



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA UTILIZACION DE ENZIMAS XILANASAS Y  
 $\beta$ -GLUCANASAS EN DIETAS SORGO + SOYA SOBRE EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE  
ENGORDA.

TESIS PRESENTADA ANTE LA  
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

POR

**BARRAGAN PEREZ GABRIEL**

ASESORES:

M.C. ARTURO CORTES CUEVAS  
MSc. ERNESTO AVILA GONZALEZ.



MEXICO, D. F.

2005

m. 344304



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES: BEATRIZ E ISRAEL**

Por que con sus esfuerzos, consejos y cuidados me sacaron adelante, gracias por estar siempre a mi lado, con su amor pude culminar este proyecto. Los quiero.

### **A MI OSIRITAS:**

Por que eres una mujer maravillosa, por confiar en mí como persona e impulsarme día a día a esforzarme por lo que quiero. Gracias por todo el amor que me has brindado desde que estas a mi lado, pues ello fue indispensable para lograr este proyecto.

### **A MIS ABUELITOS:**

JOSE †: Donde quiera que estés, dejaste una huella en mi, me contagiaste las ganas de vivir y de salir siempre adelante. Te extraño abuelito.

LOLITA: Gracias por todo tu apoyo, cariño y ternura que me has brindado.

### **A MIS HERMANOS DAVID Y CARLOS:**

Por que siempre están a mi lado apoyándome en las buenas y en las malas.

Espero que siempre estemos unidos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al M.C ARTURO CORTES CUEVAS, por brindarme su valioso tiempo, dedicación cuando más la necesitaba, así como tu amistad y ayuda brindada para la realización de este proyecto.

Al MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ por que con su espíritu entusiasta de ayudar siempre a los demás, me oriento para realizar este trabajo a través de sus conocimientos y experiencias de la mejor manera.

Un gran agradecimiento a los Drs. EZEQUIEL, ELIZABETH, BENJAMÍN, JAIME Y TOMAS por sus valiosas aportaciones.

Gracias.

## CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
1 RESUMEN.....	6
2 INTRODUCCIÓN.....	7
2.1 Situación de la avicultura nacional.....	7
2.2 Las enzimas en la digestión.....	8
2.3 Los PNA y su relación con la viscosidad.....	13
2.4 Justificación.....	19
3 HIPÓTESIS.....	21
4 OBJETIVOS.....	21
5 MATERIAL Y METODOS.....	22
5.1 Localización de la granja.....	22
5.2 Experimento.....	22
5.3 Modelo estadístico.....	24
6 RESULTADOS.....	25
7 DISCUSIÓN.....	26
8 CONCLUSIONES.....	28
9 LITERATURA CITADA.....	29

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
<b>CUADRO 1</b> COSTOS DE PRODUCCION DEL POLLO.....	35
<b>CUADRO 2</b> CONTENIDO DE FIBRA BRUTA Y DIVERSAS FRACCIONES DE PNA EN DIVERSAS MATERIAS PRIMAS.....	35
<b>CUADRO 3</b> COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN POLLOS DE ENGORDA DE 0 A 21 DIAS DE EDAD.....	36
<b>CUADRO 4</b> COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN POLLOS DE ENGORDA DE 22 A 49 DIAS DE EDAD.....	37
<b>CUADRO 5</b> RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN POLLOS A LOS 21 DIAS DE EDAD.....	38
<b>CUADRO 6</b> RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN POLLOS A LOS 49 DIAS DE EDAD.....	39
<b>FIGURA 1</b> MECANISMO DE ACCION DE LAS ENZIMAS.....	40
<b>FIGURA 2</b> ENLACES GLUCOSIDICOS $\beta$ Y $\alpha$ .....	40
<b>FIGURA 3</b> EFECTOS PRINCIPALES EN GANANCIA DE PESO EN POLLOS DE 49 DIAS DE EDAD.....	41

## 1. RESUMEN

BARRAGÁN PÉREZ GABRIEL. Efecto de la utilización de enzimas xilanasas y  $\beta$ -glucanasas en dietas sorgo + soya sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda (bajo la dirección de M.C. Arturo Cortes Cuevas y MSc. Ernesto Ávila González)

Con la finalidad de investigar el efecto de la adición de enzimas  $\beta$ -glucanasas, xilanasas, pectinasas y proteasas obtenidas a partir de la fermentación del *Penicillium funiculosum* en dietas sorgo+soya para pollos de engorda, se realizó el siguiente experimento. Se utilizaron 616 pollitos mixtos de la estirpe Ross de un día de edad, los cuales se distribuyeron en grupos de 22 pollos en 28 corrales. Se empleó, un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2X2, en el cual un factor fueron las dietas normales y con menor contenido de nutrientes (50 kcal/kg) de energía metabolizable (EM) y 0.2% de proteína cruda (PC); el otro factor fue con y sin la adición de enzimas a razón de 50 g/ton. Los 4 tratamientos con 7 repeticiones cada uno fueron: 1.- Dietas sorgo+soya normales, 2.- Como 1 + enzimas, 3.- Dietas sorgo+soya con menor contenido de EM y PC y 4.- Como 3 + enzimas. Los resultados obtenidos en 49 días indicaron que existió menor peso ( $P<0.01$ ) en las aves alimentadas con dietas baja en nutrientes respecto a las dietas normales. Por otro lado la adición de enzimas mejoró la ganancia de peso ( $P<0.08$ ) y la conversión alimenticia ( $P<0.01$ ) en la dieta baja en nutrientes, lo que permite un ahorro económico en el costo del alimento.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Situación de la avicultura nacional

Es importante destacar que la Avicultura es el subsector más dinámico dentro del sector pecuario y participó en el periodo 1994-2003 en el PIB pecuario, a un ritmo de crecimiento anual del orden de 6.8% rubro que han observado sectores netamente exportadores<sup>1</sup>.

El sector avícola juega un papel muy importante en la alimentación del mexicano, 6 de cada 10 personas (61.41%) incluyen en su dieta productos avícolas (huevo y pollo). En el año 2003 se produjeron 4.2 millones de toneladas de productos avícolas con un valor de 46,401 millones de pesos<sup>1</sup>.

Asimismo, la producción de huevo y pollo han observado tasas de crecimiento anual en el periodo 1994-2003 de 3.3% y 5.8% respectivamente; consolidando su dinamismo de crecimiento en el 2003 con respecto al año anterior en huevo del orden de 3% y en pollo de 6%. De tal manera que para el 2003, la industria alcanzó un volumen de producción de 2, 289, 891 toneladas de pollo, cifra que les permitió ubicarse como el cuarto productor de pollo a escala mundial<sup>1</sup>.

La Avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. En los últimos 10 años el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 3.7%. En la actualidad se consumen 12.1 millones de toneladas de alimento balanceado de las cuales 7.7 millones de toneladas son granos forrajeros, 2.4 millones son pastas oleaginosas y 2 millones de toneladas corresponden a otros ingredientes<sup>1</sup>.

El alimento (Cuadro 1), es el rubro que participa con más del 55% en los costos de producción de huevo y pollo. Es importante destacar, que los índices de

conversión de insumo a producto tanto de huevo y pollo en el ámbito nacional están en el orden de 2.0 kilos de alimento por kilogramo producido<sup>1</sup>.

