



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACION DE CUATRO DIFERENTES COMPLEJOS
ENZIMATICOS COMERCIALES EN DIETAS PRACTICAS
(SORGO+SOYA) PARA POLLO DE ENGORDA Y SU
EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

RAUL MORA ESTRADA

ASESOR: M.C. BENJAMIN FUENTE MARTINEZ

COASESOR: M.C. ARTURO CORTES CUEVAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

M346301



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



GOBIERNO NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación de cuatro diferentes complejos enzimáticos comerciales en dietas prácticas (sorgo+soya) para pollo de engorda y su efecto sobre el comportamiento productivo"

que presenta el pasante: Raúl Mora Estrada

con número de cuenta: 9330173-2 para obtener el título de:
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Abril de 2005.

PRESIDENTE MVZ. Jesús Guevara Vivero

VOCAL MVZ. José Carlos Avila Arreola

SECRETARIO M.C. Arturo Cortés Cuevas

PRIMER SUPLENTE MVZ. Ma. Martha Sandoval Chávez

SEGUNDO SUPLENTE MVZ. Ana María Hernández Villalobos

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Agustín Mora Domínguez y mi madre Emilia Estrada Domínguez quienes siempre confiaron y creyeron en mí.

A mis Hermanos Silvia y Su esposo Mauricio, Juan y su Esposa Erika, Antonio y su esposa Verónica, Baltazar y su pareja Maria Luisa, Ricardo y su esposa Leticia por darme todo el apoyo que necesite a lo largo de mi carrera.

Al Ing. Mauricio Iván Morales Flores ya que sin el esto no seria posible, gracias por todo lo que para mi y mi vida has significado.

A mi segunda familia Villagomez Piña (Sra. Juana, Maria Luisa) por apoyarme y nunca dejarme caer y ser tan buenos conmigo y con toda mi familia.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan y la UNAM por acogerme dentro de sus hijos y poderme dar lo que hoy soy.

A todos mis buenos amigos Francisco, Ernesto, Alejandro, Miriam, Adela, Diana, Rogelio, etc. Su apoyo en las buenas y las malas, su amistad y consejos me los llevo por toda mi vida.

Al C.E.I.E.P.A. al Dr. Ernesto Ávila por dejarme entrar y sus enseñanzas, al Dr. Arturo Cortes por todo su tiempo y sus conocimientos, a Dr. Benjamín Fuente por ayudarme desde inicio a fin en este trabajo y por ser mas un amigo que un maestro. Al Dr. Jaime por todas sus enseñanzas, al Dr. Tomas por su conocimiento y a todo el demás personal que labora en este gran centro por su apoyo durante mi estancia.

A los doctores Francisco Javier Tirado Almendra, asesor independiente y al Dr. Manuel Soto Martínez de ADISSEO de México por facilitarnos las enzimas que se emplearon en este experimento.

Gracias Ivonne por estar a mi lado y Familia Zarate por aceptarme.

Índice

1. Resumen.	1
2. Introducción.	3
2.1. Situación de la avicultura nacional.	3
2.1.1. Producción de carne de pollo.	3
2.2. Situación de la industria de los alimentos balanceados.	5
2.3. Polisacáridos no amiláceos (PNA).	6
2.3.1. Efecto antinutricional de los PNA.	7
2.4. Enzimas.	9
2.4.1. Definición.	9
2.4.2. Características principales de las enzimas.	9
2.4.3. Clasificación y nomenclatura.	10
2.4.4. Procesos de producción.	11
2.4.4.1. Método emersión.	12
2.4.4.2. Método de inmersión.	12
2.4.5. Aplicación práctica de las enzimas en la nutrición animal.	13
2.5. Acción de las Enzimas sobre los PNA.	14
2.6. El empleo de enzimas para mejorar la digestión de soya.	23
3. Justificación.	24
4. Hipótesis.	25
5. Objetivos.	25
5.1. Objetivo general.	25
5.2. Objetivos específicos.	25

Índice

6. Material y métodos.	26
7. Resultados.	30
8. Discusión.	31
9. Conclusiones.	33
10. Referencias.	34

1. Resumen

MORA ESTRADA RAÚL. Evaluación de cuatro diferentes complejos enzimáticos comerciales en dietas prácticas (sorgo+soya) para pollo de engorda y su efecto sobre el comportamiento productivo (Bajo la dirección de M. C. Benjamín Fuente Martínez y M. C. Arturo Cortes Cuevas)

