

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA MEZCLA ENZIMÁTICA DE  
XILANASAS, PROTEASAS Y AMILASAS EN DIETAS A BASE DE MAÍZ Y  
SOYA PARA POLLOS DE ENGORDE**

**MARIO IVAR PÉREZ VALDÉS**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2006**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA MEZCLA ENZIMÁTICA DE  
XILANASAS, PROTEASAS Y AMILASAS EN DIETAS A BASE DE MAÍZ Y  
SOYA PARA POLLOS DE ENGORDE**

**TESIS**

**Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Por**

**MARIO IVAR PÉREZ VALDÉS**

**Previo a conferírsele el grado académico de**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2006**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

<b>DECANO</b>	<b>Lic. Zoot. MARCO VINICIO DE LA ROSA MONTEPEQUE</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Dr. M.V. VINICIO GARCÍA</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Dr. M.V. YERI VELIZ PORRAS</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Dr. M.V. FREDY GONZÁLEZ GUERRERO</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Dr. EDGAR BAILEY</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. ROCÍO YADYRA PÉREZ FLORES</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>Br. JOSÉ ABRAHAM RODRÍGUEZ CHANG</b>

**ASESORES**

**Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas**  
**Lic. Zoot. Carlos Enrique Corzantes**  
**Dra. M.V. Beatriz Santizo**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el presente trabajo de tesis titulado:**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA MEZCLA ENZIMÁTICA DE XILANASAS, PROTEASAS Y AMILASAS EN DIETAS A BASE DE MAÍZ Y SOYA PARA POLLOS DE ENGORDE**

**Que fuera aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Como requisito previo a optar a el título profesional de**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS PADRE, HIJO Y ESPÍRITU SANTO POR DARME EL REGALO DE LA VIDA, SALUD Y POR PERMITIRME HABER LLEGADO A ESTE MOMENTO, PARA GLORIFICARLO Y AGRADECERLE SU PRESENCIA EN MI VIDA**

**MIS PADRES      IVAR HOMERO PÉREZ AVALOS(+)**  
**Honor y agradecimiento profundo hasta ese lugar celestial en el que está celebrando conmigo este triunfo.**

**DINORA VALDÉS DE PÉREZ**  
**Gracias por todo tu apoyo.**

**A MI                      DINORA GOSSETH PÉREZ VALDÉS(+)**  
**HERMANA              Un abrazo y un beso sincero hasta allá arriba.**

**A MIS HIJOS            MARIO IVAR PÉREZ AGUILAR**  
**DANIEL ALEJANDRO PÉREZ AGUILAR**  
**Mi fuente de inspiración para conseguir este triunfo, los amo**

**TESIS QUE DEDICO A:**

**DIOS**

**POR SER QUIEN SOY**

**MIS HERMANOS**

**DINORA GOSSETH (Q.E.P.D.)  
BENJAMIN ALEJANDRO Y  
YESENIA MARIBEL PÉREZ VALDÉS**

**MIS PRIMAS**

**ANABELLA, CLARA MARITZA Y LEONOR DE  
MARÍA SÁNCHEZ VALDÉS**

**ABUELOS**

**PROF. MARIO HUMBERTO VALDÉS (+)  
PROFA. CLARA ROSA R. DE VALDÉS(+)**

**MIS COMPAÑEROS  
DE ESTUDIOS**

**DE LA XXXIV PROMOCIÓN COLEGIO SAN  
SEBASTIÁN, Y MIS COMPAÑEROS DE  
CARRERA AQUÍ EN LA USAC**

**MIS AMIGOS**

**OSCAR AREANO, RAÚL GEREDA, BERNARDO  
LÓPEZ, CARLOS ARTURO RUBIO, GONZALO  
ESKENAZY, JESSICA ZELAYA, MÓNICA  
ZUÑIGA, DIANA ZUÑIGA, GUILLERMO ZUÑIGA,  
SRA. CARMENCITA OLIVA, JUAN CARLOS  
ROSALES, CARLOS ROSALES, FERNANDO  
CASTILLO.**

**MIS  
CATEDRÁTICOS**

**ING. VICENTE IBAÑEZ, ING. MIGUEL ANGEL  
GUTIÉRREZ, LIC. ZOOT. CARLOS WEVER.**

**A MIS HERMANOS  
EN CRISTO**

**DE LA FRATERNIDAD INTERNACIONAL  
DE HOMBRES DE NEGOCIOS DEL EVANGELIO  
COMPLETO EN ESPECIAL AL CAPÍTULO  
PLAZUELA I**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, especialmente a: ALIANSA, DEGUSSA DE GUATEMALA, en especial al Ing. Hans Mann, GRANJA SAN JOSÉ EL RECUERDO, Lic. Aldo Azzari, Lic. Eduardo Rodas, Licda. Karen Hernández, Lic. Giovanni Avendaño, Xiomara de Calderón, Lic. Carlos Saavedra, Dr. M. V. Hugo Pérez, Lic. Rodolfo Chang, Lic. Carlos Oseida.**

**A mis asesores Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas, Lic. Zoot. Carlos Enrique Corzantes, Dra. M.V. Beatriz Santizo**

**A mis padrinos Señor Viceministro de Agricultura Lic. Bernardo López Figueroa, Lic. Zootecnista Oscar Augusto Areano Berganza, Dr.M.V. Luis Felipe Rosales y a Dr. Benjamín Alejandro Pérez Valdés**

**AL CAPITÁN CARLOS ARTURO RUBIO PARRA  
Un especial agradecimiento por toda la ayuda brindada**

**A usted especialmente gracias por su presencia**

## ÍNDICE

<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>III OBJETIVOS</b>	
<b>3.1 General.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>IV REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>4.1 Historia del uso de las enzimas.....</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Qué son las enzimas.....</b>	<b>6</b>
<b>4.3 Modo general de la acción de las enzimas.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3.1 Acelerando el rompimiento de los nutrientes.....</b>	<b>8</b>
<b>4.3.2 Enzimas en acción.....</b>	<b>8</b>
<b>4.3.3 Principios del uso de las enzimas.....</b>	<b>9</b>
<b>4.4 Ventajas del uso de las enzimas.....</b>	<b>10</b>
<b>4.4.1. Ventajas para el productor de pollos de engorde.....</b>	<b>12</b>
<b>4.5 Problemas antinutritivos que se pueden presentar .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5.1. Por qué los pollos no digieren celulosa y otros polisacáridos...</b>	<b>14</b>
<b>4.6 Enzimas usadas en la nutrición de aves.....</b>	<b>16</b>
<b>4.6.1 Enzimas comerciales.....</b>	<b>16</b>
<b>V MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Localización.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Manejo del experimento.....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Tratamientos evaluados.....</b>	<b>17</b>
<b>5.4 Diseño del experimento.....</b>	<b>19</b>
<b>5.5 Variables medidas.....</b>	<b>20</b>
<b>5.6 Análisis estadístico.....</b>	<b>21</b>
<b>5.7 Análisis económico.....</b>	<b>21</b>
<b>VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>6.1 Consumo, incremento de peso y conversión alimenticia         acumulada.....</b>	<b>23</b>
<b>6.2 Incremento de peso.....</b>	<b>23</b>
<b>6.3 Consumo voluntario.....</b>	<b>25</b>
<b>6.4 Conversión alimenticia.....</b>	<b>26</b>
<b>6.5 Humedad de la cama.....</b>	<b>27</b>
<b>6.6 Peso vivo en el muelle.....</b>	<b>28</b>