El pronóstico de crecimiento anual para el 2005 es del orden del 4%, con respecto al consumo hay mucho por hacer, se tienen que intensificar las campañas del pollo para el 2004, se estarán consumiendo alrededor de 22.94 kg por habitante al año y para el 2005 más de 25 kg por persona<sup>1</sup>.

Cabe destacar que México en el 2001 fue el cuarto productor mundial de pollo y sexto en huevo, asimismo hoy en día somos al igual que Japón el primer consumidor de huevo a escala mundial y el séptimo en pollo.

## 2.2 Las enzimas en la digestión

En 1878, Kùhne introdujo el termino "enzima", para referirse a los "fermentos solubles" que no están unidos a las células vivas. Este término deriva de la expresión griega en-zyme, que significa "en la levadura"<sup>2</sup>.

Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente compleja. Actúan solo en condiciones muy concretas de temperatura, pH y humedad; tienen un peso molecular elevado, aceleran reacciones químicas, y solo reaccionan con sustratos específicos<sup>2</sup>. Las enzimas son catalizadores orgánicos; operan acelerando un proceso químico, aparecen sin ningún cambio al final de la reacción; sin alterar el equilibrio y son responsables de las transformaciones metabólicas en los seres vivos<sup>3,4</sup>. Los catalizadores son sustancias que modifican la velocidad de las reacciones químicas sin aparecer en los productos finales; los catalizadores producidos y empleados por los seres vivos, son de naturaleza orgánica y reciben el nombre de enzimas. Pueden aumentar el ritmo de las reacciones hasta, al menos, un millón de veces<sup>5</sup>.

En general, las enzimas digestivas pueden catalogarse como carbohidrasas, proteasas y lipasas. Incrementan la digestibilidad y aumentan el potencial para obtener glucosa de los carbohidratos, aminoácidos de las proteínas y ácidos grasos de las grasas<sup>6</sup>.

Las enzimas no se deben inactivar con el calentamiento a 70°C. Además para la nutrición animal se necesitan enzimas que actúen a 40°C y por otro lado las enzimas no deben ser tóxicas para el ave<sup>7</sup>. La actividad enzimática se puede medir por cromatografía de líquidos de alta resolución, filtración de gel y por electroforesis; sin embargo un método eficaz para evaluar la eficacia de las enzimas en las dietas, es mediante la respuesta en el rendimiento productivo<sup>8,9</sup>.

Las enzimas usadas en la industria avícola son hidrolasas que pertenecen a la categoría de carbohidrasas y son utilizadas como aditivos directos para lograr la suplementación de las enzimas endógenas del hospedero, con la finalidad de destruir factores antinutricionales como los  $\beta$ -glucanos y xilanos, además para hacer más disponibles ciertos nutrientes para la absorción y para aumentar el valor energético<sup>10</sup>.

Las enzimas controlan todos los cambios químicos o el metabolismo, que tiene lugar en las células vivas. Estas regulan las reacciones anabólicas ó de asimilación, que dan como resultado la formación de sustancias complejas como las proteínas a partir de aminoácidos. Asimismo, las enzimas regulan las reacciones en descomposición o catabólicas que resultan en liberación de energía<sup>4</sup>.

Las enzimas aceleran en el organismo diversas reacciones químicas, que en condiciones normales solo tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en su ausencia. Las enzimas no se consumen durante las reacciones catalíticas y, una vez terminada la reacción, vuelven a su estado original. Por esta razón la

cantidad necesaria de enzimas es muy pequeña en proporción con la cantidad de sustrato<sup>2</sup>.

Desde hace varias décadas la industria agroalimentaria, ha utilizado las enzimas para mejorar y transformar las propiedades de algunas materias primas. Al principio estas aplicaciones (en las que se emplean básicamente enzimas de origen vegetal, animal o de fermentaciones controladas), fueron extremadamente empíricas y difíciles de reproducir<sup>11</sup>.

En la actualidad hay una creciente tendencia a usar enzimas de origen microbiano en lugar de las de origen vegetal o animal, porque las de origen microbiano son de más fácil obtención, poseen propiedades de termo estabilidad y resisten más las fluctuaciones del pH<sup>11</sup>.

En los últimos años, la producción enzimática ha aumentado gracias a la biotecnología. Recientemente, se ha señalado que el *Penicillium funiculosum* tiene la capacidad de producir dos enzimas de interés ( $\beta$ -glucanasas y xilanasas y una cantidad no determinada de celulasas)<sup>2,12,13</sup>. Con la obtención de microorganismos termoestables, se consigue extraer enzimas más resistentes a las altas temperaturas, tal es el caso de las xilanasas provenientes del *Thermomyces lanuginosus* microorganismo estable al calor<sup>14,15</sup>.

Los hongos también, son utilizados a nivel comercial para la producción de enzimas. La adición de enzimas derivadas de fermentaciones fungales en las dietas, mejora la disponibilidad y aprovechamiento de la energía metabolizable de los ingredientes. Una de las características de estas enzimas, es su capacidad de romper los carbohidratos contenidos en las paredes celulares<sup>2,16</sup>.

La digestión en los animales es tanto física como química; el proceso físico implica el rompimiento de las grandes partículas del alimento para obtener partículas de

menor tamaño, mientras que el proceso químico consiste en la descomposición de grandes moléculas en moléculas de menor tamaño<sup>4</sup>.

Los procesos químicos de la digestión, son efectuados por las enzimas. La desintegración química de las moléculas alimentarias, que en ausencia de las enzimas sería ciertamente muy lenta, se acelera por medio de ello, de manera que la digestión se completa en cuestión de horas. Las sustancias como el almidón, que puede contener hasta 150, 000 átomos en una sola molécula, se convierte en moléculas que contienen solo 24 átomos (por ejemplo en azúcares simples como la glucosa)<sup>4</sup>.

La eficacia de las enzimas en el alimento, depende de su especificidad del sustrato, actividad y estabilidad. La adición de un suplemento enzimático irrumpe estas cadenas poliméricas en cadenas lineales, reduce la viscosidad del intestino, y mejora el valor nutritivo de los alimentos<sup>17</sup>.

Las enzimas se unen al sustrato reaccionante, por fuerzas de atracción que pueden ser enlaces de hidrógeno o enlaces covalentes. Una parte de la estructura activa, se ajusta a la molécula del sustrato y se realiza una conversión sustrato enzima en productos que requieren de una pequeña cantidad de energía en su activación<sup>18</sup>. Las enzimas no se consumen en las reacciones en las que actúan, por lo que pueden volver a su estado original y catalizar una nueva reacción, por esta razón su cantidad es menor en comparación con el sustrato<sup>2</sup>.

Las enzimas se caracterizan por su elevada especificidad; es decir, cada enzima escinde únicamente sustratos muy específicos, de acuerdo con el llamado "principio de la llave y la cerradura". En la Figura 1, se muestra de forma esquemática el principio de acción de las enzimas. El sustrato "A" forma con la enzima un complejo del cual se liberan los productos "B" y "C" con mayor rapidez que en ausencia de la enzima. Una vez finalizada la reacción, la enzima inalterada puede utilizarse otra vez para escindir nuevos sustratos<sup>2</sup>.

