CAICEDO VALLEJO.	Zoot., MSc.
LEANDRO CHAMORRO TREJOS.	Zoot.
CARLOS SOLARTE PORTILLA.	Zoot., MSc., Ph.D
HENRY JURADO GAMEZ.	Zoot., MSc.
LUÍS ALFONSO SOLARTE PORTILLA.	Zoot.

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al logro de este trabajo

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ZEOLITAS	23
4.1.2 Capacidad de intercambio catiónico.	23
4.1.3 Superficie específica	24
4.1.4 Reología e hinchabilidad.	25
4.1.5 Absorción de agua, porosidad, capacidad de retención de amoniaco.	25
4.2 USO DE LAS ZEOLITAS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.	26
4.2.1 La zeolita en la producción de huevos.	27
4.2.2 La zeolita en la producción de pollo de engorde.	27
4.2.1 La zeolita en el levante y ceba de porcinos.	28
4.3 SISTEMA DIGESTIVO DE LAS AVES.	28
4.3.1 Desarrollo del sistema digestivo.	28
5. DISEÑO METODOLÓGICO.	32
5.1 LOCALIZACIÓN.	32
5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS.	32
5.3 ANIMALES	32
5.4 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	32
5.4 TRATAMIENTOS	33
5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL ANALISIS ESTADISTICO	33
5.5.1 Planteamiento de Hipótesis	33

5.6 VARIABLES EVALUADAS.	pág. 34
5.6.1 Ganancia de peso.	34
5.6.2 Consumo de alimento.	34
5.6.3 Conversión alimenticia.	34
5.6.4 Mortalidad.	34
5.6.5 Indicadores morfométricos del TGI.	34
5.6.6 Características físicas de heces.	34
5.6.7 Análisis económico	34
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
6.1 CONSUMO DE ALIMENTO	35
6.2 INCREMENTO DE PESO	37
6.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA	40
6.4. MORTALIDAD	42
6.5 MORFOMETRÍA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL	44
6.5.1 Longitud relativa de intestino y ciegos	44
6.5.2 Peso relativo de intestino, ciego e hígado.	47
6.6 CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS HECES	48
6.6.1 Textura.	48
6.6.2 Color y olor	48
6.2.3 Apariencia de los riñones.	49
6.7 ANALISIS PARCIAL DE COSTOS	49
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
7.1 CONCLUSIONES	52
7.2 RECOMENDACIONES	52
8. BIBLIOGRAFÍA	53
9. ANEXOS	56

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición química de la zeolita	33
Tabla 2. Consumo de alimento en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)	35
Tabla 3. Incremento de peso en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)	38
Tabla 4. Conversión alimenticia en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.	40
Tabla 5. Longitud relativa de intestino y ciegos de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.	45
Tabla 6. Peso relativo de intestino, ciegos e hígado de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.	47
Tabla 7. Consolidado económico para la respuesta productiva de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.	50

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructura pseudo laminar de la zeolita	24
Figura 2. Consumo de alimento en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)	36
Figura 3. Incremento de peso en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)	39
Figura 4. Conversión alimenticia en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)	41
Figura 5. Mortalidad acumulada de parrilleros con adición de diferentes niveles de adición de zeolita en la dieta.	43

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para consumo de alimento en la fase de iniciación.	57
Anexo B. Análisis de varianza para incremento de peso en la fase de iniciación.	57
Anexo C. Análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase de iniciación.	57
Anexo D. Análisis de varianza para consumo de alimento en la fase de finalización.	58
Anexo E. Análisis de varianza para incremento del peso en la fase de finalización.	58
Anexo F. Análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase de finalización.	58
Anexo G. Análisis de varianza para consumo de alimento en todo el periodo experimental .	59
Anexo H. Análisis de varianza para incremento de peso en todo el periodo experimental	59
Anexo I. Análisis de varianza para conversión alimenticia en todo el periodo experimental .	59
Anexo J. Análisis de varianza para longitud intestinal .	60
Anexo K. Análisis de varianza para longitud de ciegos.	60
Anexo L. Análisis de varianza para peso de intestinos.	60
Anexo M. Análisis de varianza para peso de ciegos.	61

GLOSARIO

ABSORCIÓN: es un proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase. Esta segunda fase puede ser líquida, gaseosa o sólida. Así pues, a diferencia de la adsorción, no es un proceso de superficie, sino de volumen.

ADSORCIÓN: proceso de atracción de las moléculas o iones de una sustancia en la superficie de otra, siendo el tipo más frecuente el de la adhesión de líquidos y gases en la superficie de los sólidos, la adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapadas o retenidas en la superficie de un material, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.

AFLATOXINA: toxina producida por *Aspergillus flavus* y otros hongos, en granos y alimentos almacenados. Puede ser carcinogénica en animales, incluido el hombre. Son toxinas producidas por un moho que crece en las nueces, en semillas y en las legumbres.

AGLOMERANTE: son materiales capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos.

ALUMINOSILICATO: son llamados así a aquellos minerales que contienen óxido de aluminio (Al_2O_3) y cuarzo (SiO_2). Son aluminosilicatos el feldespato, las cloritas, la arcilla y el granito entre otras.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: se define a la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral.

DIETA: alimento que es capaz de suplir los requerimientos nutritivos del animal de acuerdo a la fase fisiológica en la que se encuentre.

REOLOGÍA: es la capacidad de una sustancia para alterar el comportamiento fluido de un líquido.

ZEOLITAS: son aluminosilicatos hidratados con una estructura simétrica de tetrahedros dispuestos a manera de celosía. las zeolitas son aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de sodio y de calcio. En la naturaleza se han identificado más de 40 especies de zeolitas diferentes y a su vez existen varias especies de zeolitas sintetizadas artificialmente.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Avícola las Palmas, ubicada en la vereda Buenavista, municipio de Balboa, Departamento del Cauca a una altitud de 1630 m.s.n.m, temperatura promedio de 19°C y humedad relativa de 70%¹. Se evaluó la adición de tres niveles de zeolita en dietas para pollo de engorde, machos T0 = concentrado comercial sin zeolita, T1= 2%, T2 = 4% y T3 = 6% en fases de iniciación y finalización. Se evaluó el consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y mortalidad, adicionalmente se determinó el efecto de la adición de zeolita sobre la morfometría de intestino, ciegos, hígado y riñones. Se utilizaron en total 1000 animales de la línea genética Ross distribuidos en 4 tratamientos, 5 réplicas por tratamiento y 50 animales por unidad experimental.

Los datos se analizaron bajo un diseño DIA, las diferencias entre las fuentes de variación se detectaron mediante andeva y prueba de comparaciones múltiples de Tukey, los resultados se procesaron mediante el paquete estadístico SAS.

Se encontró que el consumo de alimento en las fases de iniciación, finalización y comportamiento global fue mayor ($P<0.01$) para el tratamiento testigo (1263.6, 2369 y 3632.6 g/animal/periodo respectivamente). Los tratamientos con adición de zeolita se comportaron homogéneamente en las dos fases de producción sin diferencias estadísticas entre ellos con valores promedios comprendidos entre 3416.4 y 3513 g/animal/periodo. Se observó que los niveles de zeolita no produjeron efecto sobre los incrementos de peso en ninguna de las fases evaluadas con valores promedios al final del experimento entre 2076.8 y 2118.5 g/animal/periodo. La mejor conversión alimenticia ($P<0.01$) se presentó en los tratamientos con 2, 4 y 6% de adición de zeolita tanto en la fase de iniciación como de finalización con valores de promedios de 1.64, 1.63 y 1.65 respectivamente, mientras que la peor conversión fue para el testigo con 1.74.

Los índices de mortalidad fueron mayores para el tratamiento testigo (6.4%), en tanto que los tratamientos con zeolita no superaron 4%. Adicionalmente, se pudo evidenciar que la zeolita no produjo efectos de importancia en los indicadores morfométricos con excepción de la longitud relativa de intestino donde los valores fueron menores en aquellos animales que recibieron la dieta testigo (7.72 cm/100g de peso vivo) en contraste los animales que recibieron zeolita en la dieta mostraron valores entre 8.17 y 8.63 cm/100g de peso vivo, no se observó efecto de la dieta sobre el hígado no riñones. El análisis cualitativo de la heces demostró que cuando se adiciona zeolita al pienso la consistencia de las heces es menos acuosa con relación a las heces provenientes de la dieta control, lo cual se evidenció por la facilidad de manejo de las camas. En cuanto a

¹Osorio, Nelson Freddy. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. CAUCAWEB, hacemos grande al Cauca y la proyectamos al mundo. (On line) Popayán, Cauca, 2003 (citado en septiembre 15 de 2005) Disponible en Internet:

<http://www.caucanet.net.co/nf/municipios/balboa.htm>

las características de color y olor se observó que la zeolita adicionada en el alimento produce en las heces un color verde grisáceo, mientras que en el testigo se caracterizan por un olor fuerte a amoníaco. Desde el punto de vista económico se evidenció que la respuesta productiva de los broilers a niveles entre el 2 y 4% de zeolita se refleja en una mayor eficiencia de conversión que redundó positivamente en los ingresos por venta de pollo al final del periodo productivo.

ABSTRACT

The following researching project was carried out at Avicola las Palmas, located in Buenavista town, municipality of Balboa, Department of Cauca, to an altitude of 1630 m.a.s.l, temperature 19°C and relative humidity of 70%. The addition of three levels of zeolite in diets to raise chicken was evaluated, T0= commercial concentrated without zeolite, T1= 2%, T2 = 4% and T3 = 6% at the end and final stage. The food consumption, increasing of weight, nutritional conversion and mortality were evaluated, additionally, the effect of the addition of zeolite on the morfometric of intestine, blind gut, liver and kidneys were determined. Altogether 1000 animals of the genetic line Ross were used and distributed in 4 treatments, 5 replicas for treatment and 50 animals for experimental unit.

The data were analyzed under DIA design, the differences between the variation sources were detected through anova and multiple comparisons test of Tukey, the results were processed through the statistical package SAS.

The food consumption in the stages of initiation, ending and global behavior was higher ($P<0.01$) for the witness group with (1263.6, 2369 and 3632.6 g/animal/period respectively). The groups with addition of zeolite were homogenous in the two stages of production without any statistical differences among them with averages values between 3416.4 and 3513 g/animal/period. The zeolite levels did not produce effect on the increases of weight in any of the evaluated stages with averages values at the end of the experiment between 2076.8 and 2118.5 g/animal/period. The best nutritional conversion ($P<0.01$) appeared in the treatments with 2, 4 and 6% of addition of zeolite at the first and last stage with averages values of 1.64, 1.63 and 1.65 respectively, while the worse conversion was for the witness with 1.74.

The mortality index were higher for the witness group (6.4%), while the groups with zeolite were not higher than 4%. Additionally, it was possible to prove that the zeolite did not produce any important effects in the morfometrics indicators but the relative length of intestine, where the values were smaller in those animals which received the diet witness (7.72 cm/100g of alive weight) in contrast to the animals that received zeolite in the diet showed values between 8.17 and 8.63 cm/100g of alive weight, no effect was observed on the diet of the liver nor kidneys. The qualitative analysis of manure showed that when zeolite is added to the food, the consistency of manure is less liquid in relation to the manure of the diet of control, which was demonstrated by the facility handling the beds of the birds. As far as the characteristics of color and scent concerns it was possible to observe that the zeolite added in the food produces a grayish green color in the manure, while the witness has a strong scent of ammonia.

From the economic point of view, it was demonstrated that the productive behavior of broilers at levels between 2 and 4% of zeolite is a reflection of a higher efficiency of conversion that results positively in the income by saling chicken at the end of the productive period.

INTRODUCCIÓN

La industria productora de alimentos balanceados para aves, se ha preocupado por adelantar procesos investigativos que permitan mejorar la eficiencia de los componentes nutritivos que se les proporciona a los animales, para así lograr un mejor desarrollo de los mismos. A mediados de la década del 80 se adelantaron en Colombia distintos trabajos investigativos que involucraron la zeolita como un componente de la dieta de las aves en la última etapa de desarrollo, con resultados favorables, porque se observó un incremento notable en el peso de los animales.

El uso de la zeolita como complemento alimenticio motivó su producción en forma sintética, aunque desde el punto de vista práctico, en los países en desarrollo los costos de la zeolita sintética son más altos (casi 4 veces más) que la zeolita natural, lo que es un factor que deprime su empleo. Sin embargo, no existen estudios que arrojen información actualizada sobre la utilización de zeolita como complemento alimentario de aves, cerdos y otras especies de animales, que permitan una toma de decisiones por parte de avicultores y profesionales de la zootecnia.