<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VIII</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>IX</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>34</b>
<b>X</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	No. 1	Composición nutricional del alimento balanceado.....	18
Cuadro	No. 2	Dosis de la inclusión enzimática partiendo del Testigo.....	19
Cuadro	No. 3	Consumo, incremento de peso y conversión alimenticia acumulada de los 6 tratamientos evaluados.....	23
Cuadro	No. 4	Incremento de peso por tratamiento en las 6 semanas que duró el experimento.....	23
Cuadro	No. 5	Consumo voluntario por tratamiento en las 6 semanas que duró el experimento.....	25
Cuadro	No. 6	Conversión alimenticia por tratamiento en las 6 semanas que duró el experimento.....	26
Cuadro	No. 7	Humedad de la cama al final del experimento expresado en %.....	27
Cuadro	No. 8	Peso vivo en el muelle por tratamiento en el final del experimento expresado en gramos .....	28
Cuadro	No. 9	Peso canal caliente por tratamiento en rastro de sacrificio al final del experimento expresado en gramos.....	29
Cuadro	No. 10	Peso canal frío por tratamiento en rastro de sacrificio al final del experimento, expresado en gramos.....	29
Cuadro	No. 11	Presupuesto parcial, análisis de costos y beneficios netos.....	30
Cuadro	No. 12	Dominancia de los tratamientos.....	31

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la avicultura ha llegado a altos niveles de perfeccionamiento por lo que el productor ha visto la necesidad de buscar la forma de conseguir un producto final de mejor calidad sin que esto provoque un alza en sus costos de producción, sino por el contrario, este mejoramiento produzca un ahorro en su explotación.

Para lograr estos objetivos, los nutricionistas se encuentran en constante investigación utilizando una serie de recursos, tal es el caso de las enzimas, que ayudan a que el proceso digestivo de algunos ingredientes mejore considerablemente en pollos de engorde, a tal grado que todos los nutrientes incluidos en la dieta sean aprovechados al máximo. Recientes estudios de mercadeo indican que en el Reino Unido aproximadamente en el 90-95% de todas las dietas de pollos de engorde se usan enzimas. El crecimiento tremendo en nutrición animal se ha acelerado en un corto periodo de tiempo.

Los nutricionistas usan las enzimas en una forma práctica, como aditivo para los alimentos, dado que mejoran la eficiencia en la utilización del alimento ofrecido. Para entender por qué, es necesario tener una clara visión del sistema particular del animal en estudio. Dos informes biológicos identifican las claves para el uso de aditivos enzimáticos. Los animales jóvenes (pollos, lechones y terneros) tienen una capacidad enzimática poco desarrollada en su sistema digestivo comparada con los animales adultos. Segundo, la capacidad digestiva de un animal es generada a partir de una combinación de sus propias enzimas y estas provienen del sistema digestivo y glándulas asociadas. Esto sugiere que existe un potencial para añadir enzimas como suplemento en dietas para animales jóvenes y adultos. La adición enzimática es usada para aumentar la capacidad digestiva ya sea desde temprana edad como realmente ocurre o para dar al animal un rango enteramente nuevo de habilidades, dada la presión de un rápido crecimiento, tal es el caso de los monogástricos. En estas especies especialmente hay una

necesidad muy grande de obtener mayores pesos en menor tiempo pues el tiempo en que alcanzan su peso de venta es relativamente corto. Los pollos de engorde, objeto de nuestro estudio, necesitan la adición de enzimas a su alimento para ayudarlos al mejor aprovechamiento de todos los componentes de la ingesta. En el presente trabajo se trató de determinar si en las dietas a base de maíz- soya es importante la adición de enzimas como se ha determinado que es necesario en las dietas a base de cereales viscosos (cebada, trigo y centeno) llamados así porque en su proceso de degradación tienden a formar un gel en el tracto digestivo del ave lo que provoca la difícil absorción de los componentes que aportarán los nutrientes necesarios para que los animales alcancen su peso final.

Persiguiendo el logro de objetivos similares a los antes citados, en el presente trabajo se evaluaron diferentes dosis de una inclusión enzimática a base de xilanasas, proteasas y amilasas en dietas para pollos de engorde a base de maíz-soya.

## **II. HIPÓTESIS**

La inclusión de una mezcla enzimática de xilanasas, proteasas y amilasas en dietas a base de maíz-soya mejora el rendimiento productivo en pollos de engorde.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL:**

Generar información sobre el uso de mezclas enzimáticas compuestas de xilanasas, proteasas y amilasas y su efecto sobre la producción en pollos de engorde.

#### **3.2 ESPECÍFICOS:**

- Evaluar el efecto del uso de cinco niveles de inclusión de una mezcla enzimática compuesta de xilanasas, proteasas y amilasas, sobre el rendimiento del pollo de engorde en términos de consumo de alimento, aumento de peso y conversión alimenticia.
- Evaluar económicamente los tratamientos.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 HISTORIA DEL USO DE LAS ENZIMAS

Es de conocimiento común que el uso de enzimas en la presentación de concentrados se realiza desde mucho antes de tener conocimiento de las enzimas como tales. Se cree que la producción de comida fermentada, así como la manufactura del pan, cerveza, vino y queso se ha practicado por más de 1,000 años. El desarrollo de la enzimología durante el último siglo ha permitido la observación de fenómenos más o menos explicables. Es probable que los investigadores interesados en la fermentación y en el procesamiento de comidas hayan abierto el vasto campo de la enzimología. Algunas enzimas fueron detectadas por primera vez y aisladas de tejidos de los cuales fueron particular punto de interés desde el punto de vista de la tecnología de la alimentación, por ejemplo la pepsina, una enzima proteolítica que fue aislada del estómago del cerdo en 1850. Junto con esta tecnología de la fermentación, tejidos de plantas y exudados, así como extractos de tejido animal han sido usados para intensificar la velocidad de los procesos, o para permitir que ciertos procesos se realicen, como ejemplo se pueden mencionar los mucílago del estómago del ternero que contienen la enzima quimosina la cual es responsable del primer paso en la fabricación del queso. Una observación interesante se hizo en las ciudades tropicales, donde los pobladores indígenas usan hojas de papaya para envolver pedazos de carne, después de tenerlas guardadas por cierto tiempo, la carne se torna suave, este proceso de suavización se da por la acción de enzimas proteolíticas denominadas papainas las cuales están presentes en las hojas de papaya. (13).

En 1950 la alimentación de algunos granos de cereal (trigo, cebada y centeno) fue reconocida por producir un rendimiento pobre, incluyendo la humedad de la cama en las aves de corral. Eventualmente, la fracción de fibra de polisacáridos no amiláceos fue identificada como la causa principal, como se investigó anteriormente (Ward, 1995). Luego con el remojo del cereal se encontró la posibilidad de mejorar el valor alimenticio

de tales granos ( Fry et al, 1958). Las enzimas fueron tomadas para ser liberadas dentro de los granos para mejorar su digestibilidad. (3).