Las aves obtienen la energía principalmente de los carbohidratos, los cuales son compuestos formados por hidrógeno, carbono y oxígeno. Son azúcares simples en la forma básica pero, generalmente en los alimentos se encuentran en formas complejas, como los disacáridos (sacarosa, lactosa y maltosa) o polisacáridos (almidón,  $\beta$ -glucanos, xilanos, celulosas, etc.)<sup>19</sup>. De los disacáridos en general, los pollos pueden obtener energía fácilmente; sin embargo, de los polisacáridos solo del almidón, ya que sus enlaces son  $\alpha$ -glucosídicos (Figura 2); las aves producen las enzimas para romper estos enlaces. Sin embargo, las aves no producen enzimas para romper los enlaces  $\beta$ -glucosídicos (Figura 2), por lo que la celulosa no es disponible como fuente de energía<sup>20</sup>. Algunos de estos polisacáridos con enlaces  $\beta$ -glucosídicos contienen energía que el ave puede aprovechar para cubrir parte de sus requerimientos energéticos de mantenimiento y de producción; si se le complementan enzimas apropiadas que degraden estos enlaces, los nutrientes atrapados entre los mismos se tendrían disponibles<sup>22-24</sup>.

Todos los polisacáridos no relacionados con el almidón anteriormente señalados se encuentran en las paredes celulares de los granos y forman entre si complejos que mantienen diferentes grados de valor nutritivo, el cual es difícil de caracterizar. Las acciones que tienen estos compuestos en el tracto digestivo son la de secuestrar nutrientes, e impedir el mecanismo de acción de las enzimas digestivas en el intestino delgado<sup>2</sup>.

Las dos categorías mas importantes de productos enzimáticos que se utilizan actualmente en nutrición animal son las fitasas y las enzimas que catalizan los polisacáridos no amiláceos (PNA)<sup>2</sup>.

Las enzimas que llegan al tubo digestivo en las dietas, se digieren como las demás proteínas. Por ello no dejan residuos en las heces, ni en la orina y tampoco es necesario esperar cierto tiempo para sacrificar a los animales<sup>2</sup>.

Mathlouthi *et al*<sup>20</sup>, observaron el efecto *in vitro* de las enzimas xilanasas y  $\beta$ -glucanasas puras, juntas y por separado y compararon su efecto con un producto multienzimático que contenía arabinofuranosidasa, xilosidasa, glucosidasa, galactosidasa, celulasa y poligalacturonasa, sus resultados mostraron que las xilanasas y  $\beta$ -glucanasas disminuían la viscosidad del bolo alimenticio. Sin embargo, su efecto fue mejor cuando se suministraban combinadas. El producto multienzimático estudiado, mejoró los resultados con respecto a los encontrados con la acción de las enzimas xilanasas y  $\beta$ -glucanasas juntas.

Bedford<sup>25</sup>, encontró que al complementar con enzimas, el endospermo es digerido y la digestión ocurre más rápida, con lo que se hacen disponibles nutrientes atrapados en las paredes celulares. Lo anterior, permite al ave extraer más nutrientes de los ingredientes y la reducción de la actividad microbiana para evitar competir con ella por la limitación de nutrientes-sustrato en el intestino y en los sacos ciegos<sup>21</sup>.

La razón de su uso, es porque mejora la eficacia en la utilización de los nutrientes, esto último se debe a que mejoran la digestibilidad de la dieta. Por otra parte, trabajos de investigación han demostrado los beneficios sobre el comportamiento productivo, ya que actúan sobre PNA. Hasta hace algunos años, se suponía que el maíz, el sorgo y la pasta de soya no ocasionaban problemas digestivos; sin embargo, se sabe que producen cantidades considerables de material viscoso que afectan la digestión y la absorción. Con la utilización de enzimas en estas dietas, se mejora la productividad en las aves<sup>26</sup>.

### 2.3 Los PNA y su relación con la viscosidad

Los PNA, presentes actúan como sustancias de sostén de las plantas del endospermo<sup>2</sup>.

En el pasado, a los PNA se les conoce como fibra. Las aves, debido a sus características fisiológicas y morfológicas, no secretan enzimas capaces de degradar polisacáridos no amiláceos viscosos y solubles, sustancias que se encuentran frecuentemente en la pared celular y por ello se les llega a considerar como factores antinutrimientales. Los 1,3 – 1,4 –  $\beta$ -glucanos están formados por moléculas unidas por enlaces  $\beta$ -glucosídicos. Los enlaces 1,3-  $\beta$ -glucosídicos son los responsables de que estos compuestos puedan ramificarse, lo que no sucede con la celulosa, la cual carece en su arreglo molecular de estos enlaces. Estas ramificaciones, son las que propician la acumulación de agua y aumento en la viscosidad del lumen intestinal<sup>2</sup>.

Los glucanos o pentosanos solubles, llamados PNA, están formados de cadenas de elevado peso molecular con enlaces 1,3-  $\beta$ -glucosídicos, los cuales provocan que se retenga agua, aumente la viscosidad y se secuestren nutrimentos a nivel del lumen intestinal. Si a esto se le agrega que se diluye la cantidad de energía y de otras sustancias nutritivas, entonces se entiende que se les considere como factores antinutrimientales<sup>2,27-29</sup>.

Esto ha encausado a los investigadores, a realizar estudios para mejorar la eficacia en la utilización de las materias primas mediante la adición de enzimas en las dietas para aves y con esto mejorar su rendimiento productivo<sup>14</sup>.

Estos componentes de PNA son los más asociados con la cáscara y las capas de aleurone subyacentes<sup>6</sup>.

Desde un punto de vista químico, las sustancias vegetales básicas se pueden definir como una suma de PNA y lignina. Además de pentosas (arabinosa y xilosa) y hexosas (glucosa, manosa y galactosa), contienen desoxihexosas (ramnosa y fructosa) y ácidos hexaurónicos (ácido galacturónico)<sup>2</sup>.

Algunos de los componentes principales de la pared celular vegetal ejercen el llamado "efecto de jaula", con encapsulación de los nutrientes que normalmente

son muy digestibles, como el almidón, las grasas o las proteínas. Este efecto es atribuible sobre todo a las porciones insolubles de PNA presentes en las diversas estructuras de la pared celular<sup>2</sup>.

Los PNA, son compuestos principalmente por xilosa, arabinosa, manosa, galactosa, y ácido del glucorónico; son complejos muy grandes que absorben el agua formando una masa viscosa dentro del quimo impidiendo la absorción de los nutrientes rápidamente. Cuando la viscosidad del quimo aumenta, disminuye la difusión de enzimas digestivas, impidiendo la absorción de nutrientes hacia el enterocito; además de que impide la absorción de muchos de los compuestos como son: grasa-solubles, vitaminas, pigmentos y lípidos<sup>30</sup>.