Por otra parte, en la región norte del Departamento de Nariño y del sur del Departamento del Cauca se ha venido consolidando una importante actividad avícola (pollos de engorde), que ha generado ingresos importantes para los microempresarios y sus familias. Teniendo en cuenta lo anterior este estudio se planteó con el propósito de aportar elementos de juicio para la utilización de la zeolita como aditivo en la dieta de pollo de engorde, así como también determinar los efectos productivos y fisiológicos de la adición de tres niveles (2%, 4%, 6%) de este mineral en animales machos de la línea Ross, en la Avícola las Palmas.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Hasta ahora la mayoría de investigaciones sobre zeolitas naturales y sus diferentes aplicaciones en el sector pecuario indican que se obtienen resultados exitosos. La adición de este mineral en la alimentación de pollos, cerdos y ganado a mostrado efectos benéficos como: mayor aumento del peso corporal, mejor conversión alimenticia, disminución en la incidencia de infecciones en el tracto digestivo y reducción del mal olor de los excrementos animales. Además ha sido incluida en diferentes niveles en dietas para pollo de engorde dando como resultado un mayor aumento de peso y una mejor conversión alimenticia.

En evaluaciones realizadas en diversos países, se encontró que los pollos requerían menos alimento y agua en las dietas con inclusión de zeolita; y aún ganaban el mismo peso que las aves que consumían una dieta control, durante la etapa de finalización. Los valores de eficiencia alimenticia fueron altos en todos los niveles de inclusión de zeolita. Además no se observaron efectos adversos en la vitalidad de las aves y las deyecciones de los grupos que recibían dietas con zeolita contenían un 25% menos de humedad que las del grupo control después de un periodo de 12 días de secado.

Teniendo como base los resultados productivos y fisiológicos favorables en la alimentación avícola con la utilización de zeolitas naturales, se ve la necesidad de conocer el comportamiento de este mineral como aditivo en dietas para pollo de engorde tanto en fase de iniciación como de finalización y comportamiento global en eficiencia en la utilización del alimento por parte del animal y su incidencia sobre los costos de producción por este concepto.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Existe poca información sobre el aspecto productivo y fisiológico de la adición de zeolitas en dietas para pollo de engorde durante las fases de crecimiento y engorde en conjunto.

La anterior afirmación da pie para el planteamiento del siguiente interrogante

¿La adición de zeolita en las dietas para pollo de engorde en las fases de iniciación y finalización aportará un efecto positivo en la productividad?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos productivos y fisiológicos de la adición de tres niveles (2%, 4%, 6%) de zeolita en dietas para pollo de engorde.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los efectos productivos (ganancia de peso, mortalidad, consumo de alimento, conversión alimenticia y costos) de la adición de tres niveles (2, 4 y 6%) de zeolita en diferentes etapas del crecimiento del pollo de engorde (iniciación y finalización).
- Determinar los efectos fisiológicos (consistencia de heces, estado de hígado, riñones e intestinos de los animales) de la adición de tres niveles de zeolitas en dietas para pollo de engorde
- Realizar el análisis económico (costo/beneficio) de la adición de tres niveles de zeolita en cada una de las dietas

4. MARCO TEÓRICO

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ZEOLITAS

Según Castaing:

Las zeolitas son minerales clasificados como aluminosilicatos cuya estructura no es de tipo laminar sino que consiste en una matriz de tetraedros de silicio y de aluminio unidos, formando un entramado abierto de canales y poros. A diferencia de las arcillas, las zeolitas son aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de sodio y de calcio. En la naturaleza se han identificado más de 40 especies de zeolitas diferentes y a su vez existen varias especies de zeolitas sintetizadas artificialmente. La fórmula empírica de las zeolitas naturales es la siguiente: $M_nAl_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$. Donde, M es un catión de alcali o alcalino-térreo, n es la valencia de este catión, x es un número de 2 a 10, y es un número de 2 a 7. Sílice, oxígeno y aluminio constituyen el marco para la estructura de la zeolita, parecida a una jaula. La disponibilidad de los componentes químicos deja en el cristal alrededor de un 50% de espacio; en esas superficies internas es donde ocurre la absorción de iones y moléculas extrañas. El aluminio actúa como un sustituto del sílice en la estructura del mineral, resultado de la carga eléctrica negativa del cristal. Para llegar a la neutralidad eléctrica entre varios iones hidratados (por ejemplo: potasio, sodio o calcio) a la estructura de la Zeolita y son retenidos en las cavidades del cristal. Las propiedades esenciales que permiten diferenciar las arcillas entre sí son: Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C. meq./100g), Superficie específica, Reología, Hinchabilidad y Adsorción/Adsorción²

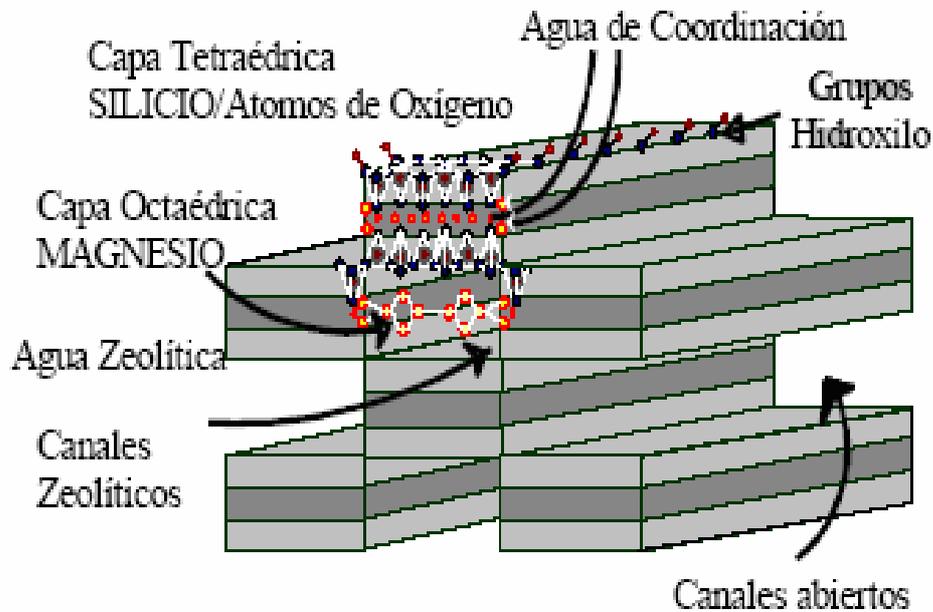
4.1.2 Capacidad de intercambio catiónico. Castaing afirma que:

Las diferencias entre los diferentes tipos de zeolitas son consecuencia directa de las diferentes características estructurales, debidas a su vez a su diferente génesis, composición química y configuración. Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.): Como consecuencia de la sustitución de cationes estructurales por otros cationes de diferente valencia se produce una carga residual en la superficie de las arcillas (sustitución isomórfica). La densidad de carga por unidad de superficie es una característica esencial a la hora de diferenciar entre los distintos tipos de arcillas. Esta carga superficial se compensa con la adsorción química de cationes cambiables y es por tanto responsable de la C.I.C. Por ejemplo, cuando se sustituye un átomo de silicio (Si^{4+}) por uno de aluminio (Al^{3+}) en la capa tetraédrica, o uno de Al^{3+} por uno

² Castaing, Julien. Uso de las arcillas en alimentación animal En: XIV Curso de Especialización avances en nutrición y alimentación animal, Instituto de Ciencia Animal (On line) FEDNA, España. 1998 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet: http://200.55.142.53/boxintranet/support/index.asp?line=esp&data=pro&point=recu&ins=19&sub_=297&pag

de Mg^{2+} en la octaédrica, aparece una carga residual negativa en la superficie, la cual puede ser compensada mediante la adsorción química de cationes de cambio como Na^+ , K^+ , o Mg^{2+} .³ (Figura 1).

Figura 1. Estructura pseudo laminar de las zeolitas



4.1.3 Superficie específica. De acuerdo con Wolter *Et al* citados por Castaing⁴, esta propiedad (m^2/g) permite tener una idea relativa del área externa accesible de cada uno de los distintos productos. Cuanto mayor sea la superficie específica, mayor cantidad de sustancias podrán ser homogéneamente distribuidas sobre ella. Sin embargo, es esencial que dicha superficie tenga una muy baja actividad química para minimizar las interacciones con sustancias con valor nutritivo o terapéutico y evitar que se produzcan interferencias. En este sentido, la sepiolita presenta una gran ventaja comparativamente al resto de las arcillas y silicatos, pues dispone de $350 m^2/g$ de superficie con muy baja C.I.C. El talco y el caolín por su parte son también buenos productos a tener en cuenta como soportes inertes pero con mucha menor superficie. En el extremo contrario se encuentran las zeolitas, que a pesar de poder llegar a tener superficies de $1000 m^2/g$, suelen ser productos con altísima C.I.C. por lo que tienen una alta probabilidad de interaccionar con otras sustancias. Por otro lado, el empleo de las zeolitas presentará ventajas considerables, gracias a su alta C.I.C., cuando se trate de neutralizar el efecto negativo de sustancias tóxicas y antinutricionales.

³ Ibid., sp.

⁴ Ibid., sp.

4.1.4 Reología e hinchabilidad. Acosta, Lon-wo y Dieppa aseguran que:

Estos dos aspectos se consideran conjuntamente para poder hacer una comparación sencilla entre las arcillas que poseen estas propiedades. Para que las propiedades reológicas, consideradas como la capacidad para modificar el comportamiento fluido de un líquido, se pongan de manifiesto, es necesario someter a las arcillas a unos procesos de humectación y disgregación (molienda o micronización) sin que se rompa la estructura elemental característica de cada arcilla. La sepiolita y la clinoptilolita tienen un mejor comportamiento reológico que el resto de las arcillas gracias a su mayor superficie específica, a su mayor relación entre superficie de bordes y superficie de caras, a su elevada porosidad y a su estructura tubular. Todo ello contribuye a que la sepiolita y clinoptilolita se dispersen en agua y en medios líquidos mediante la formación de puentes de hidrógeno y a la retención de agua entre partículas dispersas formando una estructura denominada “castillo de naipes” como consecuencia de las fuerzas de atracción entre bordes y caras, de las fuerzas de repulsión entre caras y caras de la arcilla y de su fuerte hinchabilidad. Las propiedades reológicas y la alta dispersabilidad de algunas arcillas ayudan a explicar, en parte, su efecto sobre la velocidad del tránsito intestinal y sobre la mejora en digestibilidad que se ha obtenido en algunas investigaciones⁵.

4.1.5 Absorción de agua, porosidad, capacidad de retención de amoníaco. Según Wolter *Et al* citados por Castaing:

La capacidad de absorción de agua y de amoníaco de la zeolita ha sido verificada en diversas investigaciones, sin embargo, los mecanismos de absorción son muy distintos para los distintos productos. En la sepiolita y en la atapulgita, el agua y el amoníaco se retienen mediante la formación de puentes de hidrógeno, mientras que en las esmectitas y en la mayoría de las zeolitas, el agua se retiene por hidratación de los cationes que están compensando la carga superficial y por hinchamiento osmótico. El amoníaco, sin embargo se retiene principalmente mediante intercambio catiónico del ión amonio (NH₄⁺), lo cual les da a las zeolitas el reconocido valor de utilidad como aditivos para disminuir los malos olores producidos por la mala disposición de excretas en los planteles pecuarios⁶.

⁵ Acosta, A. Lon-Wo, Esmeralda. y Dieppa, Oraidá. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola (On line) La Habana, Cuba. Tomo 39, Número 3. 2005 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet http://200.55.142.53/boxintranet/support/index.asp?line=esp&data=pro&point=recu&ins=19&sub_ =297&p ag

⁶ Castaing, Julián, Op. Cit., sp.

4.2 USO DE LAS ZEOLITAS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

Según menciona Martín y Saavedra: “las arcillas son elementos estructurales del suelo que se utilizan desde hace muchos años como minerales industriales, con multitud de aplicaciones según sus propiedades. Son productos de alto valor añadido en el sector farmacéutico, como excipiente de medicamentos, en la industria petroquímica, como soporte de catalizadores, y en otros sectores, como aditivos para pinturas, betunes, construcción, cosmética, agricultura, etc”⁷.

Por su parte, Acosta, Lon-Wo y Dieppa argumentan que: “en la industria mundial de la alimentación animal, el empleo de arcillas seleccionadas y procesadas en centros productivos está cada día más extendido. Clásicamente, las arcillas son reconocidas por sus propiedades tecnológicas como agentes fluidificantes y antiapelmazantes en las harinas, como lubricantes para mejorar el rendimiento de las prensas de granulación y como aglomerantes para reforzar la durabilidad de los gránulos”⁸.