Investigaciones de 1950 en la Universidad Estatal de Washington han demostrado que los granos puestos en remojo preferentemente en agua, mejoraban la alimentación grandemente y eso era debido a la acción endógena de las enzimas de los granos. Más tarde probaron las enzimas microbianas crudas con algún éxito. En 1988 Petterson demostró el valor de la xilanasas en una dieta a base de trigo y centeno, demostrando que el incremento en el crecimiento se debió al marcado mejoramiento en la digestibilidad, particularmente de las grasas provenientes de la dieta ofrecida. Ellos sacaron la hipótesis que los mejoramientos en la alimentación eran debido a la ruptura de las paredes celulares y a la reducción de la viscosidad de la digesta. (12)

## **4.2 QUÉ SON LAS ENZIMAS**

Las enzimas son proteínas especiales fabricadas a partir de células vivas. Ellas ayudan a la célula a romper enlaces químicos. Las enzimas son componentes normales que se encuentran dentro de cada célula para aumentar la eficiencia de los procesos internos de las mismas. (13) Las enzimas son biocatalíticos específicos y altamente efectivas. Hechas de proteínas o conteniendo proteínas como principal componente, las enzimas contienen un dominio funcional específico, el cual permite un ligamiento de un sustrato en particular (sitio de ligamiento) y el catalítico de una reacción en particular (sitio activo). Estos confieren la única propiedad de la especificidad de las enzimas (11). Las enzimas son unos valiosos aditivos, proteínas especializadas las cuales controlan reacciones específicas. Son productos totalmente naturales, todos los animales y las plantas dependen de ellas para mantener un metabolismo sano. Hay un rango de 2,477 tipos de enzimas las que están envueltas en diferentes reacciones de las cuales algunas no han sido clasificadas aún. (13)

La acumulación de un vasto conocimiento a través de experimentos científicos ha permitido entender la importancia de las enzimas y sus nuevas formas de uso lo que ha

permitido ayudar a la producción animal. Algunas células liberan enzimas al ambiente que las rodea, así que el proceso de rompimiento puede empezar antes que los químicos sean absorbidos por la célula. Este es particularmente el caso en el sistema digestivo de los animales, donde las moléculas muy largas de proteínas, carbohidratos y lípidos no pueden ser absorbidos a través de las paredes celulares forrando el tracto digestivo. Si las enzimas digestivas no son secretadas, todas las proteínas, lípidos y carbohidratos, excepto los azúcares simples, podrían pasar a través del tracto digestivo sin ser digeridos y podrían ser excretados enteros en las heces. (13)

#### **4.3 MODO GENERAL DE ACCIÓN DE LAS ENZIMAS:**

Una extensa investigación indica que las enzimas alimenticias actúan principalmente:

1. Desgarrando las paredes celulares de la fibra;
2. Reduciendo la viscosidad, debido a la fibra soluble en el intestino delgado;
3. Rebajando las proteínas, por ejemplo, en la harina de soya; reduciendo el efecto de los factores antinutritivos tal como los inhibidores de proteasas y haciéndolos más disponibles para el animal.
4. Suplementando la producción de enzimas endógenas del animal. Esto es especialmente importante en las primeras semanas de edad.

La suplementación de enzimas para dietas de aves conteniendo trigo, cebada, centeno y/o avena funciona por medio de la hidrolización de glucanos y xilanos solubles reduciendo la viscosidad de la digesta y mejorando la utilización de los nutrientes de la dieta en el intestino delgado.

El tratamiento con enzimas puede mostrar cómo afecta en su desarrollo el tamaño del tracto digestivo y ciertos órganos tales como el páncreas y el hígado en pollos alimentados con trigo y cebada de diferentes variedades. Generalmente los resultados demostraron que la influencia del tamaño del tracto gastrointestinal y los órganos antes mencionados puede ser considerablemente reducida en la avicultura con la inclusión de

enzimas en ciertas dietas con cereales. Estos resultados demostraron que la adición de una apropiada preparación enzimática a dietas con cereales puede resultar en mejoramientos significativos en el desarrollo de pollos en crecimiento y que el grado de respuesta es influenciado por la concentración de factores antinutricionales, como la alta viscosidad y la solubilidad en agua presentes en ingredientes como los cereales y el tipo de enzima utilizada. (1)

#### **4.3.1. Acelerando el rompimiento de los nutrientes**

Hay enzimas específicas que son secretadas en el sistema digestivo de las aves para la digestión de los macronutrientes del almidón, proteínas y lípidos. Estas enzimas endógenas catalizan el rompimiento de nutrientes convirtiéndolos en componentes de peso molecular menor los cuales pueden ser absorbidos a través del intestino, pero mientras las aves pueden tener suficientes enzimas para degradar el mayor número de nutrientes, el rompimiento puede ser dificultado por una baja accesibilidad del sustrato en las condiciones bajo las cuales ocurre la digestión. Las paredes celulares de los granos y semillas aceitosas pueden servir como una barrera física entre las enzimas digestivas y los nutrientes contenidos dentro de las células y puede prevenir el acceso enteramente o retrasar la digestión de los nutrientes a una porción más lejana del intestino.

#### **4.3.2 Enzimas en acción**

Las fuentes enzimáticas con actividades específicas han sido utilizadas exitosamente para incrementar el valor nutricional de la avena, cebada, centeno y trigo para aves de corral. La respuesta es distinta en aves jóvenes, pero en animales adultos también se han visto respuestas satisfactorias.

A la fecha, la mayoría del uso e investigación de las enzimas se han enfocado en la fracción de los polisacáridos no amiláceos de los ingredientes alimenticios. Los mecanismos por medio de los cuales las enzimas degradan el polisacárido no amiláceo

afectan el valor nutricional de los alimentos y pueden ser divididos en tres grandes grupos:

- Alterar las condiciones físico-químicas de los contenidos digestivos (viscosidad)
- Romper las paredes celulares y permitir el acceso a los nutrientes por las enzimas
- Hidrolizar los polisacáridos no amiláceos para absorber los nutrientes o para producir un sustrato más fermentable. (11)

#### **4.3.3 Principios del uso de las enzimas**

El papel catalítico de las enzimas depende de algunos factores tales como la temperatura, pH, contenido de humedad, presencia de inhibidores, así como la concentración de las enzimas y los sustratos. Las bases para la función de las enzimas son las mismas que la alimentación de aves de corral; el sustrato debe ser identificado y la ubicación de la reacción determinada y así seleccionar las enzimas apropiadas.

La suplementación de enzimas puede mejorar significativamente el desarrollo de los pollos incrementando la digestibilidad de la materia seca, lípidos y proteínas con un excelente mejoramiento obtenido a partir de dietas que demandan más calidad en los productos y mejores estándares de bienestar en el galpón. La gran mayoría de los alimentos son peletizados y están hechos a base de cebada, trigo, extracto de soya y girasol, extracto de semilla de colza, harina de pescado, grasa y mezclas de cebada. En el segundo semestre de 1980 muy pocos alimentos contenían enzimas pero actualmente el 100% es tratado con xilanasas y/o B-glucanasas. Con un incremento del interés en las proteasas. (7)

En la última década, ha aumentado el conocimiento acerca del papel que juegan las enzimas en la digestión de ingredientes alimenticios. Esto resultará en un uso más eficiente y en una mayor aplicación de enzimas en la nutrición de aves. Las enzimas, añadidas o endógenas tienen la capacidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes removiendo los factores antinutricionales. (8)

Los animales monogástricos no pueden sintetizar las enzimas para romper las paredes celulares de los componentes vegetales, los cuales están en casi todos sus alimentos, estos dependen de los microorganismos en el tracto digestivo para hacer este trabajo. Los rumiantes tienen desarrollado un sistema digestivo, donde los microorganismos rompen el material vegetal en forma temprana en el paso de los alimentos mientras que las aves y demás monogástricos exponen sus alimentos a los microorganismos en las últimas porciones del intestino. Ambos sistemas tienen ventajas y desventajas. El segundo sistema (el de las aves y cerdos) es el más fácil de imaginar en cuanto a la manera en la cual pueden ayudar los aditivos enzimáticos. Si las enzimas, en forma similar a la microflora, pueden ser introducidas dentro del alimento entonces las paredes celulares de los vegetales pueden ser degradadas en las primeras porciones del intestino. Esto imitaría una de las ventajas del sistema de los rumiantes (rompimiento temprano de las paredes celulares de la planta) sin las consecuencias que los rumiantes tienen que pagar en término de pérdida de nutrientes a los microbios para dejarlos proliferar. (8)