Ciertas fracciones de PNA (principalmente las partes solubles de los  $\beta$ -glucanos y pentosanos, así como la pectina) y glucoproteínas (esto es, compuestos de proteínas e hidratos de carbono) aumentan la viscosidad en el tubo digestivo; es decir, acumulan grandes cantidades de agua, de modo que el quimo se vuelve viscoso y pegajoso. El aumento de la viscosidad dificulta la absorción intestinal de las sustancias nutritivas e influye negativamente en la consistencia de excretas, llegando a provocar incluso síntomas de diarrea. El aumento de la viscosidad del quimo puede reducir el tránsito de los alimentos, e incluso disminuir la ingestión de alimentos. Además, se altera la mezcla del quimo con la bilis y las enzimas segregadas por el propio organismo<sup>2</sup>.

La formación de la viscosidad en el intestino delgado, es uno de los efectos antinutricionales de los PNA, la cual no permite una absorción adecuada de los nutrientes. Por otro lado el factor antitripsico, las lectinas y proteínas de peso molecular elevado encontrados en la pasta de soya ya procesada, afectan la digestibilidad y por lo tanto la disponibilidad de sus nutrientes<sup>2</sup>.

Son numerosos los factores, que intervienen en la reducción de la absorción de sustancias nutritivas ocasionada por los PNA por ejemplo; viscosidad,

modificación de la composición de la microflora intestinal, mayor absorción de los ácidos biliares e influencia de la mucosa intestinal). Esto se observa, sobre todo en la digestión de las grasas. Además el deterioro de la absorción de nutrientes ocasiona, a veces una excreción desproporcionada de las enzimas digestivas en el intestino delgado, lo cual aumenta a su vez la pérdida de proteínas endógenas<sup>2</sup>.

La utilización de enzimas en raciones de cereales recién cosechados, en comparación con los cereales almacenados, es la elevada cantidad de fracciones de PNA, que en el lapso de las primeras cuatro a seis semanas de almacenamiento, se reducen considerablemente por acción de las enzimas contenidas en los granos de los cereales. La adición de enzimas permite utilizar directamente, una mayor cantidad de cereales frescos sin menos cabo del rendimiento<sup>2</sup>.

El contenido de las diversas fracciones de PNA, puede fluctuar considerablemente en las dietas. Además de la especie vegetal utilizada, el contenido depende sobre todo de las condiciones climáticas, del lugar de cultivo y de la época en que se realiza la cosecha. En el Cuadro 2, se indica la cantidad de PNA que contiene algunas materias primas<sup>2</sup>.

Para reducir la viscosidad del contenido digestivo es necesario que los PNA solubles, se descompongan en pequeñas unidades que pierden la propiedad de retener agua. Aptas para este fin son las llamadas endoenzimas; es decir, enzimas que deshacen los enlaces internos de las moléculas de cadena larga. Estas enzimas (por ejemplo; endo-  $\beta$ -glucanasas, endo-xilanasas) pueden escindir en poco tiempo los PNA solubles, de tal modo que se reduce considerablemente la propiedad de aumentar la viscosidad de estas fracciones. Las exoenzimas que atacan a la molécula a partir de los extremos, necesitan un tiempo mucho mayor para conseguir el mismo efecto<sup>2</sup>.

Con la reducción de la viscosidad, se consigue mezclar mejor el contenido digestivo y eso eleva la eficacia de las enzimas propias del cuerpo. De ese modo,

mejora la capacidad de digerir los nutrientes y transformar la energía que contienen. Además, con la viscosidad menor, aumenta tanto la velocidad de tránsito del contenido intestinal como la consistencia de los excrementos, que se vuelven más secos y menos pegajosos, mejorando la calidad de la cama<sup>2</sup>.

La reducción de la viscosidad del quimo reduce a su vez su grado de pegajosidad y eleva el contenido de materia seca en las excretas, lo cual contribuye a que las camas permanezcan más secas y por lo tanto, los animales estén más limpios. Este efecto tiene especial importancia para el mantenimiento habitual de la cama de los pollos y pavos, ya que contribuye a evitar que las aves se lastimen las patas o les salgan ampollas en la pechuga<sup>3</sup>.

Danicke Langhout *et al*<sup>31</sup>, mostraron que se reduce la viscosidad intestinal y el tiempo de retención en la digesta en el intestino si al reducir la viscosidad mejora el contacto entre los nutrientes y las enzimas endógenas; así mismo permite un consumo más elevado y mejora el crecimiento e indirectamente beneficia la conversión.

Zanella *et al*<sup>32</sup>, realizaron un estudio en el cual incluyeron 2000 unidades/g de alfa-amilasas, 800 $\mu$ /g de xilanasas y 600 $\mu$ /g de proteasas en dietas maíz+soya para pollos de engorda. Los resultados indicaron que la adición mejoró la digestibilidad de los aminoácidos y la conversión alimenticia con la posibilidad de reducir el contenido de proteína y energía (3%). Cortes *et al*<sup>26</sup>, evaluaron en pollos de engorda la inclusión de alfa-amilasas 4 000 u/kg; xilanasas 3 000  $\mu$ /kg; y proteasas 40 000 u/kg en dietas a base de sorgo+soya con contenido normal de nutrientes y con menor contenido de nutrientes (3% menos de proteína cruda y energía metabolizable). Los resultados obtenidos en ese estudio, indicaron que la inclusión de enzimas mejoran la ganancia de peso o la conversión alimentaria en dietas normales en nutrientes y en aquellas con menor contenido de PC y EM.

Sin embargo, Rebolé et al<sup>33</sup>, evaluaron un complejo de enzimas que contenía beta-glucanasas, pectinasas y hemicelulasas a diferentes niveles de inclusión (0, 0.5, 1.0 y 2.0 kg/ton) en dietas para pollos de engorda a base de maíz + soya y ajonjolí sin procesar y no encontraron efecto a la adición de enzimas ( $P>0.05$ ).

## 2.4 Justificación

El uso de preparaciones de enzimas, se justifica por que mejoran el valor nutritivo de los granos utilizados en la dieta, al reducir el efecto de encapsulamiento de la pared celular contenida en los granos<sup>33</sup>.

Investigaciones llevadas a cabo con la adición de enzimas (arabinoxilanasas y  $\beta$ -glucanasas), en dietas a base de trigo o cebada para pollos de engorda, han indicado que existe significativamente una mejor ganancia de peso y una mejor conversión alimentaria al obtener un incremento de 3.5% a 6% respectivamente, en estas variables<sup>34-36</sup>.

Hasta hace algunos años, se suponía que el maíz, el sorgo y la pasta de soya no ocasionaban problemas digestivos; sin embargo, se sabe que producen cantidades considerables de material viscoso que afectan la digestión y la absorción. Con la utilización de enzimas en este tipo de dietas, se mejora la productividad de las aves<sup>37</sup>.

Graham e Inburr<sup>38</sup>, mencionan que la complementación con xilanasas y alfa-amilasas mejora la digestibilidad del maíz, debido a que estas enzimas hidrolizan las paredes celulares y complementan la acción de la alfa-amilasa del ave. Por otra parte, además de alfa-amilasas y arabinoxilanasas, en los complejos enzimáticos se incluyen proteasas para destruir los factores antinutricionales remanentes en la pasta de soya que reducen la digestibilidad de la proteína<sup>32</sup>.