Por su parte, Mumpton, y Fishman afirman que: “las arcillas se utilizan en alimentación animal para múltiples aplicaciones: Tecnología: Poder aglomerante, fluidificante y antiapelmazante (“anticaking”). Nutrición: Aumento de digestibilidad de los nutrientes, reducción de la velocidad de tránsito. Salud: Protección gástrica e intestinal. Prevención contra diarreas. Excreción: Aumento en la consistencia de las heces. Calidad: Reducción de huevos sucios Ambiente: Reducción de la emisión de amoníaco y malos olores”⁹.

Se ha encontrado también que las zeolitas aportan un efecto benéfico importante en el secuestro de toxinas. Al respecto Lindemann *et al* citados por Castaing¹⁰ investigaron las posibilidades de usar las bentonitas como absorbentes de sustancias tóxicas mediante estudios *in vitro* y encontraron que con un 10% de bentonita se redujo al 30% la detección de aflatoxinas en un pienso de peces. La bentonita sódica permite la restauración de los resultados zootécnicos de lechones alimentados con una dieta de maíz contaminado. En este caso, el funcionamiento hepático no se altera. En pollos como en cerdos el metabolismo mineral se mantiene, indican también una disminución de los efectos negativos de aflatoxinas cuando hay bentonita sódica al 0,5%.

Por otra parte, Acosta, Lon-Wo, y Dieppa argumentan que:

⁷ Martín, Miguel y Saavedra, Alejandro. Evaluación de la inclusión de dos niveles de zeolita en dietas para pollos de engorde. Bogotá, 1991. 87 p. Tesis de grado (zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

⁸ Acosta, A. Lon-Wo, Esmeralda. y Dieppa, Oraidá, Op. Cit., sp.

⁹ Mumpton, F y Fishman, P. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. En: Journal Animal Science. 1977. p. 1188.

¹⁰ Castaing, Julián, Op. Cit., sp.

Uno de los efectos de la zeolita es que una vez ingerida con el pienso produce una disminución de la velocidad de tránsito intestinal, probablemente debida a la conjugación de las propiedades adsorbentes y reológicas. Este fenómeno fue medido por Tortuero (1993) en pollos, sustituyendo un 1,5% de maíz en el pienso por sepiolita. La emisión del marcador óxido de cromo se produjo entre las 2 y 3 horas después de la ingestión en el 87,5% de los animales del lote con sepiolita, mientras que el 62,7% de los animales testigo lo excretó entre las 1,30 y 1,45 horas. Otra de las observaciones medidas fue la de una mayor repleción intestinal en relación a la menor velocidad de tránsito. Se han confirmado estos resultados también en pollos con pruebas de digestibilidad. Bodart y Thielemans (1986) habían ya descrito en cerdos que el tiempo de retención del alimento en el intestino aumentaba un 6% a las 5 horas de ingestión, cuando el pienso contenía zeolita¹¹.

Adicionalmente, Castaing observó en sus investigaciones:

Una mejora de la digestibilidad de la energía de los piensos de pollos a base de trigo con 2% de zeolita, con niveles de producción similares frente a un testigo no "diluido". En estos trabajos se confirma la reducción de la viscosidad del contenido del íleon aunque no se añadan enzimas al pienso. Reflejan además una disminución del peso de los ciegos relacionada probablemente con la menor concentración en ácidos grasos volátiles a ese nivel y una mayor absorción de los nutrientes en el intestino delgado¹².

4.2.1 La zeolita en la producción de huevos. Castelló citado por Castaing¹³ comparó dos niveles energéticos y cuatro niveles de zeolita de 0 a 3% sustituyendo iguales proporciones de pienso. En piensos de alta energía con zeolita, no hubo diferencias significativas en los índices de conversión ni en los demás parámetros considerados. En piensos de baja energía una sustitución al 3% de zeolita resultó ser excesiva. Se ha confirmado también que el óptimo de incorporación de un tipo de zeolita en un 2% en los piensos de ponedoras. Esta sustitución del pienso de gallinas, si bien aumenta el consumo (+3,5%), permite que el tamaño medio del huevo sea superior (+1g) y la masa de huevos también (+1,5 g; +3%), manteniéndose por tanto el índice de conversión. El aumento de peso es sobre todo debido al albumen, es decir a un aumento del depósito de proteína. La calidad del huevo (Unidades Haugh) mejoró al final de la puesta en los piensos con zeolita.

4.2.2 La zeolita en la producción de pollo de engorde. Los resultados en producción de broilers muestran efectos positivos con el empleo del 2% de sepiolita en sustitución del pienso granulado o en harina. A veces, dicha mejora se manifiesta durante los 21 primeros días, pero en todas las experiencias se alcanza al final del periodo de producción una tendencia a mejorar el crecimiento sin que se modifique el índice de

¹¹ Acosta, A. Lon-Wo, Esmeralda. y Dieppa, Oraidá, Op. Cit. sp.

¹² Castaing, Julián, Op. Cit., sp.

¹³ Ibid., sp.

conversión, con las consiguientes consecuencias económicas positivas tal como lo afirman Tortuero, Fernández. y Martín¹⁴

4.2.3 La zeolita en el levante y ceba de porcinos. Castaing estudió con 840 lechones de 9 a 25 kg el efecto que tenía la zeolita en dietas de tipo fibra (3100 Kcal/kg de ED) y tipo almidón (3.300 Kcal/kg de ED), reemplazando 2% de maíz por zeolita. El crecimiento fue idéntico y se mejoró el índice de transformación un 2,3% para los piensos de alta energía y un 0,6% para los piensos fibrosos. Se han logrado crecimientos superiores al 3% en lechones hasta 25 kg después del destete. A partir de ese trabajo en lechones, todos los estudios posteriores en cerdos hasta 100 kg. se han realizado con zeolita sustituyendo al pienso y no al cereal solamente se ha encontrado un mayor crecimiento y mejoras sustanciales en índice de conversión alimenticia¹⁵.

4.3 SISTEMA DIGESTIVO DE LAS AVES

4.3.1 Desarrollo del sistema digestivo. Según menciona González:

Los primeros días después del nacimiento del pollito y hasta aproximadamente los 14 días de edad, el tubo digestivo y sus órganos asociados sufren cambios significativos tendientes a permitir una adecuada transición desde una alimentación embrionaria dependiente fundamentalmente de los lípidos y proteínas del huevo hacia una dieta rica en carbohidratos, proteínas y grasa. El páncreas, hígado e intestino delgado se desarrollan rápidamente después del nacimiento, alcanzando el intestino su máximo entre 6 y 10 días¹⁶

Por su parte Sklan dice que:

La longitud del intestino aumenta durante la primera semana de vida incluso en la ausencia de alimento, sin embargo, el consumo de alimento y la calidad del mismo es esencial para el inicio del desarrollo de las vellosidades intestinales. A las 2 semanas de edad el intestino tiene plena capacidad digestiva y absorbente. Cinco días antes de la eclosión, las vellosidades intestinales comienzan gradualmente a alargarse alcanzando su máximo a los 6 días de edad en el duodeno y 10 días de edad en el yeyuno e ileon. Paralelamente aumenta el área de superficie intestinal y el número de enterocitos. El volumen de vellosidades intestinales alcanza su máximo entre 10 y 15 días después de la eclosión. La presencia de alimento y sus características fisicoquímicas

¹⁴ Tortuero, F., Fernández, E. Y Martín, L. Efecto de la sepiolita en la dieta sobre el crecimiento, las medidas viscerales y el tránsito intestinal en pollos (On line). En: Arch. Zootécnia 41 (153): 209-217. 1992 España (citado en noviembre 2 de 2006) Disponible en Internet: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma_global=0&revista=62&codigo=862

¹⁵ Castaing, Julián, Op. Cit., sp.

¹⁶ González, Javier. Influencia de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. (On line) Chile 2006 (citado en noviembre 2 de 2006) Disponible en Internet <http://alpaca.veterinaria.uchile.cl/webfavet2006/publicacion/congreso/profesional/aves/3.doc>

influyen de manera directa sobre este desarrollo pudiéndolo acelerar o retrasar¹⁷

Respecto a lo anterior Gonzáles argumenta que:

El alimento estimula el crecimiento del intestino y su capacidad absorbente en la medida en que se van generando nuevos enterocitos. Lo anterior se debe a que un acceso temprano al alimento de alta digestibilidad permite un aumento en el peso relativo del intestino, en la longitud de las vellosidades y en el diámetro intestinal, todos factores que mejoran la utilización de los nutrientes. Los requerimientos energéticos del neonato pueden ser cubiertos por los lípidos de la yema en una primera fase, sin embargo, al no tener acceso a una fuente de glucosa para restablecer el glicógeno hepático sufre una cetosis producto de una activa gluconeogénesis. Además un catabolismo incompleto de ácidos grasos a esta edad, reduce la producción de agua metabólica que es crucial para la hidratación de los tejidos. Una falta en el aporte de carbohidratos aumentará la dependencia de la proteína para gluconeogénesis disminuyendo la disponibilidad de aminoácidos para el crecimiento inicial¹⁸.

Por otra parte Sklan¹⁹ asevera que además de la digestión luminal, las etapas finales de hidrólisis de nutrientes ocurre por enzimas ancladas a la membrana del borde en cepillo del intestino. Estas enzimas incluyen disacaridasas (sucrasa-isomaltasa), peptidasas (glutamil transferasa) y fosfatasas (fosfatasa alcalina). La actividad de estas enzimas es proporcional al desarrollo de los enterocitos después de los 2 días de edad y al peso vivo de las aves. Sin embargo es importante anotar que la actividad enzimática puede ser potencializada con la inclusión de aditivos que permitan mejorar las condiciones del sustrato intestinal.

Así mismo Bedford afirma que:

El incremento progresivo en el área absorbente, de las secreciones pancreáticas y de la capacidad hidrolítica de la mucosa sugieren que el consumo de alimento, el crecimiento del intestino y la actividad enzimática están coordinadas en aves jóvenes para mantener una eficiente disponibilidad de nutrientes. El entendimiento del desarrollo fisiológico temprano del intestino, de los factores que lo afectan y su relación con el desarrollo posterior de los pollos nos lleva a concluir que el manejo nutricional en las primeras etapas de crecimiento es fundamental para lograr adecuados resultados productivos. Lo anterior implica alimentar a las aves de tal forma de lograr el mayor aprovechamiento posible de los nutrientes, manteniendo la integridad del sistema gastrointestinal. Esto significa lograr un desarrollo inicial adecuado

¹⁷ Sklan, D. Development of the Digestive Tract of Poultry. En: XXI World Poultry Congress. Montreal, Canada. August 21-24, 2000. Disponible en internet: http://www.engormix.com/medicaciones_eficiencia_nutricional_pollos_s_articulos_482_AVG.htm

¹⁸ González, Javier, Op. Cit., sp.

¹⁹ Sklan, Op. cit., sp.

para luego continuar con estrategias nutricionales tendientes a optimizar la rentabilidad del kilo de carne producido²⁰.

Un aspecto fundamental en la implementación de sistemas de alimentación estratégica en pollo de engorde es el conocimiento de la dinámica microbial como también de las interacciones de esta con diferentes factores exógenos tales como las características del pienso y condiciones ambientales.

Respecto a lo anterior Craven sostiene que:

La investigación en el uso de aditivos para mejorar la digestibilidad de ingredientes alimenticios ha implicado un avance significativo en el entendimiento de la interacción existente entre la dinámica de las poblaciones microbianas del intestino y las características químicas de los ingredientes alimenticios. El alimento influencia la población bacteriana aportando material fermentable, por ejemplo sustrato o cambiando el ambiente en que viven las bacterias, por ejemplo aumentando la viscosidad como es el caso de la adición de zeolitas. El aumento de la viscosidad reduce el mezclado y el tránsito intestinal lo cual reduce la oxigenación del lumen y permite el aumento de la reproducción bacteriana por un incremento del tiempo de residencia del alimento. Se ha demostrado por ejemplo que la población de *Clostridium perfringens* en diferentes secciones del intestino aumenta considerablemente en pollos alimentados con una dieta a base de centeno al compararla con una dieta a base de maíz²¹

Para Bedford²² la población bacteriana en el intestino tiene un impacto en la eficiencia de digestión de nutrientes del huésped a través de 3 mecanismos:

✓ **Invasión del epitelio y enfermedad:** lo cual implica no sólo un daño sobre la mucosa intestinal sino también una respuesta inmune del huésped que va acompañada de un menor rendimiento productivo. Ejemplos de este tipo de interacción son la enteritis necrótica producida por *Clostridium perfringens* y su relación con trigo y cebada. Esta patología se ha asociado también a algunos tipos de soya y harinas de origen animal. Un exceso de proteína que escapa la digestión del intestino delgado se transforma en un excelente sustrato para la multiplicación de *Clostridium*.