#### **4.4 VENTAJAS DEL USO DE ENZIMAS**

La suplementación de enzimas de dietas basadas en cereales puede mejorar significativamente el desarrollo de los pollos incrementando el rango de ganancia de peso, eficiencia en la utilización de la comida, la energía metabolizable y la digestibilidad de la materia seca, lípidos y proteínas con un excelente mejoramiento obtenido a partir de dietas que contienen centeno, avena y cebada, han sido obtenidos resultados menos severos con trigo. Con la adición de enzimas disminuye el contenido de humedad de las heces, lo cual junto con el mejoramiento en la digestibilidad de la materia seca, reduce la cantidad total de heces producida y por ende reduce el manejo y los problemas ambientales. La suplementación enzimática también mejora el valor nutricional de muchos ingredientes. Algunos estudios sugieren que hay una relación simple entre el monto de enzimas añadidas a la dieta y el resultado obtenido. (1)

En experimentos en el laboratorio en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid España se demostró que el valor nutritivo de materiales como cebada, avena y en algunos casos trigo mejora bastante por la inclusión de preparaciones comerciales disponibles a partir de Trichoderma viride (Friesen et al), 1992; Marquadt et al.,1994). (1)

Las enzimas conocidas para hidrolizar las macromoléculas de glucanos son usadas como aditivos enzimáticos pues estas no permiten que se forme el gel característico causante de la formación de heces húmedas en aves alimentadas a partir de ingredientes conteniendo polisacáridos no amiláceos lo cual mejora el desempeño del ave de forma significativa. Otra de las ventajas del uso de inclusiones enzimáticas se observa con el hecho de que las moléculas de polisacáridos no amiláceos forman parte integral de las paredes celulares de las plantas las cuales envuelven las reservas de los nutrientes, si la inclusión de enzimas se da, el envolvimiento se rompe y los monogástricos tendrían acceso mayor a los nutrientes del alimento. Un componente particularmente importante en los polisacáridos no amiláceos es la arabinoxina. (8)

Otra de las ventajas en la adición de enzimas puede ser la reducción de la viscosidad que usualmente es asociada con un mejor desenvolvimiento y biodisponibilidad de los nutrientes produciendo en los pollos de engorde aumentos en la ganancia diaria por ende del peso final, y excreta bastante seca. (14)

Por otro lado cuando se da la adición de enzimas endógenas, la accesibilidad de los sustratos así como la especificidad de las enzimas es importante. En el caso de los polisacáridos no amiláceos solubles los componentes son considerados fácilmente accesibles a las enzimas y su rompimiento puede lograrse por un número limitado o una acción limitada de enzimas.

Otras enzimas pueden utilizarse para reducir el nivel de las sustancias dañinas o para reducir el material tóxico de las plantas, por ejemplo, en el caso del gopipol en la harina de semilla de algodón y los oligosacáridos en la harina de soya. La adición de enzimas

también puede ser citada como una ayuda para sustituir ingredientes que en el mercado actual se están desapareciendo por el alto costo; sin embargo la harina de semilla de algodón, de semilla de colza etc., pueden reportar los mismos rendimientos con el uso de enzimas específicas y de forma más barata.

Hay evidencias que las endoxilanasas cuando son utilizadas en dietas a base de trigo reducen la fermentación a nivel de íleon (Choct et al), 1995). Esta puede ser una de las razones por las que la enteritis necrótica se ha disminuído cuando se utilizan enzimas en dietas de trigo y cebada. La influencia de las enzimas que pueden ejercer influencia en la salud de las aves es un efecto contraído por modificación de condiciones dentro del aparato intestinal. El aumento de la digestibilidad de los nutrientes tendrá un efecto en general positivo en la salud del animal y modificar la flora intestinal impedirá la invasión de organismos indeseados.

El aumentado interés en el uso de enzimas en nutrición animal tiene implicaciones ambientales, científicas y económicas. Siempre los costos marginales reducidos y las presiones ambientales hacen económicamente atractiva la aplicación de enzimas. Para el fabricante de alimentos es una gran ventaja el que la formulación de concentrados sea más flexible. Usando enzimas el productor puede seleccionar el mejor valor económico de los cereales en el mercado y añadirlo en el alimento sin límites cuantitativos. Por esta razón el productor es capaz de usar materiales crudos más baratos. Recientemente los granos cosechados, los cuales son normalmente más baratos que los almacenados y frecuentemente causan reacciones adversas en animales, pueden, gracias al efecto de las enzimas, ser usados en cantidades más altas. (13)

#### **4.4.1 Ventajas para el productor de pollos de engorde**

El avicultor puede manipular el crecimiento de las aves manejando la energía metabolizable a través del uso de las enzimas. El principal efecto en ganancia para el productor es en el incremento en el desarrollo de los animales. Esto significa que ellos alcanzarán un peso final en un tiempo más corto con menor consumo de alimento. El

beneficio mejora las condiciones de higiene y salud lo que representa una ventaja adicional. Desde el punto de vista de la política agrícola de unos países el uso de enzimas puede conducir al uso de cereales producidos internamente y reducir la importación de cereales caros del exterior, lo que conlleva a un ahorro de divisas, y cada país tiene la posibilidad de ser más independiente y más autosuficiente. (11). Finalmente se puede concluir que el uso de enzimas en nutrición animal tiene un futuro brillante. (13)

#### **4.5 PROBLEMAS ANTINUTRITIVOS QUE SE PUEDEN PRESENTAR**

El uso de productos a base de enzimas crudas como una suplementación animal ha atraído considerablemente la atención de los fabricantes de alimentos balanceados y de los productores como un significativo mejoramiento en el desarrollo animal. Las enzimas han sido usadas para degradar algunos de los carbohidratos estructurales encontrados en cereales, particularmente en aquellos que son digeridos por las enzimas de las aves y los mamíferos, los cuales son altamente viscosos y tienen una gran capacidad de retener agua. La mayor cantidad de estos polisacáridos son los B-glucanos en cebada y avena, las arabinoxinas en centeno, trigo y posiblemente otros carbohidratos tales como pectinas y los oligosacáridos de la familia de las rafinosas de otros alimentos. Los polisacáridos viscosos reducen el índice de hidrólisis y la absorción de los nutrientes de la dieta, particularmente las grasas saturadas y las vitaminas liposolubles. La digestibilidad de todos los nutrientes, sin embargo, incluyendo las proteínas, carbohidratos y minerales se ven afectados. La presencia de carbohidratos viscosos se ha ido mostrando específicamente en la reducción de consumo de la ración, ganancia de peso, eficiencia en la utilización de la comida y la energía metabolizable y la reducción en el consumo de agua, inflamación del ano, taponeo del pico, el tamaño del tracto gastrointestinal, el número de microorganismos anaerobios en el intestino delgado y el contenido de agua en la digesta y excreta. La producción de heces húmedas produce problemas en el manejo, particularmente cuando la humedad es muy alta y las temperaturas externas son bajas. El efecto de las enzimas dietéticas es influenciado por el tipo y concentración de los carbohidratos indeseables presentes en los alimentos y la clase y edad de la parvada. Los

pollos jóvenes son afectados en un alto grado por compuestos antinutricionales tanto como las aves y los cerdos adultos. (1)

#### **4.5.1. Por qué los pollos no digieren celulosa y otros polisacáridos**

Las enzimas secretadas por los pollos dentro del tracto digestivo digerirán todas las proteínas y todos los lípidos, pero solamente algunos carbohidratos. Los únicos carbohidratos digeridos por las enzimas de los pollos son almidones y azúcares. Los carbohidratos más complejos como la celulosa, hemicelulosa, pectinas, mucílagos y lignina no pueden ser digeridos por los pollos y usualmente pasan enteros a través del sistema digestivo. Estos carbohidratos complejos son digeridos por los microorganismos presentes en el aparato digestivo de los rumiantes. Aunque éstos no secretan enzimas los microorganismos pueden degradar los carbohidratos complejos. Las bacterias y los protozoos en el sistema digestivo de las aves pueden también desarrollar esta misma actividad, pero comparada a la de los rumiantes hay muy pocos microorganismos, y el rango de paso del alimento en las aves es rápido por la digestión bacteriana para mostrar efectos en el tracto digestivo.