Además, si se toma en cuenta que el alimento representa alrededor del 60% de los costos totales de producción y de este porcentaje, la energía se le adjudica el 70% de ese valor<sup>39</sup>. Dichos costos de producción, se pueden disminuir al agregar enzimas xilanasas y  $\beta$ -glucanasas a las dietas, las cuales permiten aprovechar mejor los nutrimentos de los ingredientes, debido a que rompen enlaces 1-4  $\alpha$ -xilanos y 1-3,1-4  $\beta$ -glucanos, ya que el pollo no produce dichas enzimas, dando

como resultado la liberación de energía y la disminución de la viscosidad en el tracto intestinal<sup>2,6</sup>. La adición de enzimas en la dieta incrementa la digestibilidad en 90 a 120 kcal/kg EM y de 0.60% a 0.66 % de la proteína cruda (PC) de la dieta<sup>32,40</sup>. Por esta razón, el uso de enzimas puede disminuir el costo del alimento.

Con estos antecedentes, se realizó el presente estudio con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo en pollos de engorda alimentados con dietas a base de sorgo + soya, con contenidos normal en nutrientes adicionadas con xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas; y con dietas con menor contenido de EM y PC.

### **3. HIPÓTESIS**

La adición de enzimas xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas en dietas a base de sorgo + soya a razón de 50g por tonelada de alimento en dietas convencionales, mejora el comportamiento productivo y en dietas con menor contenido de EM (50 kcal/kg) y PC (0.20%), no se afectan.

### **4. OBJETIVOS**

1. Evaluar el comportamiento productivo (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad) del pollo de engorda; en dietas a base de sorgo + soya convencionales con adición de enzimas xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas.
2. Evaluar el comportamiento productivo (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad) del pollo de engorda; en dietas a base de sorgo + soya con menor contenido de EM (50 kcal/kg) y PC (0.20%), con adición de enzimas xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas.

## **5. MATERIAL Y METODOS**

### **5.1 Localización de la granja**

El presente trabajo, se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. El cual está localizado en la calle Salvador Díaz Mirón S/N en Zapotitlán, Tláhuac D.F., a una altitud promedio de 2235 m.s.n.m. entre los paralelos 19° 17' 30" latitud Norte y 98° 57' 30" longitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado subhúmedo (C (wo) (w)), con una temperatura anual de 16° C, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso con una precipitación pluvial media de 747 mm<sup>41</sup>.

### **5.2 Experimento**

Se utilizaron 616 pollos sexados (mitad hembras y mitad machos) de la estirpe Ross de 1 día de edad, los cuales se distribuyeron al azar en grupos de 22 pollos (mitad hembras y mitad machos) en 28 corrales con piso de cemento, con cama de viruta en una caseta experimental con techo de lámina galvanizada, con paredes laterales, cortinas de plástico en ambos lados abatible con ganchos y rejas de alambre dividiendo los corrales. Cada corral contó con un bebedero automático de campana, un comedero de tolva de plástico y una criadora de gas infrarroja colgada entre dos corrales para proporcionarles calor durante las 4 primeras semanas de vida.

En cuanto al manejo profiláctico de las aves, se vacunaron a los 9 días de edad contra la enfermedad de Newcastle e Influenza Aviar por vía subcutánea y ocular. Se aplicó un tratamiento profiláctico con un expectorante a los 5 días después de la vacunación, para disminuir problemas respiratorios.

A los pollos se les proporcionó agua y alimento a libre acceso, las dietas se elaboraron para dos etapas conforme a lo señalado por *Cuca et al*<sup>4</sup>. Los ingredientes utilizados para elaborar las raciones y los análisis calculados se pueden apreciar en los Cuadros 3 y 4.

Las dietas se ofrecieron en dos etapas de alimentación como a continuación se describe: Para la dieta de iniciación normal (1 a 21 días) con 22% PC y 3000 kcal/kg de EM y para la de iniciación con menor contenido de EM y PC (1 a 21 días) con 21.8% PC y 2950 kcal/kg de EM. Para la etapa de finalización normal (22 a 49 días) con 20% PC y 3100 kcal/kg de EM, y para finalización con menor contenido de EM y PC (22 a 49 días) con 19.8 % PC y 3050 kcal/kg de EM.

Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 X 2, en el cual un factor fueron las dietas normales y las de menor contenido de EM (50 kcal/kg) y PC (0.20%) y el otro factor fue con y sin la adición de enzimas xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas (Rovabio XP)\* a razón de 50g por tonelada.

La Comisión Internacional de enzimas, sugirió una definición de "unidad de actividad" siendo su definición: La cantidad de enzima que transforma 1 micromol de sustrato por minuto bajo condiciones definidas<sup>22</sup>.

El experimento constó de 4 tratamientos, con 7 repeticiones cada uno asignados de la siguiente manera:

- T1. Dieta sorgo + soya normales
- T2. Como T1 + enzimas (50g / ton)
- T3. Dieta sorgo + soya con menor contenido de EM y PC. (-50kcal/kg EM y 0.20% PC)
- T4. Como T3 + enzimas 50g / ton)

\*Adisseo, marca registrada.

Se llevaron registros semanales de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad.

Se pesaron todos los animales por réplica en el día 21 y 49. El alimento se administró por réplica, se pesó diario al administrarlo y sólo en el día 21 y 49 se pesó el alimento sobrante para sacar la diferencia entre lo servido y lo recogido. También, se llevaron registros de mortalidad durante el experimento.

### 5.3 Modelo estadístico

Los datos obtenidos de las variables antes mencionadas, se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), con el modelo<sup>42</sup>.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1,2; \quad j = 1,2 \quad k = 1,2,3,4,5,6,7$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto de la dieta.

$\beta_j$  = Efecto de la adición o no adición de enzimas  $\beta$ -glucanasas y xilanasas.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de la dieta x enzima.

$\epsilon_{ijk}$  = Error aleatorio

## 6. RESULTADOS

Los datos obtenidos en 21 días para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se encuentran resumidos en el Cuadro 5. Se puede apreciar que no existió efecto ( $P>0.05$ ) al factor dieta ni a la adición de enzimas; así como al efecto de interacción entre factores.

Los resultados promedio en 49 días de edad, se encuentran resumidos en el Cuadro 6. En ganancia de peso existió diferencia ( $P<0.01$ ) con una mayor ganancia de peso en los pollos que consumieron las dietas normales respecto a las que consumieron las dietas con menor contenido de energía y proteína. También en ganancia de peso hubo efecto a la adición de enzimas ( $P<0.08$ ), obteniéndose mejores ganancias de peso en los pollos que recibieron las enzimas en la dieta (Figura 3). Cabe señalar que con el tratamiento con la dieta baja en energía y proteína, se obtuvo una ganancia de peso similar al tratamiento testigo cuando fueron adicionadas las enzimas.