✓ **Competencia por fuentes alimenticias:** en la cual los microorganismos del intestino compiten con el huésped por nutrientes. Una comparación entre aves libres de patógenos y aves convencionales determinaron que las bacterias del intestino pueden extraer hasta un 8% de la EMA del alimento (Muramatsu et al., 1994). La adición de

²⁰ Bedford, M.. Independent and interactive changes between the ingested feed and the digestive system in poultry. 84th Annual Poultry Science Meeting. Alberta, Canada, 1995. p. 347 – 365.

²¹ Craven, S. Colonization of the intestinal tract by *Clostridium perfringens* and fecal shedding in diet-stressed and unstressed broiler chickens. Poultry Sci. 2000. p. 843-849.

²² Bedford, Op. Cit., sp.

ingredientes viscosos aumenta o modifica la población bacteriana aumentando los requerimientos nutricionales de esta en desmedro del huésped.

✓ **Efectos secundarios de metabolitos:** la fermentación bacteriana produce metabolitos que pueden directa o indirectamente afectar la actividad de enzimas digestivas, particularmente aminos biogénicos (poliaminas) y ácidos grasos de cadena corta. Una dieta a base de centeno aumenta la concentración de coliltaurina oxidasa la cual desconjuga los ácidos biliares disminuyendo la absorción de grasas. Los ácidos grasos de cadena corta pueden disminuir el pH intestinal disminuyendo las secreciones pancreáticas. Las poliaminas aumentan el grosor de la mucosa intestinal al igual que los ácidos grasos de cadena corta.

Los efectos antes mencionados tienen un impacto en el valor nutricional que le asignamos a los ingredientes alimenticios y también en el resultado productivo de las aves. En la medida que la población microbiana del intestino signifique un aumento en el tamaño y grosor de la mucosa intestinal, un desafío para el sistema inmune del ave y un menor aprovechamiento de los nutrientes, esto se traducirá en una peor conversión de alimento y menor crecimiento.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Avícola las Palmas, ubicada en la Vereda Buena Vista, Municipio de Balboa, Departamento del Cauca, con una altitud de 1.630 m.s.n.m, humedad relativa del 70 % y temperatura promedio de 19°C²³.

5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para el ensayo se dispuso de un galpón de 18 m de largo por 10 m de ancho del cual sólo se ocupó un área de 100 m² (10 m x 10 m), en donde se acondicionaron compartimentos para cada tratamiento y sus respectivas réplicas.

El galpón está orientado en sentido norte-sur, construido en ladrillo, piso de cemento, estructura metálica, cubierta de teja asbesto-cemento, paredes laterales de 1.2 m de altura, puertas metálicas y pediluvio en la entrada. Las ventanas laterales están protegidas con malla y cortinas plásticas.

5.3 ANIMALES

Se trabajó con 1000 pollos machos, de la línea Ross, los animales fueron adquiridos de un día de edad, con los cuales se siguió todas las recomendaciones básicas de manejo: fuentes de calor eléctricas, iluminación permanente, control de ventilación, de la misma manera se siguió el plan sanitario recomendado para la especie y zona.

5.4 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

El alimento base utilizado fue un concentrado comercial tipo crombo (Reg ICA N° 1254 y 3054 AL), al cual se adicionó y mezcló de forma manual diferentes niveles de zeolita de acuerdo a los niveles planteados en esta investigación. El alimento mezclado fue empacado en los sacos originales y dispuesto en lugar fresco y seco hasta su posterior suministro a los animales. Los pollos dispusieron de alimento balanceado a voluntad; los animales correspondientes a los tratamientos con adición de zeolita recibieron desde el día 1 hasta el día 7 alimento de iniciación más la adición del 1% de zeolita como período de adaptación, del día 8 hasta terminar el periodo de finalización la alimentación fue controlada por tabla con la adición de 3 niveles (2%, 4% y 6%) de zeolita. La población animal se distribuyó en 20 grupos correspondientes a 4

²³Osorio, Nelson Freddy. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. CAUCAWEB, hacemos grande al Cauca y la proyectamos al mundo. (On line) Popayán, Cauca, 2003 (citado en septiembre 15 de 2005) Disponible en Internet:

<http://www.caucanet.net.co/nf/municipios/balboa.htm>

tratamientos, 5 replicas y 50 pollos por réplica. Los pollos se pesaron al inicio del experimento y luego cada semana hasta el período de finalización para efecto de las comparaciones correspondientes.

La composición mineralógica de la zeolita utilizada se resume en la Tabla 1

Tabla 1. Composición Química de la zeolita

Componente	Porcentaje
SiO ₂	65.95
Al ₂ O ₃	12.17
F ₂ O ₃	1.40
CaO	3.32
MgO	1.77
Na ₂ O	2.37
K ₂ O	1.05
CaCO ₃	5.69
Composición mineralógica: Clinoptilolita + Heulandita + Mordenita > 85%	
Cuarzo, calcita y montmorillonita: 13%	

Fuente: Empresa Geominera de oriente, Laboratorio Central, 2006

5.4 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados fueron:

T0 : Concentrado comercial (sin zeolita)

T1: Concentrado comercial más 2% de adición de zeolita

T2: Concentrado comercial más 4% de adición de zeolita

T3: Concentrado comercial más 6% de adición de zeolita

5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con 4 tratamientos, 5 réplicas por tratamiento y 50 aves por réplica. Para las fases de iniciación y finalización como experimentos diferentes, mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta de la i ésima unidad experimental que recibió el j ésimo tratamiento

μ = Media general.

a_i = Efecto principal de los tratamientos

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la i ésima unidad experimental sometido al j ésimo tratamiento.

5.5.1 Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis nula: $H_0: \mu_{N1} = \mu_{N2} = \mu_{N3}$

Hipótesis alterna: H_1 : Por lo menos uno de los niveles se comportara diferente.

5.6 VARIABLES EVALUADAS.

Las variables que se analizaron fueron:

5.6.1 Ganancia de peso. Para registrar la ganancia de peso/ave, al peso corporal se le restó el peso inicial calculado el primer día. Cada semana se adelanto el registro del peso del total de los animales.

5.6.2 Consumo de alimento. La medición de esta variable se realizó así:

$$\text{Consumo de alimento promedio/ave} = \frac{\text{Suministro de alimento total del periodo}}{\text{Número de aves en el período}}$$

5.6.3 Conversión alimenticia. La conversión alimenticia se calculó por semana y acumulada, de la siguiente forma:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Suministro de alimento promedio/ave}}{\text{Peso vivo promedio/ave}}$$

5.6.4 Mortalidad. El porcentaje de mortalidad será calculado así:

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \frac{\text{Número de aves muertas en el período}}{\text{Número de aves iniciadas en el periodo}} \times 100$$

5.6.5 Características fisiológicas del sistema digestivo de los animales. La evaluación de estos indicadores se llevó a cabo mediante medición directa de peso, longitud de todos los órganos del aparato digestivo, riñones e hígado , para lo cual se suprimió el suministro de alimento 12 horas antes del sacrificio de los animales.

5.6.6 Características físicas de heces. En esta variable se evaluaron factores como consistencia, textura, color y olor.

5.6.7 Análisis económico. Se realizó un análisis de la relación costo/beneficio donde se incluyó los costos que intervienen directamente en el proceso productivo.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La respuesta animal en las variables consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y mortalidad se abordarán en este acápite buscando una visión integral del comportamiento de cada una de ellas a lo largo de todo el periodo experimental, las fases de iniciación, finalización y comportamiento global no se toman por separado puesto que las variaciones encontradas son mínimas.

6.1 CONSUMO DE ALIMENTO

En la Tabla 2 y Figura 2 se resumen los valores de consumo de alimento para las fases de iniciación, finalización y comportamiento global en todo el ciclo productivo.

Tabla 2. Consumo de alimento en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)

Tratamientos	Fase 1	Fase 2	Total
Testigo (T0)	1263.6 A	2369.0 A	3632.6 A
Zeolita ₂ (T1)	1173.0B	2243.4B	3416.4B
Zeolita ₄ (T2)	1203.2B	2223.8B	3427.0B
Zeolita ₆ (T3)	1211.6B	2291.0B	3513.0B

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($P < 0.05$)

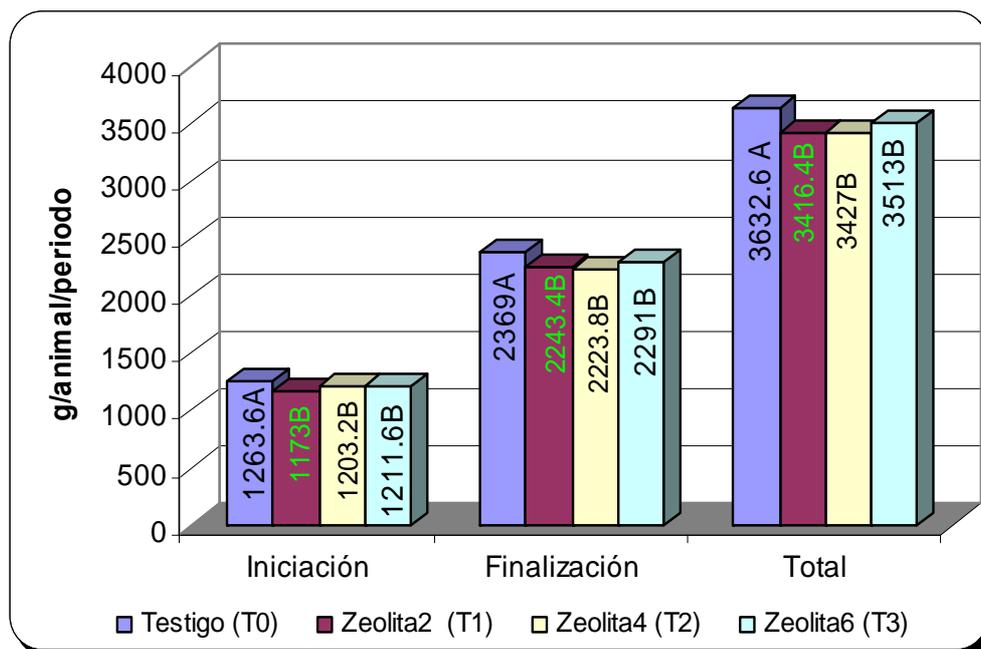
Los análisis de varianza (Anexos A, D y G) indican diferencias ($P < 0.01$) entre los tratamientos para las fases de iniciación, finalización y comportamiento global.

Según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, los animales que recibieron concentrado comercial presentaron los mayores consumos a lo largo de todo el periodo experimental, los tratamientos con niveles de adición de zeolita en la dieta tuvieron consumos menores desde el inicio hasta el final de la fase productiva.

Los resultados obtenidos sugieren que desde la fase de iniciación hasta el sacrificio, los animales suplementados con zeolita en niveles de 2, 4 y 6% muestran una disminución en el consumo de alimento; comportamiento que puede atribuirse a que la presencia de este mineral en la dieta produce un efecto directo sobre el sustrato alojado a lo largo del tracto gastrointestinal con un aumento en la densidad y peso específico del mismo, lo que quizá provocó una reducción en la tasa de pasaje y se reflejó en el animal en un menor consumo por una respuesta hipotalámica de saciedad; ya que se considera que el animal continuará comiendo a menos que el centro de la saciedad reciba señales que inhiban la actividad del centro del hambre, respuesta que puede desencadenarse por una distensión intestinal.

Lo anterior es corroborado por Castaing, quien afirma que: “algunas zeolitas poseen propiedades reológicas, de dispersabilidad e hinchabilidad, que le confieren la capacidad para modificar el comportamiento fluido de un líquido; lo que explica en parte, su efecto sobre la reducción de la velocidad de tránsito intestinal, efecto que puede provocar una distensión intestinal y activar una respuesta hipotalámica de saciedad²⁴”.

Figura 2. Consumo de alimento en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)



Tortuero, Fernandez y Martín²⁵ coinciden con lo expuesto anteriormente; puesto que midieron la tasa de pasaje en pollos, sustituyendo un 1,5% de maíz en el pienso por sepiolita. La emisión del marcador oxido de cromo se produjo entre las 2 y 3 horas después de la ingestión en el 87,5% de los animales del lote con sepiolita, mientras que el 62,7% de los animales testigo lo excretó entre las 1,30 y 1,45 horas.

Adicionalmente, la composición proteica y energética de las dietas evaluadas al parecer no fue limitante en el consumo; ya que la adición de zeolita se realizó sin alterar la composición porcentual del concentrado. Sin embargo, la reducción en el consumo en aquellos tratamientos que contenían zeolita se vio compensada por un mejor aprovechamiento de los nutrientes de la dieta; probablemente por una mayor

²⁴ Castaing, Julien, Op. Cit. sp.