Hay dos maneras en las que los carbohidratos complejos son desventajosos en las aves, estas son: a) ser un alimento poco digerible y b) la viscosidad o el efecto tamiz.

A) Alimento poco digerible: Las fibras de celulosa son largas y fuertes y, así como el raspado de las células de la mucosa gástrica, ellas estimulan la secreción de mucus por las aves de corral para probar lubricar el pasaje de las fibras a través del intestino. Las irritaciones también causan contracción en el movimiento peristáltico para aumentar la frecuencia, acelerando así el paso de la comida en el intestino y disminuyendo el tiempo disponible para la digestión. Las células de la mucosa y el mucus contienen altos niveles de proteína, tanto que es consecuentemente pérdida por el cuerpo. De aquí que la celulosa pura no sea un químico neutro, a partir de esto la acción física causa pérdida de proteína del cuerpo (Siriwanm Bryden y Annison 1990).

B) La viscosidad o el efecto tamiz: la celulosa no tiene ningún efecto sobre la viscosidad. Es insoluble, pero muchos de los otros carbohidratos complejos son solubles y la solución incrementa la viscosidad del líquido donde son disueltos. Esto ocurre en los almidones, mucílagos, hemicelulosa y pectinas.

La viscosidad del intestino ahora es reconocida como un importante factor que disminuye la absorción de todos los nutrientes. No sabemos exactamente como la viscosidad disminuye la absorción pero aparece como un depresor de todos los procesos de absorción y digestión. Se ha encontrado que los líquidos viscosos pueden tener reducida su viscosidad sin perder su efecto inhibitor en la absorción. Es sabido que ellos todavía conservan una malla estructural que actúa como tamiz. De aquí que los ácidos grasos y las grasas solubles en químicos sean especialmente afectados por la viscosidad y el tamizado tanto que requieren químicos gigantes, sales biliares, para transportarlos desde la comida a las células de la mucosa para la absorción. La digestión y la absorción de las grasas y la energía metabolizable muestra la gran disminución con el incremento de la viscosidad del contenido del intestino. (Choct y Annison 1992) pero la digestión de las proteínas son también disminuídas y se pierde la carga proteica.( Angkanoporn et al 1992). (5)

Varios descubrimientos confirman la evidencia que los efectos adversos de ciertos trigos en dietas en la avicultura están altamente asociados con el incremento en la viscosidad de la digesta la cual puede alterar el ambiente en el tracto intestinal (por ejemplo, la secreción de las enzimas endógenas y la microflora). (15)

Múltiples mecanismos pueden estar envueltos en la actividad antinutritiva de las pentosas cuando son ofrecidas a pollos resultando directa o indirectamente de disminuciones en la viscosidad. Los altos niveles de viscosidad pueden minimizar la mezcla y los movimientos de los nutrientes en la digesta más cercana a la superficie de la mucosa. Ikeda y Kusano (1983) encontraron que los oligosacáridos no amiláceos solubles pueden formar complejos físicos con enzimas intestinales reduciendo la habilidad para adherirse a los sustratos interfiriendo con el proceso digestivo, rompiendo la formación

de gel característica de las fibras solubles permitiendo que las enzimas propias de las aves actúen más eficientemente. Estos diferentes mecanismos que ocurren en la parte anterior del intestino pueden explicar la reducción de la digestibilidad de almidón, grasas y aminoácidos cuando se ofrece trigo, cebada, avena y centeno en las dietas de los pollos de engorde y los beneficios de las enzimas específicas. Investigaciones han demostrado que los niveles de polisacáridos no amiláceos en cebada y trigo pueden alterar y/o inhibir la biodisponibilidad del almidón, grasas y proteínas en el tracto digestivo del ave. Alimentando en dietas a base de cebada conteniendo altos niveles de glucanos viscosos extraíbles a pollos de engorde reduce significativamente la digestibilidad en el íleon, de los almidones y proteínas (Hesselman y Aman, 1986). Un ensayo en la Universidad del Estado de Washington evaluó el efecto de alimentar con cebada isogénica con variados niveles de glucanos en la viscosidad de la digesta y la digestibilidad de los nutrientes en pollos jóvenes (Goodman et al, 1993). El aumento en la viscosidad de la digesta parece tener efecto en la digestibilidad de grasas reduciendo la utilización de 4 a 33% comparadas con la dieta control de maíz, y suplementando con enzimas aumenta significativamente la absorción de las grasas. La disminución de la digestión de proteínas y carbohidratos fueron menos severas comparados a la utilización de las grasas (15).

## **4.6 ENZIMAS USADAS EN LA NUTRICIÓN DE AVES**

### **4.6.1 Enzimas comerciales**

Las enzimas que degradan polisacáridos no amiláceos son rutinariamente usadas para el mejoramiento de la digestión de la avena, cebada, centeno y trigo. Las enzimas utilizadas en la alimentación de los animales se derivan principalmente de la fermentación bacteriana o de hongos. Los productos comerciales pueden ser mezclas crudas o mezclas enzimáticas con actividades específicas. Sin embargo las enzimas específicas son muy limitadas en su capacidad catalítica y las condiciones ambientales bajo las cuales trabajan. (11)

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización**

El presente trabajo se llevó a cabo en la Granja Avícola “San José El Recuerdo”, localizada a 78 km. de la ciudad de Guatemala, en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, el cual se encuentra a una altitud de 337msnm, presenta las condiciones climáticas siguientes: temperatura anual promedio de 25° C, precipitación pluvial media anual de 2157.8 mm. , humedad relativa 85%. Según De La Cruz, corresponde a la zona de vida Tropical Húmeda. (4)

### **5.2 Manejo del Experimento**

Se seleccionaron 1980 pollos raza Arbor Acres de un día de edad, procedente de un solo lote de producción. Se realizó una distribución al azar de los tratamientos. El estudio tuvo una duración de 6 semanas. Se pesaron las aves al principio y una vez cada semana a la misma hora y el mismo día. Se anotaron semanalmente los datos de peso obtenidos y la cantidad de alimento consumido.

### **5.3 Tratamientos evaluados**

A las aves se les proporcionó un alimento balanceado con la composición nutritiva, que se observa en el cuadro 1:

**Cuadro No. 1 Composición nutricional del alimento balanceado**

	Iniciador	Finalizador
Proteína (%)	21	18
Energía Metabolizable (%)	3050	3150
Lisina (%)	1.25	1.00
Metionina (%)	0.50	0.32
Metionina+Cistina (%)	0.85	0.80
Treonina (%)	0.78	0.72
Isoleucina (%)	0.80	0.60
Calcio (%)	0.95	0.95
Fósforo Digerible (%)	0.43	0.38

Posteriormente a cada tratamiento se le adicionó la cantidad de la inclusión enzimática a base de xilanasas 300 UI/g, proteasas 4000 UI/g y alpha-amilasas 400UI/g. Los tratamientos a evaluar se describen en el cuadro No. 2. La recomendación de la casa fabricante de la mezcla enzimática es de 1Kg /Ton, y se hizo la conversión a la cantidad de alimento balanceado utilizado. El rango entre cada tratamiento fue de 0.125 g/Kg de alimento.