En consumo de alimento no existió diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ) al tipo de dieta, ni a la suplementación de enzimas. En conversión alimenticia existió efecto a dietas ( $P<0.07$ ) siendo menos favorable con a la disminución de EM y PC en la dieta, con una mejor conversión en las aves que fueron tratadas con la dieta normal respecto las que consumieron la dieta baja en EM y PC. La suplementación de enzimas en dietas normales y con menor contenido de EM y PC mejoró ( $P<0.01$ ) la conversión alimenticia, respecto a los pollos que no fueron tratados con enzimas en la dieta. Para el porcentaje de mortalidad no existió efecto ( $P>0.05$ ) al tipo de dieta ni a la inclusión de enzimas. Es importante mencionar que en ninguna de las variables en estudio existió efecto de interacción.

## 7. DISCUSIÓN

En este experimento, la obtención de una mayor ganancia de peso en los pollos alimentados con dietas normales y dietas bajas en PC y EM adicionadas con enzimas (xilanasas, beta-glucanasas, pectinasas y proteasas), también ha sido registrado por otros investigadores, donde incluyeron enzimas (alfa-amilasas, proteasas y arabinosilanasas) en dietas a base de maíz + soya, puesto que estas enzimas mejoran la digestibilidad de la proteína al destruir los factores antinutrientales encontrados en la pasta de soya, y el aprovechamiento de los carbohidratos al hidrolizar los PNA en la pared celular en el grano<sup>32</sup>. Este beneficio también fue encontrado en un estudio realizado por Cortes et al<sup>26</sup>, en el cual adicionaron xilanasas, alfa-amilasas y proteasas en dietas sorgo + soya con contenido normal en nutrientes y con menor contenido de PC y EM (3%) y observaron una mejor ganancia de peso y conversión alimenticia en los tratamientos con enzimas; además, la inclusión de enzimas permitió reducir la PC y EM con resultados similares a una dieta con contenido normal de nutrientes. Sin embargo, en algunos estudios como el de Rebolé et al<sup>34</sup>, evaluaron un complejo de enzimas que contenía beta-glucanasas, pectinasas y hemicelulasas a diferentes niveles de inclusión (0, 0.5, 1.0 y 2.0 kg/ton) en dietas para pollos de engorda a base de maíz + soya y ajonjolí sin procesar y no encontraron efecto a la adición de enzimas sobre la ganancia de peso o conversión alimenticia ( $P>0.05$ ).

Algunos autores, sugieren que la variación en el procesamiento de la pasta de soya puede alterar la digestibilidad de los aminoácidos y carbohidratos<sup>32,43</sup>. Por otro lado, el tratamiento donde los pollos recibieron la dieta baja en EM y PC, afectó el peso de los pollos; resultados que se han encontrado en algunos estudios, en donde se indica que al disminuir la densidad nutritiva de la dieta, se refleja en una menor ganancia de peso<sup>26,32</sup>.

La conversión alimenticia obtenida en este experimento, fue mejor en los tratamientos adicionados con enzimas, este efecto se ha demostrado en trabajos

de investigación realizados en pollos de engorda con dietas a base de maíz + soya<sup>32,43</sup> y sorgo + soya<sup>43,44</sup> los cuales informan que existe una mayor digestibilidad de los PNA y proteína, lo que explica la mayor ganancia de peso en los tratamientos con enzimas y por ende una mejor conversión alimenticia. Este efecto benéfico, se debe a que la adición de enzimas en las dietas incrementa la energía de 90 a 120 kcal/kg de EM y la proteína de 0.6% a 0.66% de la dieta<sup>32,40</sup>.

El porcentaje de mortalidad fue similar entre tratamientos, a pesar de que los pollos que recibieron la dieta normal y esta misma con enzimas, tuvieron mayor ganancia de peso. Este efecto no va acorde a lo que indica la literatura en el Altiplano Mexicano, donde se señala que cuando el pollo obtiene un mayor crecimiento, mayor es la mortalidad por Síndrome Ascítico<sup>26,46</sup>.

## **8. CONCLUSIONES**

Del presente experimento bajo las condiciones empleadas, se puede inferir que la disminución de 50 kcal/kg de EM y 0.2% de PC en dietas para pollos de engorda durante 49 días, afecta la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Por otra parte, la adición de enzimas a razón de 50 g por tonelada de alimento en dietas normales y con menor contenido de EM y PC, mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

En base a lo anterior se concluye, que el valor nutritivo de dietas sorgo + soya bajas en polisacáridos no amiláceos se mejora con la adición de las enzimas xilanasas ,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas y proteasas.

## LITERATURA CITADA:

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2003-2004. México. D.F.
2. Bühler M. Las enzimas en la nutrición animal. Alemania: AWT, 1998
3. García G M, Quintero R R, López A, Canales M; Biotecnología Alimentaria. México, Ed- Limusa Noriega, 1993
4. Fox A. Brian; Cameron G. Allan.; Ciencia de los Alimentos Nutrición y Salud.; Limusa; Grupo Noriega Editores; México, 1992.
5. Donald R A; Greenhalgh J F D; Morgan CA; Nutrición Animal; editorial Acribia; S.A; Zaragoza España; 1999.
6. Leeson S, Summers JD. Commercial poultry nutrition. 2a Ed. Ontario, Canada; University Books, 1997.
7. C. Wenk, M. Boessinger; Enzymes In Animal Nutrition; proceedings of the 1<sup>st</sup> Symposium Kartause Ittingen, Switzerland; October 13-16, 1993.
8. Spring P, Newman KE, Wenk C, Messikommer R, Vukic VM. Effect of pelleting temperatures on the activity of the different enzymes. Poult. Sci. 1996; 75; 357-361.
9. Graham H, Inburr J. Stability of enzymes during processing. Feed Mix 1997; 3; 18.
10. Balconi Ivan, Temas de Actualidad para la Industria Avícola. México. D.F., Editor. 1995.

11. López Agustín; Quintero Rodolfo.; Tecnología Enzimática, Aplicaciones en Alimentos y Medicina.; UNAM; México; 1987
12. Geraert PA. NSP-enzymes for poultry: for more flexibility and profitability. France: Rhone-Poulenc Animal Nutrition, 1996.
13. Ricky Schroeder. Ingredient definitions committee report [serial online] 2001 Agosto [citada 2002 sep 5]; (1): [24 screens]. Disponible en: URL: <http://216.239.51.100/search?q=cache:EQ4vwjvvcEEC:www.aafco.org/idc.pdf+penicillium+funiculosum&hl=es&ie=UTF-8>
14. Bedford, M. Restricciones digestivas de los ingredientes alimentarios y oportunidades teóricas para la suplementación con enzimas. Memorias del seminario sobre el empleo de enzimas en la nutrición animal. Trow Iberica, Madrid España. Abril 1991.
15. Sears A Walsh G. Industrial enzyme applications: Using these concepts to match animal, enzyme and substrate in feed industry applications Biotechnology in the Feed Industry (Alltech). Nicholasville Kentucky USA. Edited by T.P Lyons 1993: 373-394.
16. Wyat LC, Graham H. Enzymes to the rescue. Feed Mgmt 1996;47:18-22.
17. Malathi V, Devegowda G, In Vitro Evaluation of Nonstarch Polysaccharide Digestibility of Feed Ingredients by Enzymes; Poultry Science; march 2001; Vol 80; Number 3; pag 302-305
18. Craig LW. Empleo de enzimas para gallinas ponedoras. Industria Avícola. 2000; (32-34): Febrero.