²⁵ Tortuero, F., Fernández, E. Y Martín, L, Op. Cit., sp.

permanencia del alimento en el tracto gastrointestinal y consecuentemente una mayor actividad enzimática sobre el sustrato.

Respecto a lo anterior Gernat argumenta que:

El consumo de alimento aumenta a medida que disminuye el contenido energético de la dieta hasta que sea limitado ya sea porque se llenó el intestino, o por otros límites fisiológicos. Debido a que la conversión de alimento es económicamente importante en la producción de aves de engorda, es poco práctico estimular un mayor consumo de alimento reduciendo la densidad calórica, además, las aves de engorda tienden a consumir hasta la capacidad máxima del intestino si no son limitadas por toxicidad de la dieta, manejo ambiental o factores de enfermedad²⁶.

El resultado fisiológico a la adición de zeolita en la dieta fue evidente en la reducción del consumo voluntario de los animales, aunque es de anotar que esta reducción causó una disminución en los consumos totales de proteína y energía sin embargo, como afirma Bondi:

Con respecto al consumo, los mecanismos de control glucostático parecen tener prioridad, ya que las aves tienden a consumir alimento para satisfacer sus requerimientos energéticos primero. La segunda prioridad es consumir alimento para satisfacer los requerimientos de consumo diario de aminoácidos. Bajo condiciones de alimentación a libre elección donde las distintas fuentes de la dieta están disponibles, las aves modularán su consumo de alimento para satisfacer las necesidades diarias tanto de energía, como de aminoácidos. En galpones comerciales donde solo hay una opción de alimento balanceado disponible, el consumo de alimento está marcadamente influido tanto por el perfil energético de la dieta, como por el de aminoácidos²⁷.

De lo anterior es posible deducir que la adición de zeolita en la ración, mejoró la disponibilidad global de nutrientes, quizá por efecto de una mayor sincronización de las fuentes energéticas y proteicas; hecho por el cual posiblemente los consumos en los tratamientos con zeolita fueron menores y los animales que recibieron dichos tratamientos precisaron de una menor cantidad de alimento para cubrir sus necesidades nutricionales.

6.2 INCREMENTO DE PESO

En la Tabla y Figura 3 se presenta el consolidado del incremento de peso para las fases de iniciación, finalización y comportamiento global en todo el ciclo productivo.

²⁶ Gernat, Abel. Consumo de Alimento de Pollo de Engorde de A a Z. En: Artículos técnicos Engormix (On line) Argentina 2006 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet http://www.engormix.com/consumo_alimento_pollo_engorde_s_articulos_958_AVG.htm

²⁷ BONDI, A. Nutrición animal. Zaragoza: Acribia, 1989. 544 p.

Tabla 3. Incremento de peso en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)

Tratamientos	Fase 1	Fase 2	Total
Testigo (T0)	843.5A	1238.2A	2081.3A
Zeolita₂ (T1)	826.5A	1232.5A	2076.8A
Zeolita₄ (T2)	851.7A	1248.0A	2099.8A
Zeolita₆ (T3)	848.2A	1261.6A	2118.5A

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

En el análisis de varianza (Anexos B, E y H) se encontró similitud estadística para los tratamientos evaluados tanto en las fases de iniciación y finalización como en el comportamiento global durante todo el experimento.

De acuerdo a los resultados, es posible mencionar que los niveles de zeolita adicionados en la dieta no tuvieron incidencias en el incremento de peso en ninguna de las fases de producción y fueron semejantes incluso con los rendimientos obtenidos al suministrar concentrado comercial sin zeolita, sin embargo, las diferencias en consumo fueron evidentes; lo que hace suponer que la zeolita adicionada en el pienso incrementa la eficiencia de utilización de los nutrientes componentes del alimento incluso desde los primeros días de vida de los pollitos posiblemente por un mayor tiempo de exposición del sustrato al ataque enzimático y bacterial.

El manual Ross 308²⁸ reporta que el peso alcanzado por parrilleros a los 36 días de edad debe estar alrededor 2115 g/ave para machos, valor que se encuentra dentro del rango obtenido en esta investigación.

Los datos obtenidos en la presente investigación son mayores a los reportados por Martín, Madrazo y Rodríguez²⁹ quienes en un experimento con aceite vegetal encontraron incrementos de peso globales para machos entre 1800 y 1899 g/ave. Es importante mencionar que la zeolita, indiferentemente de su nivel de adición en el pienso desplazó de alguna manera el consumo de nutrientes totales; ya que este mineral se compone de elementos inertes y su aporte nutricional como tal a la dieta es nulo. Desde este punto de vista, se esperaría que los tratamientos donde se presentaron los menores consumos coincidan con menores incrementos de peso vivo lo cual no se observó en esta investigación, esto difiere de lo sustentado por Gernat quien afirma que: “el aumento de peso corporal disminuirá conforme disminuya el contenido

²⁸ Ross 308, Op. Cit., p. 8.

²⁹ Martín, O. Madrazo, G. y Martínez, A. Evaluación de dietas de preinicio en el comportamiento productivo de pollos de engorde. *En*: Revista Cubana de Ciencia Avícola, 2002. 26 151:158 (On line) La Habana, Cuba. 2006 (citado en octubre 27 de 2006) Disponible en Internet: http://www.iaa.cu/pdf/v26_151.pdf

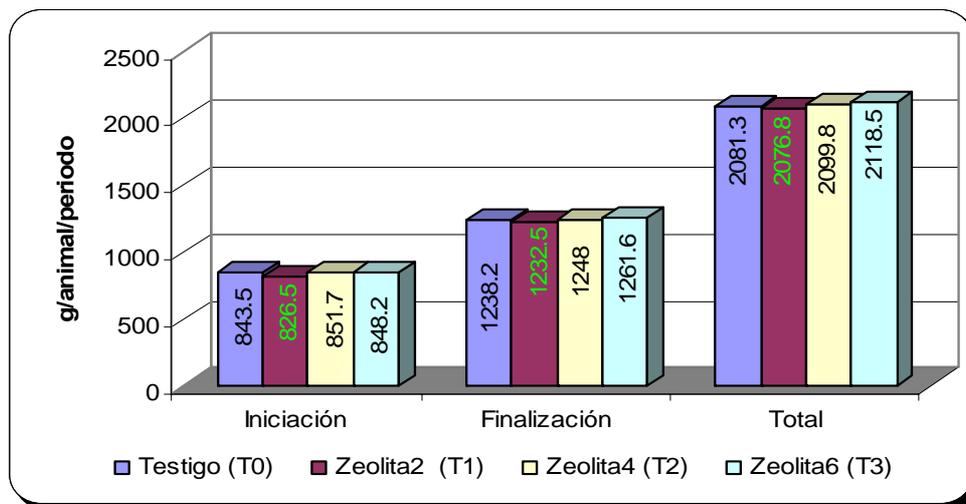
de nutrientes de la dieta por debajo del nivel de requerimiento para el crecimiento óptimo.”³⁰.

Así mismo, el consumo adicional de zeolita supone una relativa descompensación en la ingesta de concentrado y con ella una disminución generalizada de los nutrientes que lo componen, sin embargo, esto no afectó los incrementos de peso; posiblemente porque la zeolita es capaz de incrementar la disponibilidad de dichos nutrientes en virtud de su efecto físico sobre el sustrato que la caracteriza.

En este sentido Gonzáles afirma que: “el conocimiento de las interacciones entre características composicionales de los ingredientes alimenticios y factores inherentes a la fisiología del ave es necesaria para una adecuada nutrición tendiente a optimizar la expresión del potencial genético”³¹.

Adicionalmente, es posible deducir que el uso de estos minerales en alimentación de pollos mejoró la disponibilidad de los nutrientes de la dieta total posiblemente como resultado de una interacción entre la dinámica de las poblaciones microbianas del intestino y las características químicas de estas arcillas.

Figura 3. Incremento de peso en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)



Respecto a lo anterior Acosta, Lon-Wo y Dieppa afirman que:

La influencia de las zeolitas sobre la población bacteriana se da especialmente por el aporte de sustrato fermentable donde la zeolita puede actuar

³⁰ Gernat. Op. Cit., sp.

³¹ González, Javier. Influencia de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. (On line) Chile 2006 (citado en octubre 27 de 2006) Disponible en Internet <http://alpaca.veterinaria.uchile.cl/webfavet2006/publicacion/congreso/profesional/aves/3.doc>

cambiando el ambiente en que viven las bacterias, por ejemplo aumentando la viscosidad que reduce el mezclado y el tránsito intestinal lo cual reduce la oxigenación del lumen y permite el aumento de la reproducción bacteriana por un incremento del tiempo de residencia del alimento³²

Por otra parte, Martín y Saavedra³³ reportan que en diversos trabajos se han encontrado resultados contradictorios con respecto al efecto de la zeolita sobre los índices productivos en monogástricos. Así Pound y Murthon citados por estos autores argumentan que en experimentos realizados en Japón sobre la aplicación de zeolitas naturales como aditivos dietéticos se han encontrado resultados no significativos.

Mumtom y Fischman³⁴ contrastan con lo anterior al argumentar que la zeolita en alimentación de pollos ha demostrado un gran número de efectos benéficos como mayores incrementos de peso, eficiencia en la conversión alimenticia y disminución en la incidencia de infecciones en el tracto digestivo.

6.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En la Tabla y Figura 4 se muestran los resultados para conversión alimenticia en las fases de iniciación, finalización y comportamiento global en el ciclo productivo.

Tabla 4. Conversión alimenticia en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Fase 1	Fase 2	Total
Testigo (T0)	1.5A	1.91A	1.74A
Zeolita ₂ (T1)	1.41B	1.79B	1.64B
Zeolita ₄ (T2)	1.41B	1.78B	1.63B
Zeolita ₆ (T3)	1.42B	1.81B	1.65B

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

El análisis de varianza (Anexos C, F y I) reveló diferencias (P<0.01) entre tratamientos en las fases de iniciación finalización y comportamiento global.

Los tratamientos con adición de zeolita en la dieta mostraron las mejores conversiones (similares estadísticamente entre si) a lo largo de todo el periodo productivo, mientras que el tratamiento testigo las menos eficientes.

³² A. Acosta, Esmeralda Lon-Wo y Oraidia Dieppa, Op. Cit., sp.

³³ Martín, Miguel y Saavedra, Alejandro. Op. Cit., p.45.

³⁴ Mumpton, F y Fishman, P, Op. Cit., p. 1188.

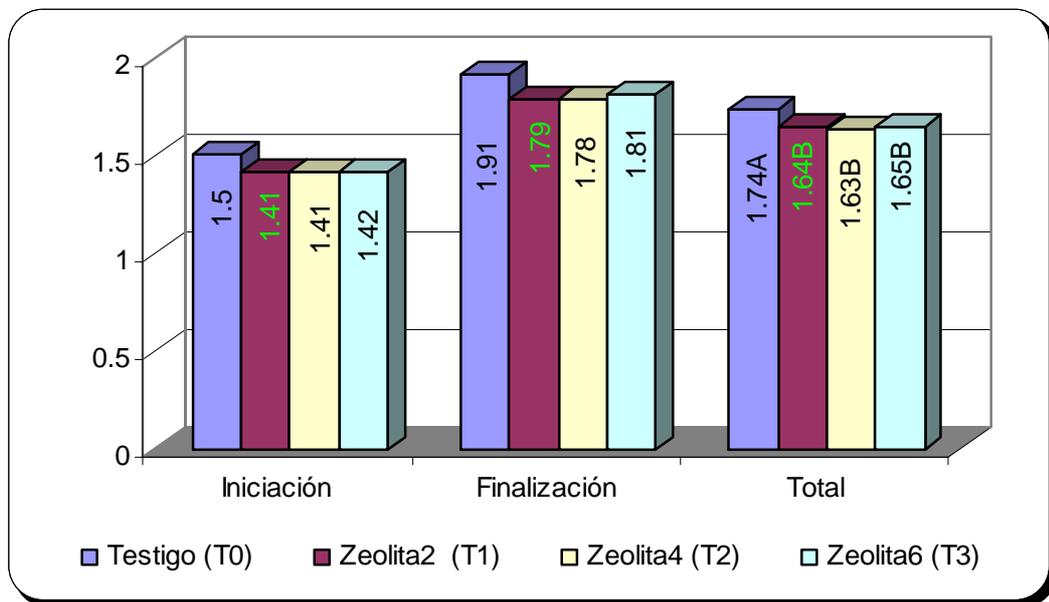
Independientemente del nivel de adición de zeolita utilizado se pudo establecer que el pollo de engorde responde positivamente a la presencia de este mineral en la dieta desde la fase de iniciación hasta la fase de acabado. No se encontró ningún efecto adverso que pudiera atribuirse a la zeolita sobre la salud de los animales, lo cual deja entrever que este material es inocuo y el sistema digestivo de los pollitos lo acepta adecuadamente incluso al iniciar una alimentación temprana.