**Cuadro No. 2 Dosis de la inclusión enzimática partiendo desde la recomendada por la casa fabricante (1g/Kg de alimento, tratamiento 4) con un testigo (tratamiento 1)**

Tratamiento	Kg de mezcla enzimática/Ton de alimento	g de mezcla enzimática/Kg de alimento
1	0	0
2	0.750	0.750
3	0.875	0.875
4	1.000	1.000
5	1.125	1.125
6	1.250	1.250

En esta parte es importante resaltar que para el procesamiento de los resultados se hizo necesario dividirlos en dos fases independientes: la fase 1 que comprendió el período de crianza en la galera experimental. La fase 2 que inició con el ingreso del pollo al rastro y terminó con su salida del enfriador.

#### **5.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO**

El diseño experimental fue completamente al azar, con seis tratamientos y seis repeticiones, iniciándose el día primero con la suplementación. Las aves fueron divididas

por tramos de malla metálica, siendo de 55 aves la unidad experimental, totalizando 1980 pollos de engorde.

## 5.5 VARIABLES MEDIDAS

En la fase 1:

- I. Ganancia en peso, tomado semanalmente (g);
- II. Consumo de alimento, tomado diariamente (g);
- III. Consumo acumulado, calculado semanalmente (g);
- IV. Conversión alimenticia, calculada mediante la relación de consumo de alimento y ganancia de peso.
- V. Conversión acumulada, calculada semanalmente (g);
- VI. Humedad de la cama, determinada al final del ensayo (%).

En la fase 2:

- I. Peso vivo al sacrificio (g);
- II. Peso canal caliente (g);
- III. Peso canal frío (g).

Las variables se analizaron de forma independiente, cada una de acuerdo al modelo estadístico correspondiente al diseño experimental:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

En donde:  $Y_{ij}$  = Variable respuesta

$M$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel enzimático

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

## **5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico de la información se utilizó el Análisis de Varianza (ANDEVA) y para determinar si había diferencia significativa entre tratamientos se utilizó la comparación de medias de Tukey.

## **5.7 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se midió la Tasa de Retorno Marginal mediante la metodología de CIMMYT en la cual se consideraron los costos que varían y los beneficios netos como se describe en los cuadros Nos. 11, 12 y 13 (Presupuestos Parciales, Análisis de Dominancia y Tasa de Retorno Marginal respectivamente)

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación encontramos el análisis de los resultados de los tratamientos del ensayo después de realizarle el ANDEVA tomando en cuenta las variables de Consumo Alimenticio Acumulado, Incremento de Peso Acumulado y Conversión Alimenticia Acumulada así como el análisis de los tratamientos por semana, en donde se observan las diferencias en los parámetros biológicos estudiados.

**Cuadro No. 3 CONSUMO, INCREMENTO DE PESO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA ACUMULADA DE LOS 6 TRATAMIENTOS EVALUADOS**

Tratamiento	Consumo acumulado (g)	Incremento de Peso Acumulado (g)	Conversión Alimenticia Acumulada
1	4041.3 <sup>a*</sup>	1970.7 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>
2	3791.9 <sup>a</sup>	2087.1 <sup>a</sup>	1.87 <sup>a</sup>
3	3888.9 <sup>a</sup>	2066.8 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>
4	4083.6 <sup>a</sup>	2034.7 <sup>a</sup>	2.01 <sup>a</sup>
5	3864.8 <sup>a</sup>	2056.3 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>
6	4117.8 <sup>a</sup>	2090.2 <sup>a</sup>	1.98 <sup>a</sup>

\* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.1 Al analizar los resultados de consumo acumulado, incremento de peso acumulado y conversión alimenticia acumulada (Cuadro No. 3) mediante el ANDEVA, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Esto indica que ninguno de los niveles de inclusión enzimática aportó un cambio estadísticamente significativo en cuanto a mejoramiento de los parámetros biológicos en estudio.

**CUADRO No. 4.**

**INCREMENTO DE PESO (g) POR TRATAMIENTO EN LAS SEIS SEMANAS QUE DURÓ EL EXPERIMENTO**

Tratamiento	1 <sup>a</sup> . Semana	2 <sup>a</sup> . Semana	3 <sup>a</sup> . Semana	4 <sup>a</sup> . Semana	5 <sup>a</sup> . Semana	6 <sup>a</sup> . Semana
1	78.8 <sup>a</sup>	237.1 <sup>a</sup>	375.6 <sup>a</sup>	453.2 <sup>a</sup>	522.2 <sup>a</sup>	303.8 <sup>a</sup>
2	75.7 <sup>a</sup>	243.8 <sup>a</sup>	395.8 <sup>a</sup>	484.2 <sup>a</sup>	509.3 <sup>a</sup>	378.3 <sup>a</sup>
3	77.9 <sup>a</sup>	239.1 <sup>a</sup>	391.6 <sup>a</sup>	460.1 <sup>a</sup>	508.8 <sup>a</sup>	389.3 <sup>a</sup>
4	74.7 <sup>a</sup>	238.6 <sup>a</sup>	383.1 <sup>a</sup>	448.3 <sup>a</sup>	502.2 <sup>a</sup>	387.8 <sup>a</sup>
5	75.8 <sup>a</sup>	245.8 <sup>a</sup>	401.5 <sup>a</sup>	455.8 <sup>a</sup>	545.7 <sup>a</sup>	331.7 <sup>a</sup>
6	80.1 <sup>a</sup>	240.8 <sup>a</sup>	373.6 <sup>a</sup>	468.2 <sup>a</sup>	543.3 <sup>a</sup>	384.2 <sup>a</sup>

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.2 Como se observa en el cuadro No. 4 las aves suplementadas con la mezcla enzimática tuvieron mayores incrementos en el peso corporal a la segunda, tercera y cuarta semana en comparación con el tratamiento sin la inclusión; sin embargo en la tercera semana el tratamiento 6 fue el único que no superó al testigo. Hay una mejora generalizada en el peso corporal, aún cuando no se pudo comprobar mejora en la producción de pechugas y cuadriles como producto final; esto se debió a que el aumento se registró en el recubrimiento de grasa abdominal del ave, no así en la ganancia de músculo, esto confirma lo mencionado al inicio del ensayo, respecto a que las aves obtienen más energía de la dieta suplementada, pero esta ganancia no se ve reflejada en la conversión alimenticia. La adición del producto no tuvo efectos consistentes en producción de pechuga, cuadril o partes de ala. La grasa abdominal expresada en porcentaje del peso estructural fue consistentemente aumentada por la suplementación, la diferencia significativa se observó entre los días 35 y 42. Estos resultados sugieren que las aves alimentadas con dietas suplementadas obtuvieron un mayor aporte de energía neta de esas dietas.

En ningún estudio previo al presente se reporta efecto significativo en peso de la pechuga o porcentaje de peso en la estructura ósea. Douglas et al (3) reportó que la adición del 0.1 % de Avizyme en pollos de engorde no tuvo efectos significativos en la ganancia de peso y en la tasa de conversión alimenticia.