19. Ravindra V, Selle P H, Bryden W L, Effects of Phytase Supplementation, Individually and in Combination, with Glycanase, on the Nutritive Value of Wheat and Barley; *Poult. Sci.*; November 1999; volume 78; number 11; Pag 1588-1595
20. Mathlouthi N, Saulnier L, Quemener B, Larbier M. Xylanase,  $\beta$ -glucanase an other side activities have greater effects on the viscosity of several feedstuffs that xylanase and  $\beta$ -glucanase used alone or in combination. Submitted to *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 2002; 102-117.
21. Bedford MR. Exogenous enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. *Anim Feed Sci Technology* 2000; 86:1-13.
22. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 8° ed Universidad Autónoma Chapingo, Edo de México, 1996.
23. Gurtler H, Ketz HA, Kolb E, Schroder L, Seidel H. Fisiología veterinaria. Vol 1. Zaragoza: Acribia, 1987.
24. Sturkie PD. Avian Physiology. En Duke GE, editor Alimentary canal: anatomy, regulation of feeding and motility. 4a Ed., New York: Springer-Verlag, 1986:269-288.
25. Bedford MR, Morgan AJ. The use of enzymes in poultry diets. *Wld. Poult. Sci. J* 1996; 52:61-68.
26. Cortes CA, Aguila SR, Avila GE. La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda; *Veterinaria México*; Enero-Marzo, 2002; Vol 33; Numero 1; Pág. 1-8.
27. Klasing KC. Comparative avian nutrition. USA: CAB International, 1998

28. D' Mello JPF. From animal metabolism and nutrition. USA CAB International, 2000: 405-426.
29. Blum JC. Alimentación de los animales monogástricos. En: Blum JC, editor. Consumo. Necesidades. Recomendaciones prácticas. Valor energético de los alimentos. Madrid: Mundi-Prensa, 1985: 23-35.
30. Odetallah N H, Parkg C W, Ferket P R, Effect of Wheat Enzyme Preparation on the performance Characteristics of Tom Turkeys Fed Wheat-Based Rations; Poult. Sci.; July 2002; Vol 81; Number 7; Pag 987-993.
31. Lázaro R, Garcia M, Medel, Mateos G, Influence of enzymes on Performance and Digestive Parameters of Broilers Fed Rye-Based Diets; Poult Sci; January 2003; Vol 82; Number 1; Pág 132-139.
32. Zanella I, Sakomura NK, Silversides FG, Figueirido A., Pack M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. Poultry Sci. 1999; 78:561-568.
33. Rebolé A, Rodríguez ML, Alzueta C, Ortiz LT, Treviño J. A short note on effect enzyme supplement on the nutritive value of broiler chick diets containing maize, soybean meal and full-fat sunflower seed. Anim. Feed Sci. Technol. 1999;78:153-158
34. Esteve GE, Brufau J, Pérez VA, Miquel A, Duven K. Bioefficacy of Enzyme Preparations Containing  $\beta$ -Glucanase and Xylanase Activities in Broiler Diets Based on Barley or Wheat, in Combination with Flavomycin; Poult. Sci. 1997; volume 76; number 12;

35. Svihus B, Newman RK, Newman CW. Effect of soaking, germination and enzyme treatment of whole barley on nutritional value and digestive tract parameters of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 1997;38(Suppl 25):21.
36. Allen CM, McCracken KJ, Bedford MR. Effect of fat type, rate of wheat inclusion and enzyme supplementation on diet metabolizability and broiler performance. *Br. Poult. Sci.* 1997;38(Suppl 25):21.
37. Pack M, Bedford MR. Best-cost approach optimizes enzyme addition. *Feed Technol.* 1998; 2:29-31.
38. Graham H, Inburr J. Stability of enzymes during processing. *Feed Mix* 1997;3:18-19.
39. De Blas C, González MG. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras.* España: Mundi-Prensa. 1991:145-159.
40. Pack M, Bedford MR, Coon C, Rostagno HS. Effects of feed enzymes on ileal digestibility of energy and protein in corn-soybean diets to broilers. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition; 1997 August 24-28; Faaborg, Denmark.* Faaborg, Denmark: The World's Poultry Science Assoc. 1997: 502-504.
41. García ME. *Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.* México. D.F., Ed-Talleres Offset Larios. 1998.
42. Gill JL. *Design and análisis of experiments in the animal and medical sciences.* Vol 1. Ames (Io): The Iowa State University Press, 1978.
43. Marsman GJP, Gruppen H, Vander Poel AFB, Kwakkel RP, Verstegen MWA, Voragen AGJ. The effect of thermal processing and enzyme treatments of

- soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. *Poult. Sci.* 1997;76:864-872.
44. Pack M, Bedford MR, Wyatt C. Feed enzymes may improve corn, sorghum diets. *Feedstuffs* 1998;70:18-19.
45. Cervantes EJ. Efecto de la adición de una preparación enzimática sobre el crecimiento de pollos de engorda alimentados con dietas a base de sorgo+soya (tesis de licenciatura). Chapingo, Edo. De México: Universidad Autónoma Chapingo, 1993.
46. López CC, Arce MJ, Ávila GE, Vásquez PC. Investigaciones sobre el síndrome ascítico en pollos de engorda. *Cien. Vet.* 1991; 5: 13-48.

**Cuadro 1. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL POLLO.**

ALIMENTO	59 %
POLLITO	14%
MANO DE OBRA	5.3 %
GASTOS VARIOS	8 %
MEDICAMENTOS	2.7 %
DEPRECIACIÓN	4.4 %
FLETES	3.4 %
GASTOS FINANCIEROS	0.10 %
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.3 %
GASTOS DIVERSOS	1.7 %

**Cuadro 2. CONTENIDO DE FIBRA BRUTA Y DIVERSAS FRACCIONES DE PNA EN DIVERSAS MATERIAS PRIMAS.**

(Los datos se ofrecen en g/kg de materia seca)

MATERIA PRIMA	FIBRA BRUTA	$\beta$ -GLUCANOS	PENTOSANOS	PNA TOTALES
TRIGO	20 – 34	2 – 15	55 – 95	75 – 106
CENTENO	22 – 32	5 – 30	75 – 91	107 – 128
TRITICALE	30	2 – 20	54 – 69	74 – 103
CEBADA	42 – 93	15 – 107	57 – 70	135 – 172
AVENA	80 – 123	30 – 66	55 – 69	120 – 296
MAIZ	19 – 30	1 – 2	40 – 43	55 – 117
SALVADO DE TRIGO	106 – 136	*	150 – 250	220 – 337
SOYA	34 – 99	*	30 – 45	180 – 227
SORGO	25	7	45	55 – 110