Los valores obtenidos al adicionar zeolita en la dieta son mejores a los consignados por manual Ross 308³⁵ quien reporta conversiones de 1.67 para machos. Sin embargo, es en este índice de conversión donde se logró verificar las bondades de la zeolita en la mejora de la conversión alimenticia

Por otra parte, los datos encontrados en este experimento en general son menores a los reportados por Martín, Madrazo y Rodríguez³⁶ quienes lograron conversiones de 2.03.

Con base en los resultados obtenidos es posible mencionar que las mejores conversiones observadas en esta investigación, posiblemente obedecieron a que la zeolita presente en el alimento independientemente de su nivel de adición aportó con sus características físicas una mejora en la disponibilidad de los nutrientes de la ración.

Figura 4. Conversión alimenticia en parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta (g/animal/periodo)



³⁵ Roos 308, Op. Cit., p. 8.

³⁶ Martín, Madrazo y Rodríguez, Op. Cit., sp.

Respecto a lo anterior Mumpton y Fischman argumentan que:

El aumento de la digestibilidad de los alimentos mezclados con zeolita en gran parte se debe a sus capacidades adsorptivas e intercambio de iones. Aparentemente, la eficiencia en el aprovechamiento de alimentos en los animales se aumenta significativamente debido a la captura de aflatoxinas naturales del alimento y contribuye al máximo incremento de la disponibilidad de los componentes naturales (nutrientes), que se refleja en un incremento en la productividad animal³⁷

Así mismo, Martín y Saavedra, afirman que:

El uso de zeolitas puede ser interpretada como la capacidad de adsorción de iones como el amonio y otros elementos, la eliminación del exceso de líquidos del canal alimenticio; de esta manera se previene la diarrea y la indigestión. El medio ácido se reduce, con lo que se disminuye también la reproducción de microorganismos nocivos y se prolonga la retención del alimento en el tracto digestivo. También se presenta una evidente activación de los procesos de fermentación y un mejoramiento en la composición proteica de la sangre³⁸

Por otra parte, la zeolita en el alimento incidió para que los tratamientos 1, 2 y 3 logaran las mejores conversiones; lo que quizá obedeció a una adecuada sincronización entre las fracciones proteica y energética, es decir; que las velocidades de degradación de estas fracciones tuvieron un mayor tiempo de exposición del sustrato que pudo incrementar el trabajo enzimático y colonización bacteriana sobre los nutrientes de la ración.

Al respecto, Martín y Saavedra sostienen que: “las zeolitas hacen más eficiente la utilización del nitrógeno debido a una adecuada sincronía entre las fuentes proteico-energéticas”³⁹.

También Castaing⁴⁰ observó en sus investigaciones una mejora de la biodisponibilidad energética de los piensos de pollos a base de trigo con 2% de zeolita, con niveles de producción mayores frente a un testigo no “diluido”. En estos trabajos se confirmó la reducción de la viscosidad del contenido del íleon y un aumento en la actividad específica de la lipasa, amilasa y quimo-tripsina.

6.4. MORTALIDAD

En la Figura 5 se presentan los valores de mortalidad para fases de iniciación, finalización y acumulada.

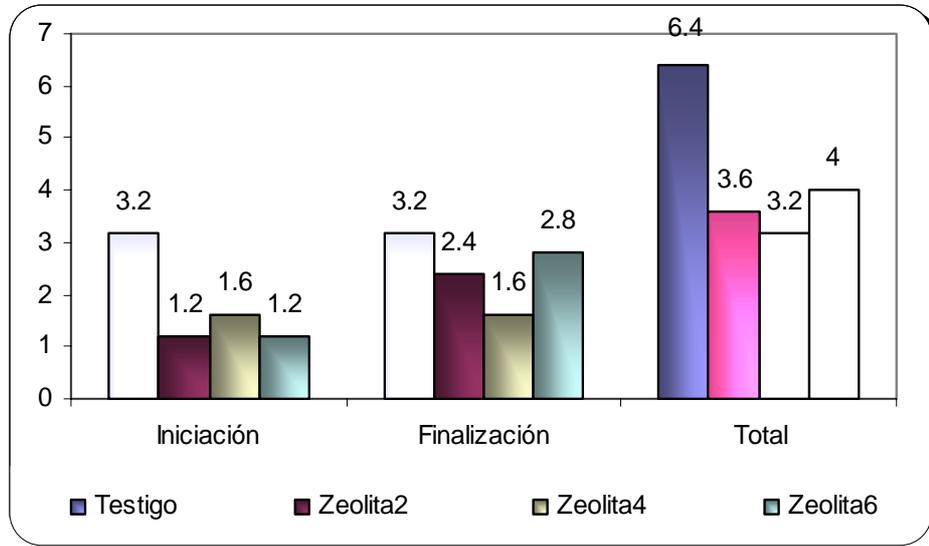
³⁷ Mumpton, F y Fishman, P. Op. cit., p. 1188.

³⁸ Martín, Miguel y Saavedra, Alejandro, Op. Cit., p. 87.

³⁹ Ibid., p. 88.

⁴⁰ Casting, Op. Cit., sp.

Figura 5. Mortalidad acumulada de parrilleros con adición de diferentes niveles de adición de zeolita en la dieta.



Como se observa en la Figura 5, el tratamiento testigo presentó los mayores valores para esta variable, con una mortalidad acumulada al final de 6.4%. Los tratamientos con diferentes niveles de adición de zeolita en la dieta mostraron menores valores al final del periodo entre 3.2 y 4%.

A pesar de que el tratamiento testigo tuvo el mayor índice de mortalidad, este valor es considerado dentro de los límites permitidos para la línea de aves utilizada en esta investigación tal como lo menciona Bastidas y Espinosa quienes reportan que los índices de mortalidad menores al 6.5% pueden considerarse como adecuados⁴¹.

El tratamiento T0 presentó las mayores mortalidades en las dos fases experimentales dando una mortalidad acumulada de 6.4% mientras que para los tratamientos con zeolita no superaron el 4% lo que corrobora lo anteriormente expuesto en el sentido de que la zeolita propicia condiciones favorables no solo en la disponibilidad de los nutrientes sino en la salud integral de las aves (prevención de diarreas e indigestión) que permite una expresión productiva acorde con su potencial genético.

Los resultados obtenidos son acordes a los reportados por Tsitsisavilli⁴², quien en investigaciones con inclusión de zeolitas en dietas para pollo de engorde, no encontró efectos adversos para la viabilidad de las aves, e inclusive reportan disminución de la

⁴¹ BASTIDAS, Carlos y ESPINOSA, Jonson. Evaluación de diferentes niveles de trigo (*Triticum vulgare*) en la alimentación de pollos de engorde. Pasto 2000, 7 p. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias

⁴² Tsitsisavilli, G. Perspectivas of natural zeolitas application. Ocurrance. Propierties and utilization of natural zeolites. Budapest: Kallo and Sherry. HS Academy Kiado. 1988. p. 76

mortalidad en algunos casos atribuible especialmente a la reducción en la incidencia de infecciones en el tracto digestivo.

Desde otro punto de vista es posible afirmar que las menores mortalidades observadas en los animales que recibieron zeolita incluso desde la fase de iniciación tal vez obedecieron a que el poder secuestrante de factores antinutricionales como micotoxinas y aflatoxinas que caracteriza a la zeolita permitiera el suministro de un alimento libre de factores externos que pudieran comprometer la salud de los animales que los consuman.

Casting⁴³ coincide con lo anterior al sostener que, debido a la elevada actividad química, de las zeolitas en el secuestro de aflatoxinas, esta podría constituirse como una de las aplicaciones más importantes lo cual está soportado por pruebas *In vitro*. También en pruebas *In vivo* se describen ligeras reducciones en el depósito de aflatoxinas en el hígado y en el páncreas de pollos, sin modificación de los parámetros bioquímicos.

La capacidad de las arcillas en especial la clinoptilolita para atrapar micotoxinas esta derivada de su expandibilidad que a la vez determina su capacidad de intercambio catiónico tal como lo mencionan Acosta, Lon-Wo y quienes afirman que:

El mecanismo de acción de la zeolita es a través de una adsorción irreversible; esto significa que una vez que las micotoxinas han sido adsorbidas, son eliminadas por las heces, sin afectar al animal. La ventaja de este método de control es que no depende de las condiciones existentes en el tracto gastrointestinal, que podrían estar afectando la efectividad de las enzimas digestivas o la competitividad entre las diferentes bacterias. Tampoco produce una bio-transformación de la micotoxina, con el riesgo de que pudiera transformarse en un metabolito tan tóxico como la micotoxina original⁴⁴.

6.5 MORFOMETRÍA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

Con el propósito de determinar el efecto de la adición de zeolita sobre algunos indicadores morfométricos; se realizaron mediciones de longitud y peso del TGI como también peso del hígado. Los resultados se presentan como medidas relativas ya que se calcularon teniendo en cuenta la relación de cada una de ellas con el peso vivo del animal.

6.5.1 Longitud relativa de intestino y ciegos. Los datos se resumen en la Tabla 5. De acuerdo al análisis de varianza (Anexos D y E) estos indicadores mostraron diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos. La menor longitud intestinal expresada en cm/100 g pv fue para el tratamiento testigo (7.72 cm/100 g pv), los demás tratamientos evaluados no mostraron diferencias con valores entre 8.17 y 8.63 cm/100 g pv.

⁴³ Casting, Op. Cit., sp.

⁴⁴ A. Acosta, Esmeralda Lon-Wo y Oraidia Dieppa, Op. Cit., sp.

Al observar los datos de longitud relativa de intestino se evidencia un aparente efecto de la adición de zeolita sobre esta variable, puesto que no se encontraron diferencias dentro de las dietas que la incluían, pero sí de estas contra el testigo sin zeolita, resultados que se pueden explicar por la respuesta fisiológica de los animales ante la presencia de este aditivo en la ración, posiblemente, las variaciones en la longitud relativa del intestino estuvieron relacionadas con las características físicas de reología e hinchabilidad de la zeolita que quizá promovió un mayor desarrollo de este tramo del tracto gastrointestinal.

Sin embargo, los datos obtenidos difieren de los reportados por Tortuero, Fernández, y Martín⁴⁵ quienes en un estudio sobre la inclusión de sepiolita en dietas para pollo de engorde encontraron medidas de longitud de intestino entre 6.24 y 6.34 cm/100g de pv para aquellos animales alimentados con la dieta testigo frente a la dieta experimental con zeolita, es de anotar que estos valores fueron tomados a los 21 días de edad de las aves hecho que puede explicar la superioridad de los datos obtenidos en esta investigación cuya medición se realizó a los 37 días.

Tabla 5. Longitud relativa de intestino y ciegos de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Intestinos¹	Ciego¹
Testigo (T0)	7.72 B	0.8649 A
Zeolita₂ (T1)	8.47 A	0.8798 A
Zeolita₄ (T2)	8.17 A	0.9025 A
Zeolita₆ (T3)	8.63 A	0.8208 A

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

¹ cm/100g de peso vivo

Por su parte, Ortiz afirma que:

La longitud y el peso del intestino están altamente correlacionados con las características del pienso y del tiempo transcurrido entre la eclosión y el inicio de la alimentación, la digestión y la absorción son poco eficaces en el pollito recién eclosionado pero su desarrollo se acelera a medida que comienza su alimentación sólida exógena, produciéndose cambios en la morfología del tubo digestivo especialmente en cuanto a longitud y peso, así como en las secreciones enzimáticas intestinales y pancreáticas. Así, se han encontrado incrementos de 3,9 a 5,3 g y de 13,4 a 16,8 cm (expresado por 100 g de peso corporal) al dar dietas altamente fermentables, lo que está fuertemente correlacionado con la viscosidad del quilo⁴⁶.

⁴⁵ Tortuero, F., Fernández, E. Y Martín, L, Op. Cit., p. 245.

⁴⁶ Ortiz, Andrés. Salud Intestinal. Ajuste de Dietas En: Artículos técnicos Engormix. (On line) Argentina, 2006 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet http://www.engormix.com/salud_intestinal_ajuste_dietas_s_articulos_831_AVG.htm

El mismo autor afirma que: “la longitud del intestino puede relacionarse en forma directa con la altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas; lo que se refleja en un incremento en la superficie y capacidad de absorción de los nutrientes del alimento”⁴⁷.