**CUADRO No. 5 CONSUMO VOLUNTARIO (g) POR TRATAMIENTO EN LAS SEIS SEMANAS QUE DURÓ EL EXPERIMENTO**

Tratamiento	1ª. semana	2ª. semana	3ª. semana	4ª. semana	5ª. semana	6ª. semana
1	68.1 <sup>a</sup>	331.2 <sup>a</sup>	717.3 <sup>a</sup>	852.5 <sup>a</sup>	927.6 <sup>a</sup>	1144.6 <sup>a</sup>
2	68.1 <sup>a</sup>	293.1 <sup>a</sup>	759.5 <sup>a</sup>	724.5 <sup>a</sup>	882.1 <sup>a</sup>	1064.8 <sup>a</sup>
3	68.1 <sup>a</sup>	312.3 <sup>a</sup>	747.2 <sup>a</sup>	819.9 <sup>a</sup>	868.9 <sup>a</sup>	1072.5 <sup>a</sup>
4	68.1 <sup>a</sup>	330.5 <sup>a</sup>	742.2 <sup>a</sup>	829.6 <sup>a</sup>	965.8 <sup>a</sup>	1147.3 <sup>a</sup>
5	68.1 <sup>a</sup>	306.1 <sup>a</sup>	766.3 <sup>a</sup>	786.9 <sup>a</sup>	889.9 <sup>a</sup>	1047.4 <sup>a</sup>
6	68.1 <sup>a</sup>	310.2 <sup>a</sup>	740.5 <sup>a</sup>	876.6 <sup>a</sup>	969.2 <sup>a</sup>	1153.1 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.3 Como se observa en el cuadro No. 5 el consumo voluntario no es una variable que se vea afectada por el uso del producto en estudio en las dieta a base de maíz-soya debido a que la mezcla enzimática tiene un efecto sobre la absorción de nutrientes en el tracto digestivo y no produce variación alguna si la comparamos con el consumo de la dieta del tratamiento No. 1 que es la dieta no suplementada.

**CUADRO No. 6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA POR TRATAMIENTO EN LAS SEIS SEMANAS QUE DURÓ EL TRATAMIENTO**

Tratamiento	1ª. semana	2ª. semana	3ª. semana	4ª. semana	5ª. semana	6ª. semana
1	1.01 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	1.96 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>
2	0.90 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	2.86 <sup>a</sup>
3	0.88 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>
4	0.91 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	3.02 <sup>a</sup>
5	0.93 <sup>a</sup>	1.25 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	3.21 <sup>a</sup>
6	0.85 <sup>a</sup>	1.29 <sup>a</sup>	1.98 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.4 Como se puede apreciar en el cuadro No. 6 la respuesta en cuanto a conversión alimenticia no resultó estadísticamente significativa entre tratamientos. La adición de 0.1 % del compuesto refleja una mejora en la tasa de conversión alimenticia según la literatura consultada sin embargo ,es importante hacer notar que la literatura existente se refiere a dietas en donde los materiales son trigo, cebada y centeno, con características estructurales muy diferentes al maíz y la soya. . Wyatt et al (17) reporta que la adición de Avizyme a dietas a base de sorgo-harina de soya aumenta el peso vivo y la tasa de conversión alimenticia, pero no menciona la dosis incluida en el experimento citado. En estudios reportados por Zanella et al (19) la adición de 0.1 % de Avizyme en dietas a base de maíz-harina de soya, soya extrudizada o soya horneada, provee significativos aumentos en la digestibilidad de la proteína cruda, almidón y grasa. La energía metabolizable de la prueba también aumentó con la adición de las enzimas. En una prueba de rendimiento hecha por Zanella et al (19) la adición de 0.1 % de Avizyme mejoró significativamente la ganancia de peso y la tasa de conversión alimenticia mientras que en un segundo ensayo no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

**CUADRO No.7 HUMEDAD DE LA CAMA, FINAL DEL EXPERIMENTO  
EXPRESADA EN%**

TRATAMIENTO	%
1	19.933 <sup>a</sup>
2	18.667 <sup>a</sup>
3	23.333 <sup>a</sup>
4	18.167 <sup>a</sup>
5	12.833 <sup>a</sup>
6	13.700 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.5 Al realizar el ANDEVA no hubo diferencia estadística significativa entre la humedad de la cama entre los tratamientos suplementados y el tratamiento control por el contrario como se observa en el Cuadro anterior en el tratamiento 3 la humedad de la cama aumentó en 3.4% en comparación con el tratamiento 1 que fue en el que no se suplementó. Esto indica que la literatura revisada y que trata sobre la adición de enzimas en cereales viscosos usados en Europa no se aplica a las características de composición celular de las paredes vegetales de los ingredientes usados en este continente como el maíz y la soya, componentes básicos en la dieta de este estudio. Las enzimas son probablemente más usadas en la práctica por su efecto en la reducción de las heces húmedas que por cualquier otra razón. La habilidad de los cereales viscosos como el trigo de crear heces húmedas se debe a la capacidad de sus arabinosinas de retener agua. Izydorczyk y Biliaderis (1992) determinaron que mientras más grande es su peso molecular las arabinosinas tienen un potencial más grande de formar hidrogel eslabonado en cruz con mayor capacidad de guardar agua que sus partes con poco peso molecular. La destrucción de dicho gel requiere únicamente de pocos efectos catalíticos lo que

nuevamente indica que la funcionalidad de las enzimas usadas en la alimentación de aves es predominantemente de ayuda a la reducción de la viscosidad. (1)

**CUADRO No. 8 PESO VIVO EN EL MUELLE POR TRATAMIENTO EN EL FINAL DEL EXPERIMENTO EXPRESADO EN GRAMOS**

TRATAMIENTO	PESO
1	1875.02 <sup>a</sup>
2	1938.58 <sup>a</sup>
3	1960.51 <sup>a</sup>
4	1915.11 <sup>a</sup>
5	1961.28 <sup>a</sup>
6	1957.11 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

6.6 Como se observa en el cuadro No. 8, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los pesos de las aves en el muelle de recepción en el rastro, la discusión con respecto a estos resultados ya se realizó en la presentación del cuadro No. 4 y los mismos comentarios se pueden aplicar para los resultados de los cuadros No.9 y No.10 pues se refieren a los pesos finales de las aves en estudio.

**CUADRO No. 9 PESO CANAL CALIENTE POR TRATAMIENTO EN RASTRO AL FINAL DEL EXPERIMENTO, EXPRESADO EN GRAMOS**

TRATAMIENTO	PESO
1	1499.69 <sup>a</sup>
2	1551.18 <sup>a</sup>
3	1569.34 <sup>a</sup>
4	1532.25 <sup>a</sup>
5	1569.34 <sup>a</sup>
6	1566.30 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

**CUADRO No. 10 PESO CANAL FRÍO POR TRATAMIENTO EN RASTRO AL FINAL DEL EXPERIMENTO, EXPRESADO EN GRAMOS**

TRATAMIENTO	PESO
1	1709.31 <sup>a</sup>
2	1769.10 <sup>a</sup>
3	1788.76 <sup>a</sup>
4	1746.40 <sup>a</sup>
5	1788.76 <sup>a</sup>
6	1785.71 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0.05)

## ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó el análisis económico mediante el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno usando la metodología de CIMMYT (6). Los datos utilizados se enumeran en los cuadros No.11 y No. 12.