\*No reportados

**Cuadro 3. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN POLLOS DE ENGORDA DE 0 A 21 DIAS DE EDAD.**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>DIETA NORMAL (Kg)</b>	<b>DIETA CON MENOR EM Y PC (kg)</b>
SORGO	566.992	584.376
PASTA DE SOYA	357.638	350.239
ACEITE DE SEGUNDA	29.897	19.866
ORTOFOSFATO 18/20	18.586	18.580
CaCO3	14.417	14.441
SAL	4.394	4.394
VITS POLLO-E	2.500	2.500
DL-METIONINA 98	2.231	2.170
L-LISINA HCL	1.195	1.284
CLORURO COLINA 60%	1.000	1000
BACITRACINA	0.500	0.500
COCCIDIOSTATO	0.500	0.500
ANTIOXIDANTE	0.150	0.150
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

**ANÁLISIS CALCULADO**

PROTEINA CRUDA %	22.00	21.80
ENERGIA METABOLIZABLE (kcal/kg)	3000	2950
METIONINA %	0.580	0.572
LISINA %	1.280	1.267
MET + CISTINA %	0.900	0.891
CALCIO TOTAL %	1.000	1.000
FÓSFORO DISPONIBLE %	0.500	0.500

**Cuadro 4. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN POLLOS DE ENGORDA DE 22 A 49 DIAS DE EDAD.**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>DIETA NORMAL (Kg)</b>	<b>DIETA CON MENOR EM Y PC (kg)</b>
SORGO	609.705	627.344
PASTA DE SOYA	307.583	300.090
ACEITE DE SEGUNDA	39.180	28.986
ORTOFOSFATO 18/20	13.985	13.977
CaCO <sub>3</sub>	14.271	14.296
PIGMENTO (AVELUT 15)	5.300	5.300
SAL	3.890.	3.889
VITS POLLO-E	2.500	2.500
DL-METIONINA 98	1.836	1.804
CLORURO COLINA 60%	0.800	0.800
BACITRACINA	0.300	0.300
COCCIDIOSTATO	0.500	0.500
ANTIOXIDANTE	0.150	0.150
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

**ANÁLISIS CALCULADO**

PROTEINA CRUDA %	20.00	19.80
ENERGIA METABOLIZABLE (kcal/kg)	3100	3050
METIONINA %	0.510	0.504
LISINA %	1.045	1.034
MET + CISTINA %	0.807	0.798
CALCIO TOTAL %	0.900	0.900
FÓSFORO DISPONIBLE %	0.400	0.400

**Cuadro 5. RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN  
POLLOS A LOS 21 DIAS DE EDAD.**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>GANANCIA DE PESO (g)</b>	<b>CONSUMO DE ALIMENTO (g)</b>	<b>CONVERSIÓN ALIMENTICIA (g/g)</b>
<b>T1. DIETA NORMAL</b>	686.8	956.0	1.39
<b>T2. COMO T1 + ENZIMAS</b>	684.7	943.5	1.37
<b>T3. DIETA CON MENOR EM y PC</b>	688.2	944.4	1.37
<b>T4. COMO T3 + ENZIMAS</b>	684.0	922.2	1.34

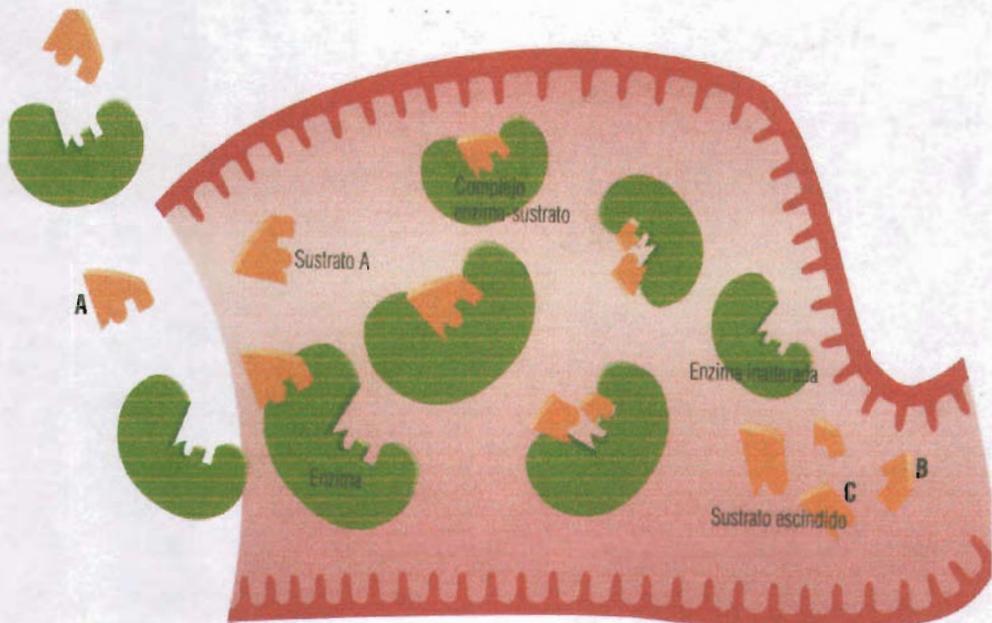
\*No se encontraron diferencias entre tratamientos (P>0.05)

**Cuadro 6. RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN  
POLLOS A LOS 49 DIAS DE EDAD.**

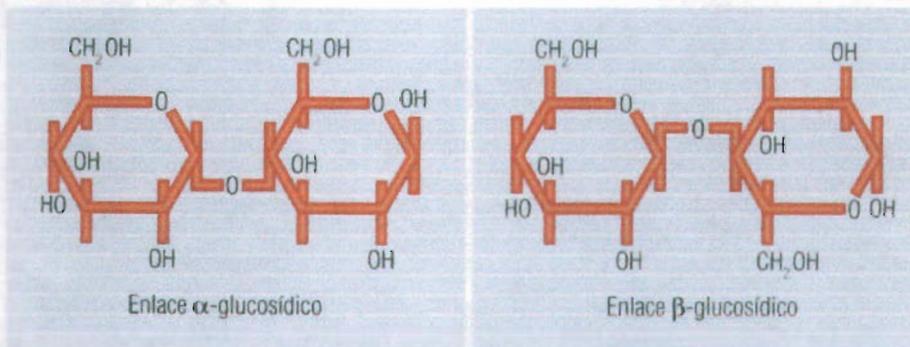
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>GANANCIA DE PESO (g)</b>	<b>CONSUMO DE ALIMENTO (g)</b>	<b>CONVERSIÓN ALIMENTICIA (g/g)</b>	<b>MORTALIDAD (%)</b>
<b>T1. DIETA NORMAL</b>	2906.2 b*	5606.5 a	1.93 b*	7.48
<b>T2. COMO T1 + ENZIMAS</b>	2985.3 a**	5481.0 a	1.84 a	9.52
<b>T3. DIETA CON MENOR EM y PC</b>	2842.4 c	5572.8 a	1.96 c	8.84
<b>T4. COMO T3 + ENZIMAS</b>	2875.2 b**	5477.9 a	1.90 b	7.48

\* Valores con distinta letra son diferentes (P<0.01)

\*\*Valores con distinta letra son diferentes (P<0.08)



**FIGURA 1 MECANISMO DE ACCION DE LAS ENZIMAS<sup>2</sup>**



**FIGURA2 ENLACES GLUCOSIDICOS<sup>2</sup>**