Por su parte, Mateos, Lázaro y Gracia aseveran que:

Para favorecer el desarrollo temprano del TGI en general, se requiere el acceso rápido del pollito a agua y alimento y unas fuentes adecuadas de energía y proteína en el pienso de iniciación ya que la digestión y absorción de nutrientes depende en gran medida de la actividad enzimática del páncreas órgano que es funcionalmente inmaduro en los primeros estadios de vida. Por tanto, la digestibilidad de la proteína, lípidos y almidón es incompleta durante la fase de iniciación⁴⁸.

Lo anterior permite deducir que la adición de zeolita a las dietas para pollo de engorde incluso en el alimento suministrado en los primeros días de vida del pollito puede mejorar la disponibilidad de los nutrientes dada su ya conocida influencia positiva en la actividad enzimática sobre los componentes de la ración global, donde un mayor desarrollo del intestino de hecho supone una mayor presencia y actividad sobre el sustrato presente en él.

Respecto a la longitud relativa de ciegos, no se encontró efecto alguno de los tratamientos sobre esta variable, las dietas con adición de zeolita mostraron similitud estadística con la dieta testigo, posiblemente, los niveles de fibra en las dietas evaluadas no afectaron su desarrollo.

Tortuero, Fernández, y Martín encontraron respuesta similar en un trabajo con sepiolita en alimentación de pollo de engorde donde afirman no haber encontrado diferencias entre los grupos experimentales con respecto a la longitud relativa de los ciegos.

Rebollar afirma que: “los ciegos son porciones del TGI ubicadas en la unión entre los intestinos grueso y delgado, cuya principal función es la fermentación de la fracción fibrosa del alimento por la influencia de enzimas secretadas por la microflora residente; por lo cual su grado de desarrollo está influenciado directamente por el contenido de fibra de la ración”⁴⁹.

⁴⁷ Ibid., sp.

⁴⁸ Mateos, G. Lázaro R y Gracia, M. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves En: Memorias curso de especialización en avances sobre nutrición y alimentación animal FEDNA (Federación Española de Nutrición y Alimentación) (On line) España, 2002 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2002CAP_II.pdf

⁴⁹ Rebollar, María. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos y malta de cebada Colima, 2002, 134 p. trabajo de grado (M. Sc. en Ciencias Pecuarias).Universidad de Colima. Programa Interinstitucional en Ciencias Pecuarias

6.5.2 Peso relativo de intestino, ciegos e hígado. Los análisis de varianza (Anexos F, G y H) para las variables respectivas indicaron similitud estadística (Tabla 6), de lo que es posible concluir que los diferentes niveles de adición de zeolita en la dieta no afectaron los valores de estos indicadores morfométricos.

Esto debido posiblemente a que la duración del periodo de experimentación no fue lo suficientemente prolongado para que se apreciaran cambios evidentes en estas variables, aunque se esperaba diferencias con respecto a peso de intestino en vista de las variaciones obtenidas en la longitud del mismo, sin embargo, a pesar de existir éstas, la variación en longitud es bastante estrecha y quizá no fue suficiente para que esto se viera reflejado en el peso. Adicionalmente, el carácter inerte de la zeolita no supone una actividad bioquímica en el hígado que pudiera incrementar su actividad y por ende su peso.

Tortuero, Fernández, y Martín corroboran lo anterior ya que encontraron poca influencia de la zeolita sobre el peso relativo del hígado y reportan valores entre 2.15 y 2.25 g/100g de peso vivo para dietas con sepiolita y un testigo respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango obtenido en esta investigación. Los autores no encontraron diferencias estadísticas y concluyen que la inclusión de zeolita en la dieta no supuso variaciones en el peso relativo no solo de hígado sino de molleja, corazón bazo y páncreas. Del mismo modo, no observaron diferencias entre los grupos en experimentación en lo referente a peso de intestinos y ciegos.

Tabla 6. Peso relativo de intestino, ciegos e hígado de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Intestinos ¹	Ciego ¹	Hígado ¹
Testigo (T0)	3.33 A	1.14 A	2.24 A
Zeolita ₂ (T1)	3.53 A	1.08 A	2.24 A
Zeolita ₄ (T2)	3.57 A	0.99 A	2.14 A
Zeolita ₆ (T3)	3.86 A	1.05 A	2.07 A

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

¹ cm/100g de peso vivo

De igual manera Torres *et al* afirman que: “el peso de las vísceras en especial del hígado, está más relacionado con factores ambientales más que por las características del alimento, el aumento de peso relativo del hígado puede ser una causa de una pérdida drástica de peso corporal característico en los cuadros de stress crónico sostenido durante un lapso prolongado de tiempo, donde el aumento de peso en hígado se da como consecuencia del cúmulo de lípidos por acción de la hormona corticosterona”⁵⁰.

⁵⁰ Terrares, Juan; Sandoval, Gladys; Fernandez, Ricardo y Revidatti, Fernando. Respuesta de una maniobra inductora de stress y al tratamiento con un producto hepatoprotector en pollos de engorde. En: Artículos técnicos Engormix. (On line) Argentina, 2006 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet

http://www.engormix.com/alquernat_livol_pronutrientes_con_s_articulos_613_AVG.htm

6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS HECES

6.6.1 Textura. Se realizó un análisis de la textura de las heces con el fin de verificar el grado de acción de la zeolita en la retención de humedad y textura al tacto. Mediante estas observaciones se determinó que la adición de zeolita en la ración tuvo un efecto evidente sobre las características físicas de consistencia y textura de las heces, se observó que los tratamientos que incluyeron zeolita mostraron menor humedad aparente que las heces provenientes de los animales que recibieron la dieta testigo, lo cual se observó claramente en la apariencia de la pollinaza depositada en las jaulas de los tratamientos correspondientes, lo que quizá se dio debido a que las zeolitas se caracterizan por un poder absorbente; es decir funcionan como “esponjas” reduciendo la humedad del medio en el cual se encuentran, lo cual es corroborado por Castaing quien menciona que:

Las zeolitas poseen una alta capacidad de absorción de agua lo cual se logra mediante la formación de puentes de hidrógeno e hidratación de los cationes que están compensando la carga superficial y por hinchamiento osmótico. Poseen también una gran capacidad para adsorber amoníaco, el cual se retiene principalmente mediante intercambio catiónico del ión amonio (NH₄⁺), lo cual les da a las zeolitas el reconocido valor de utilidad como reductor de los malos olores producidos por las heces en galpones de producción intensiva⁵¹.

Por otra parte, la reducida humedad aparente observada en las heces de aquellos animales que recibieron zeolita en su alimento puede asociarse a la función reológica de las zeolitas sobre el sustrato intestinal con lo cual se evidencia también una disminución en la incidencia de diarreas, que pudo en buena medida disminuir la presencia de heces líquidas y por tanto la humedad de la cama.

Respecto a lo anterior Mumpton y Fieschman⁵² encontraron que los pollos Leghorn requerían menos alimento y agua, la deyecciones de los grupos que recibieron dietas con zeolita contenían un 25% menos de humedad que las de los grupos control, después de un periodo de 12 días de secado lo cual es atribuible al poder aglomerante, fluidificante y antiapelmazante (“anticaking”) de la zeolita que hace que las heces al momento de retirarlas del galpón sean mucho más manejables.

6.6.2 Color y olor. En cuanto al color se encontró que la ingestión de zeolita produce un color verde grisáceo en las heces, la intensidad del color verde se hacía mayor a medida que aumentaba el nivel de adición en la dieta, esto quizá obedeció al color verde de la zeolita la cual al excretarse en forma inalterada traslada este color a las heces en virtud de que es un material indigestible.

Respecto al olor de las heces este aspecto se verificó con la simple aproximación a las camas correspondientes donde se notó que en aquellas donde no se suministró zeolita

⁵¹ Castaing, Op. Cit., sp.

⁵² Mumpton, F y Fishman, P. Op. cit., p. 1188.

en la dieta existía un fuerte olor a amoníaco, producto de un alto contenido de humedad en las camas y del ácido úrico que excretan las aves, mientras que en las áreas donde se suministró zeolita el olor a amoníaco fue menor.

6.2.3 Apariencia de los riñones. El análisis cualitativo realizado mediante observación directa de los riñones mostró que la zeolita suministrada a los animales no tuvo ningún efecto sobre las características de forma y color de los riñones ya que para todos los tratamientos este órgano se observó de un color café rojizo y de forma lobulada propios de animales sanos.

6.7 ANALISIS PARCIAL DE COSTOS

En la Tabla 7 Se muestra el consolidado de costos, ingresos y relación beneficio/costo de los tratamientos evaluados.

Se encontró un total de costos fijos de \$279.337 para cada uno de los tratamientos, por otra parte, los costos variables fueron afectados en especial por la alimentación y el nivel de adición de zeolita en la dieta siendo mayores los costos variables en aquellos tratamientos con mayor nivel de adición.

Para el análisis del presupuesto parcial en el costo variable, se incluyó el costo del alimento consumido por las aves terminadas en cada periodo (iniciación finalización) más el costo del alimento consumido por las aves que murieron y/o se seleccionaron por inviabilidad durante el transcurso del experimento. De esta forma se encontró que el T3 presentó los mayores costos (\$1475822), seguido de T2 (\$1450705), T1 (\$1428235) y el tratamiento con los menores costos variables fue el tratamiento control (\$1419905).

La determinación de kg de pollo producido por tratamiento se calculó multiplicando el número de aves finalizadas por su peso corporal promedio en pie. El mayor ingreso por concepto de carne vendida fue para los tratamientos 2 (\$1981791) y 3 (\$1982916), seguidos del T1, sin embargo, los costos variables en estos tratamientos también fueron los más altos lo que obedeció al costo adicional de zeolita en el alimento.

De otra parte los ingresos por concepto de venta de pollinaza no difirieron entre sí con un valor de \$30000 para cada uno de los tratamientos.

Con base en los anteriores resultados, se logró determinar que los tratamientos con niveles de adición de 2 y 4% de zeolita presentaron la mejor relación beneficio:costo con valores de 0.388 y 0.387 respectivamente, seguido del T3 (6% de zeolita) con 0.364. El tratamiento testigo obtuvo la menor relación beneficio:costo con 0.359.

De lo anterior es posible deducir que la respuesta productiva de los broilers alimentados con niveles de adición entre el 2 y 6% brinda una ventaja comparativa importante en especial en la eficiencia de conversión de alimento que redundo positivamente en los ingresos por venta de pollo al final del periodo productivo. Lo anterior sugiere que la adición de zeolitas en dietas para pollo de engorde representa mayores beneficios en comparación con los tratamientos con concentrado comercial, lo cual se evidencia en

los ingresos netos que fueron superiores en los tratamientos T2, T1 y T3 en su orden, con una mayor utilidad neta respecto al testigo con valores de \$1046, \$ 1045 y \$ 997 por kg respectivamente, mientras que para el testigo este valor fue tan solo de \$ 985.

Tabla 7. Consolidado económico para la respuesta productiva de parrilleros con adición de diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Rubros	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
Costos fijos				
Mano de Obra	252500	252500	252500	252500
Servicios	10000	10000	10000	10000
Depreciación galpón	10137	10137	10137	10137
Depreciación equipos	6700	6700	6700	6700
Subtotal	\$ 279337	\$ 279337	\$ 279337	\$ 279337
Costos variables				
Pollito 1 día	232843	232843	232843	232843
Alimento	846630	838450	844585	855832
Zeolita	0	15730	32000	46000
Vacunación	1400	1400	1400	1400
Desinfectantes	10000	10000	10000	10000
Cama	15000	15000	15000	15000
Gas	19875	19875	19875	19875
Bolsas plásticas	14820	15600	15665	15535
Subtotal	\$ 1140568	\$ 1148898	\$ 1171368	\$ 1196485
Total costos	\$ 1419905	\$ 1428235	\$ 1450705	\$ 1475822
Ingresos				
Venta de pollo	1899449	1951984	1981791	1982916
Venta de gallinaza	30000	30000	30000	30000
Total ingresos	1929449	1981984	2011791	2012916
Ingreso neto	509544	553749	561086	537094
Beneficio/costo	0.359	0.388	0.387	0.364

Adicionalmente, estos resultados estuvieron influenciados también por la menor mortalidad lograda en los tratamientos con zeolita. Lo anterior corrobora que la zeolita brinda un efecto favorable a nivel ambiental en especial en lo referente a humedad de la cama de donde se derivan factores de estrés como producto de los gases que se liberan. Así mismo a nivel fisiológico la mejora es sustancial ya que permite a los animales expresar al máximo su potencial genético incrementando su productividad.