**CUADRO No. 11 PRESUPUESTOS PARCIALES**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Kg/CANAL FRIO	51.34	53.13	53.72	52.45	53.72	53.64
PRECIO/Kg CANAL FRIO	Q15.95	Q15.95	Q15.95	Q15.95	Q15.95	Q15.95
BENEF. BRUTOS (X)	Q818.87	Q847.42	Q856.83	Q836.58	Q856.83	Q855.56
<b>COSTOS QUE VARÍAN</b>						
Kg/AVIZYME USADOS	0	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15
PRECIO Kg DE AVIZYME	Q380.00	Q380.00	Q380.00	Q380.00	Q380.00	Q380.00
COSTO AVIZYME USADO	Q0.00	Q34.20	Q38.00	Q45.60	Q49.40	Q57.00
Kg DE CONCENTRADO	121.23	113.75	116.66	122.51	115.94	123.53
PRECIO Kg DE CONCENTRADO	Q2.75	Q2.75	Q2.75	Q2.75	Q2.75	Q2.75
COSTO CONCENTRADO USADO	Q333.38	Q312.81	Q320.82	Q336.90	Q318.84	Q339.71
<b>TOTAL COSTOS QUE VARIAN (Y)</b>	Q333.38	Q347.01	Q358.82	Q382.50	Q368.24	Q396.71
<b>BENEF. NETOS 30 POLLOS</b>	Q485.49	Q500.41	Q498.02	Q454.08	Q488.60	458.85

**CUADRO No. 12 DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS**

TRATAMIENTO	COSTOS QUE VARÍAN	BENEFICIOS NETOS	DOMINANCIA
1	Q333.38	Q485.49	ND
2	Q347.01	Q500.41	ND
3	Q358.82	Q498.02	D
5	Q368.24	Q488.60	D
4	Q382.50	Q454.08	D
6	Q396.71	Q458.85	D

Como se puede observar en el cuadro No.12 los tratamientos 1 y 2 fueron los que resultaron sin dominancia, contrario a los tratamientos 3,5,4,6, respectivamente que resultaron dominados por los anteriores. Haciendo una relación matemática entre los Beneficios Netos y los Costos Que Varían, siguiendo el procedimiento de cálculo de Tasa Marginal de Retorno de CIMMYT, se determinó que esta es de un 91% es decir que por cada quetzal invertido con la nueva tecnología en el tratamiento 2, es decir, 0.750 gramos de mezcla enzimática por kilogramo de alimento recuperamos el quetzal invertido más Q0.91.

**FINANCIAMIENTO**

El presente trabajo fue financiado por recursos propios del autor y los insumos, aves y alimento balanceado fueron financiados por DEGUSSA de Guatemala, Avícola Villalobos y Alimentos para Animales S.A. (ALIANSA) respectivamente.

## **IX CONCLUSIONES**

- 1.** En el uso de cinco niveles de inclusión enzimática compuesta de xilanasas, proteasas y amilasas, sobre el rendimiento de pollos de engorde, en términos de consumo de alimento, aumento de peso y conversión alimenticia no indicaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.
- 2.** El tratamiento No. 2 (0.750 g de mezcla enzimática/Kg de alimento) es con el que se obtiene una mejor Tasa Marginal de Retorno.

## **X RECOMENDACIONES**

- 1.** Usar 0.750 g de mezcla enzimática/Kg de alimento ofrecido en explotaciones de pollo de engorde con dietas a base de maíz-soya, debido a que se obtiene una mejor tasa marginal de retorno.
- 2.** Continuar los experimentos en estirpes diferentes a la usada en el presente trabajo para determinar la capacidad de la estirpe específica para mejorar los parámetros productivos.

## IX. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la Granja “San José El Recuerdo” localizada en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, caracterizada como zona de vida Tropical Húmeda. (4). El propósito fue determinar el efecto de diferentes dosis de una mezcla enzimática de xilanasas, alpha-amilasas y proteasas sobre el rendimiento en pollos de engorde alimentados a base de maíz-soya.

La evaluación duró 6 semanas con 1980 pollos de un día de edad inicial estirpe Arbor Acress, las aves se pesaron al principio y una vez cada semana a la misma hora y el mismo día. Se proporcionó un alimento balanceado Iniciador para las primeras semanas y Finalizador para las últimas con Proteína 21% y 18% respectivamente, Energía Metabolizable 3050 y 3150 mgcal, Lisina 1.25% y 1.00 %, Metionina 0.50% y 0.32%, Metionina+Cistina 0.85% y 0.80%, Treonina 0.78% y 0.72%, Isoleucina 0.80% y 0.60 %, Calcio 0.95% y 0.95%, Fósforo Digerible 0.43% y 0.38%. El diseño experimental fue completamente al azar, con seis tratamientos y seis repeticiones las aves fueron divididas en lotes con malla metálica de por medio, utilizando dosis de mezcla enzimática de 0, 0.750, 0.875, 1.00, 1.125, 1.250 g de mezcla enzimática /Kg de alimento para los tratamientos 1,2,3,4,5 y 6 respectivamente.

El tratamiento número 2 (0.750 g de mezcla enzimática por Kg de alimento fue el que aportó una mejor Tasa marginal de retorno por lo tanto se recomendó su uso en dietas para pollos de engorde a base de maíz-soya.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. **Café, M.B.; Borges C.A. Fritts and P.W. Waldroup, 2002 “Avizyme Improves Performance of Broilers Fed Corn-Soybean Meal Based Diets.**
2. **Cleophas, G.M.L. 1995. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. World Poultry-Misset (USA). 11 (4): 12-22.**
3. **Conn, E.E.; Stumpf, P.K. 1982. Bioquímica Fundamental. 3ed. México, Limusa. 629 p.**
4. **De La Cruz, S.J.R. 1980. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 42p.**
5. **Dingle, J.G. 1990. Proceeding of poultry science symposium: How is Your research dollar being spent? “Enzymes in feeds for meat chickens and layers”. (USA), The University of Queensland Gatton College. 8p. MF 6815/084891.**
6. **Douglas, M. W., C.M. Parsons, and M.R. Bedford 2000. Effect of various soybean meal sources and Avizyme on chick growth performance and ileal digestible energy. J. Appl. Poultry Res. 9: 74-80.**
7. **Hazzledine M. 1996. Enzymes in animal feeds technology and effectiveness. In Presented at the Twelfth Annual Carolina Nutrition Conference. (USA), Feed Industry Association. P 12-26.**

8. **Hotten, P. 1992 Enzymes as a feed additive. FEED MIX MAGAZINE MAY (USA) no. 5:9-12.**
9. **Marquardt, R.R. 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. (USA), An 322-330 MF: 8705/ 105897.**
10. **Marquardt, R.R. 1994. The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for chicks as affected by the use of a Trichoderma reesei enzyme preparation. Animal Feed Science Technology (USA) 45:363-378.**
11. **Reyes, H. Mamerto. “Análisis Económico de Experimentos Agrícolas Con Presupuestos Parciales: “Reenseñando el uso de este enfoque”. Basado en el Manual de CIMMYT Junio 2001.**
12. **Simon, O. 1996. Enzymes in action. World Poultry, Misset (USA), 12 (11):62-71**
13. **Soto Salanova, M.F. 1996. The Use Of Enzymes To Improve The Nutritional Value Of Corn-Soy Diets For Poultry And Swine. In “Anais Do Simposio Latino-Americano de Nutricao de Suinos e Aves Campinas (Brazil) Finfeeds International Ltd. P. 2-13.**
14. **Ward, N.E. 1995. Enzyme use in viscous-inducing cereal diets examined. FEEDSTUFFS MAGAZINE (USA). 67(49):1-4. Volume 67. Number 49.**
15. **Windhausen. P.; Hoffmann F. 1994. Enzymes in animal nutrition scientific and economic aspects. (USA), La Roche. P. 33-57.**
16. **Wyatt C.L. 1996. How can feed enzymes improve the final product?. Canada, Alberta Agriculture Food and Rural Development Home Page. Using Enzymes in Poultry Feeds Microsoft Internet Explorer. (Correspondencia Personal).**

17. **Wyatt, C., M. Soto-Salanova, and M. Pack, 1997. "Applying enzymes to sorghum-based broiler diets. Pages 116-118 in Proc. Aust. Poultry Science Symposium 9, Sydney Australia.**
  
18. **Zanella, L.N.K. Sakomura, F.G. Silversides, A. Figueredo and M. Pack, 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diet base on corn and soybeans. Poultry Science 78: 561-568.**

MEPU

Mario Ivar Pérez Valdés

Lic. Zoot.

Miguel Angel Rodenas

Lic. Zoot.

Carlos Enrique Corzantes

Dra. M.V.

Beatriz Santizo

Imprímase Lic. Zoot. Marco Vinicio de la Rosa  
Decano F.M.V.Z.