Por otra parte, al observar los incrementos de peso no se encontró diferencias estadísticas, sin embargo, en conversión alimenticia sí las hubo y a favor de los

tratamientos con zeolita; lo que deja implícito el beneficio tanto técnico como económico de la utilización de este mineral en las fases de iniciación y finalización de pollo de engorde.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La respuesta animal a la adición de zeolita en la dieta para pollos parrilleros mostró un efecto favorable sobre la conversión alimenticia, lo que se evidenció por una disminución en el consumo sin detrimento de los incrementos de peso.
- La presencia de zeolita en el alimento dadas sus propiedades influyó en una aparente disminución en la tasa de pasaje.
- La mortalidad acumulada fue mayor para el tratamiento testigo (6.4%) mientras que para los tratamientos con zeolita no superaron el 4% que demuestra que la zeolita propicia condiciones favorables en la salud integral de las aves.
- La zeolita adicionada en la dieta tuvo un efecto poco considerable sobre los indicadores morfométricos del tracto gastrointestinal, hígado y riñones; a excepción de la longitud de intestino, donde se evidenció que la zeolita en el alimento promueve un mayor desarrollo de este.
- Desde el punto de vista económico, se concluye que la respuesta productiva a la adición de zeolita entre el 2 y 4% propicia una mayor eficiencia en la conversión alimenticia que mejora los ingresos por venta de pollo al final del periodo productivo.
- La zeolita demostró ser una alternativa para los productores de pollo de engorde, que a partir de las dietas comerciales pueden agregarla obteniendo así una reducción en los costos por kg de pollo producido mejorando así sus ingresos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar niveles de adición de zeolita en el alimento entre 2 y 4% como porcentaje de peso del concentrado tanto en las fases de iniciación como de finalización.
- Se recomienda un periodo previo de adaptación al consumo de zeolita con el fin de disminuir los efectos ocasionados por el cambio brusco del alimento.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, A. LON-WO, Esmeralda. y DIEPPA, Oraidá. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola (On line) La Habana, Cuba. Tomo 39, Número 3. 2005 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet:

<http://200.55.142.53/boxintranet/support/index.asp?line=esp&data=pro&point=recu&ins=19&sub =297&pag>

BASTIDAS, Carlos y ESPINOSA, Jonson. Evaluación de diferentes niveles de trigo (*Triticum vulgare*) en la alimentación de pollos de engorde. Pasto 2000, 7 p. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

BEDFORD, M.. Independent and interactive changes between the ingested feed and the digestive system in poultry. 84th Annual Poultry Science Meeting. Alberta, Canada, 1995. p. 347-365.

BONDI, A. Nutrición animal. Zaragoza: Acribia, 1989. 544 p.

Castaing, Julien. Uso de las arcillas en alimentación animal En: XIV Curso de Especialización avances en nutrición y alimentación animal, Instituto de Ciencia Animal (On line) FEDNA, España. 1998 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet:

<http://200.55.142.53/boxintranet/support/index.asp?line=esp&data=pro&point=recu&ins=19&sub =297&pag>

CRAVEN, S. Colonization of the intestinal tract by *Clostridium perfringens* and fecal shedding in diet-stressed and unstressed broiler chickens. Poultry Sci. Canada, 2000. p. 843-849.

GERNAT, Abel. Consumo de Alimento de Pollo de Engorde de A a Z. En: Artículos técnicos Engormix (On line) Argentina 2006 (citado en octubre 26 de 2006) Disponible en Internet:

http://www.engormix.com/consumo_alimento_pollo_engorde_s_articulos_958_AVG.htm

GONZALES, Javier. Influencia de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. (On line) Chile 2006 (citado en noviembre 2 de 2006) Disponible en Internet:

<http://alpaca.veterinaria.uchile.cl/webfavet2006/publicacion/congreso/profesional/aves/3.doc>

LON-WO, E. RODRIGUEZ, Elais y PASTRANA, M. Inclusión del 5% de zeolita (Clinoptilolita) en dietas para pollos de ceba en condiciones de producción. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 1987. 235 p.

MATEOS, G. LAZARO, R y GRACIA, M. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves En: Memorias curso de especialización en avances sobre nutrición y alimentación animal FEDNA (Federación Española de Nutrición y Alimentación) (On line) España, 2002 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2002CAP_II.pdf

MARTIN, O. MADRAZO, G. y MARTINEZ, A. Evaluación de dietas de preinicio en el comportamiento productivo de pollos de engorde. En: Revista Cubana de Ciencia Avícola, 2002. 26 151:158 (On line) La Habana, Cuba. 2006 (citado en octubre 27 de 2006) Disponible en Internet: http://www.iaa.cu/pdf/v26_151.pdf

MARTIN, Miguel y SAAVEDRA, Alejandro. Evaluación de la inclusión de dos niveles de zeolita en dietas para pollos de engorde. Bogotá, 1991. 87 p. Tesis de grado (zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

MUMPTON, F y FISHMAN, P. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. En: Journal Animal Science. 1977. p. 1188.

OSORIO, Nelson Freddy. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. CAUCAWEB, hacemos grande al Cauca y la proyectamos al mundo. (On line) Popayán, Cauca, 2003 (citado en septiembre 15 de 2005) Disponible en Internet: <http://www.caucanet.net.co/nf/municipios/balboa.htm>

ORTIZ, Andrés. Salud Intestinal. Ajuste de Dietas En: Artículos técnicos Engormix. (On line) Argentina, 2006 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet http://www.engormix.com/salud_intestinal_ajuste_dietas_s_articulos_831_AVG.htm

REBOLLAR, María. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos y malta de cebada Colima, 2002, 134 p. trabajo de grado (M. Sc. en Ciencias Pecuarias). Universidad de Colima. Programa Interinstitucional en Ciencias Pecuarias.

ROSS 308 Manual de manejo del pollo de engorde. Huntsville, Alabama USA: aviagen. p. 8.

SKLAN, D. Development of the Digestive Tract of Poultry. En: XXI World Poultry Congress. Montreal, Canada. Agosto 21-24, 2000. Disponible en Internet: http://www.engormix.com/mediciones_eficiencia_nutricional_pollos_s_articulos_482_AVG.htm

TERRARES, Juan; SANDOVAL, Gladys; FERNANDEZ, Ricardo y REVIDATTI, Fernando. Respuesta de una maniobra inductora de stress y al tratamiento con un producto hepatoprotector en pollos de engorde. En: Artículos técnicos Engormix. (On line) Argentina, 2006 (citado en noviembre 8 de 2006) Disponible en Internet http://www.engormix.com/alquernat_livol_pronutrientes_con_s_articulos_613_AVG.htm

TORTUERO, F., FERNÁNDEZ, E. y MARTÍN, L. Efecto de la sepiolita en la dieta sobre el crecimiento, las medidas viscerales y el tránsito intestinal en pollos (On line). En: Arch. Zootécnia 41 (153): 209-217. 1992 España (citado en noviembre 2 de 2006) Disponible en Internet:

http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma_global=0&revista=62&codigo=862

TSITSISAVILLI, G. Perspectivas of natural zeolitas application. Occurrence. Properties and utilization of natural zeolites. Budapest: Kallo and Sherry. HS Academy Kiado. 1988. p. 76

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza para consumo de alimento en la fase de iniciación.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	31227.1500000	4461.0214285	6.77	0.0021
Error	12	7907.4000000	658.9500000		
Corrected Total	19	39134.5500000			

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	21291.3500000	7097.1166666	10.77	0.0010
REP	4	9935.8000000	2483.9500000	3.77	0.0329
R-Square	C.V.	Root MSE	CONS Mean		
0.797943	2.1165	25.67002143	1212.8500000		

Anexo B. Análisis de varianza para incremento de peso en la fase de iniciación.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4176.00243501	596.57177643	1.32	0.3213
Error	12	5429.51062000	452.45921833		
Corrected Total	19	9605.51305500			

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	1859.38105500	619.79368500	1.37	0.2990
REP	4	2316.62138000	579.15534500	1.28	0.3314
R-Square	C.V.	Root MSE	IP Mean		
0.7434751	2.5250	21.27108879	842.40850000		

Anexo C. Análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase de iniciación.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.02677500	0.00382500	5.03	0.0073
Error	12	0.00912000	0.00076000		
Corrected Total	19	0.03589500			

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.02505500	0.00835167	10.99	0.0009
REP	4	0.00172000	0.00043000	0.57	0.6923
R-Square	C.V.	Root MSE	CA Mean		
0.745926	1.9151	0.02756810	1.43950000		

Anexo D. Análisis de varianza para consumo de alimento en la fase de finalización.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	74277.4000000	10611.057142	1.61	0.2221
Error	12	78843.7999999	6570.3166666		
Corrected Total	19	153121.200000			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	62635.2000000	20878.400000	3.18	0.0500
REP	4	11642.2000000	2910.5500000	0.44	0.7755
R-Square	C.V.	Root MSE	CONS Mean		
0.7485089	3.5523	81.05748989	2281.8000000		

Anexo E. Análisis de varianza para incremento del peso en la fase de finalización.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	5965.84371500	852.26338786	0.53	0.7932
Error	12	19145.9387400	1595.4948950		
Corrected Total	19	25111.7824550			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	2426.43293500	808.81097833	0.51	0.6848
REP	4	3539.41078000	884.85269500	0.55	0.6997
R-Square	C.V.	Root MSE	IP Mean		
0.7237571	3.2079	39.94364649	1245.1335000		

Anexo F. Análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase de finalización.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.05979500	0.00854214	2.30	0.0986
Error	12	0.04466000	0.00372167		
Corrected Total	19	0.10445500			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.05141500	0.01713833	4.61	0.0229
REP	4	0.00838000	0.00209500	0.56	0.6942
R-Square	C.V.	Root MSE	CA Mean		
0.572447	3.34002	0.06100546	1.82650000		

Anexo G. Análisis de varianza para consumo de alimento en todo el periodo experimental.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	179800.481578	25685.783082	2.99	0.0512
Error	11	94564.1500000	8596.7409090		
Corrected Total	18	274364.631578			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	150037.481578	50012.493859	5.82	0.0124
REP	4	29763.0000000	7440.7500000	0.87	0.5143
R-Square	C.V.	Root MSE	CONS Mean		
0.655334	2.6516	92.71861145	3496.5789473		

Anexo H. Análisis de varianza para conversión alimenticia en todo el periodo experimental.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	8816.61974560	1259.5171065	0.50	0.8180
Error	11	27835.0148333	2530.4558939		
Corrected Total	18	36651.6345789			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	4825.56307895	1608.5210263	0.64	0.6074
REP	4	3991.05666667	997.76416667	0.39	0.8086
R-Square	C.V.	Root MSE	IP Mean		
0.6240552	2.4035	50.30363699	2092.8610526		

Anexo I. Análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase de total.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.04234305	0.00604901	3.98	0.0206
Error	11	0.01670958	0.00151905		
Corrected Total	18	0.05905263			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.03881763	0.01293921	8.52	0.0033
REP	4	0.00352542	0.00088135	0.58	0.6833
R-Square	C.V.	Root MSE	CA Mean		
0.71703	2.3316	0.03897503	1.67157895		

Anexo J. Análisis de varianza para longitud intestinal.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.13721500	0.01960214	7.55	0.0013
Error	12	0.03116000	0.00259667		
Corrected Total	19	0.16837500			
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.07281500	0.02427167	9.35	0.0018
REP	4	0.06440000	0.01610000	6.20	0.0061
R-Square	C.V.	Root MSE	LONGINT Mean		
0.814937	1.7739	0.050957	2.87250000		

Anexo K. Análisis de varianza para longitud de ciegos.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.01021000	0.00145857	2.93	0.0490
Error	12	0.00597000	0.00049750		
Corrected Total	19	0.01618000			
Source	DF	Type I SS	Mean	F Value	Pr > F
TTO	3	0.00518000	0.00172667	3.47	0.0507
REP	4	0.00503000	0.00125750	2.53	0.0957
Source	DF	Type III SS	Mean Square		
R-Square	C.V.	Root MSE	LONGCIE Mean		
0.631026	2.3957	0.022304	0.93100000		

Anexo L. Análisis de varianza para peso de intestinos.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.09919500	0.01417071	1.57	0.2335
Error	12	0.10798000	0.00899833		
Corrected Total	19	0.20717500			
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.05249500	0.01749833	1.94	0.1763
REP	4	0.04670000	0.01167500	1.30	0.3254
R-Square	C.V.	Root MSE	WINNT Mean		
0.478798	5.025	0.094859	1.88750000		

Anexo M. Análisis de varianza para peso de ciegos.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.04562000	0.00651714	1.54	0.2448
Error	12	0.05090000	0.00424167		
Corrected Total	19	0.09652000			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	0.01360000	0.00453333	1.07	0.3988
REP	4	0.03202000	0.00800500	1.89	0.1775
R-Square	C.V.	Root MSE	WCIEG Mean		
0.472648	6.335416	0.065128	1.02800000		