Con el objeto de evaluar 4 complejos enzimáticos comerciales en el comportamiento productivo del pollo (Rovabio[®], Ronozyme[®] VP, Avizyme[®] 1502 y Hemicell[®]) en dietas con base a sorgo+pasta de soya se llevó a cabo el presente trabajo. Se utilizaron 900 pollitos mixtos (mitad hembras y mitad machos), de la estirpe Ross de 1 día de edad, los cuales fueron alojados en una caseta de ambiente no controlado y que se encuentra con cortinas externas como único regulador de temperatura. Los pollitos se distribuyeron en 30 lotes de 30 aves cada uno, con una distribución completamente al azar. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante los 42 días que duró el experimento. El estudio constó de 6 tratamientos 1. Dieta normal (T1), 2. Dieta reducida en caso de la dieta de iniciación fue: en el contenido en la energía metabolizable 1.833%; proteína 4.9%; Lisina 5.83%; Treonina 4.6% y 3.2% de Metionina + Cistina. En el caso de la dieta de finalización la reducción de 1.5% en la energía metabolizable; 4.6% en la proteína, 6.6% en la Lisina, 3.8% en la Treonina y de 3.6% en la Metionina + Cistina (T2), 3. Dieta como tratamiento 2+Rovabio[®] (T3) 4. Dieta como tratamiento 2+Ronozyme[®] VP (T4), 5. Dieta como tratamiento 2+Avizyme[®] 1502 (T5) y 6. Dieta como tratamiento 2+Hemicell[®] (T6) con 5 repeticiones cada uno. Los resultados: Para peso final fueron (2480^A, 2263^B, 2343^B, 2301^B, 2313^B, 2302^B g), ganancia de peso (2438^A, 2222^B, 2301^B, 2261^B, 2272^B, 2260^B g), consumo de alimento (4305^A, 4213^A, 4201^A, 4134^A, 4215^A, 4112^A g) y para conversión alimenticia (1.766^B, 1.896^A, 1.825^{AB}, 1.828^{AB}, 1.855^{AB}, 1.819^{AB} Kg/Kg) para las dietas 1 a 6 respectivamente. Se observaron diferencias estadísticas solo entre la dieta normal y la reducida con y sin enzimas con efecto ($P < 0.05$) en todas las variables productivas. Se denota una mejoría numérica de todas las variables productivas de los tratamientos reducidos de nutrientes pero adicionados con enzimas. Con

los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que la adición de complejos enzimáticos comerciales en dietas con base a Sorgo+Pasta de soya con una reducción de nutrientes en las dietas de iniciación y de finalización no mejoró estadísticamente la ganancia de peso, pero sí la conversión alimenticia ($P < 0.05$).

2. Introducción.

2.1. Situación de la avicultura nacional.

Actualmente la avicultura en México esta referida en tres tipos de aves:

- I. Productoras de huevo para plato.
- II. Productoras de carne.
- III. Productoras de pavo.

La avicultura es una actividad de gran importancia debido a que es una fuente de proteínas de origen animal de bajo precio en el mercado. Esto se ve reflejado en el 61.41% de la población que incluyen en su dieta productos avícolas. Esta actividad tiene una tasa de crecimiento anual del 5.8% para la producción de pollo de engorda de 1994 al 2003.^{1,2}

Esta industria en México genera en forma directa aproximadamente 200,000 empleos y 800,020 empleos de forma indirecta durante el 2003, lo que lleva a considerarla como una de las actividades pecuarias con mayor desarrollo.¹ Esta industria se ha caracterizado por ser una de las ramas del sector pecuario con mayor dinamismo debido a sus características biológicas entre las que figuran el tener un ciclo reproductivo más corto y mayor precocidad.¹

2.1.1. Producción de carne de pollo.

En cuanto a la producción de carne de pollo se refiere, se puede decir que las estirpes de pollos de engorda que se explotan en el país son la *Ross* (45%), *Hybro* (29%), *Cobb* (17%), *Hubbard-Isa* (7%) e *Isa Vedette* (2%).¹ En el año 2003 la producción total nacional ascendió a 2, 289,891 toneladas de carne de pollo los principales estados participantes en la producción fueron Jalisco (11%), La Laguna (Torreón y Durango) (11%), Veracruz (10%), Querétaro (10%).^{1,2}

En el rubro de la importación esta fue de 123, 289 toneladas que representó el 5.38% del total de carne importada. Poniendo a la industria avícola de México en el quinto lugar de países productores de pollo.^{1,2}

El número de empresas avícolas cada vez es más reducido, así para la producción de pollo es de 205 de las cuales 3 son empresas grandes que participan con el 52% en la producción, 38 empresas medianas con el 36% de producción y 164 chicas con el 12% de participación aun así los productores de aves en México están a la altura de los productores de otras partes del mundo.²

Las preferencias del consumidor hacia la carne de pollo se refleja en, que es de las más consumidas por la gente, ya que actualmente se tiene un consumo *per cápita* de 22.3 Kg. que nos ubica en el sexto país consumidor de carne de pollo por arriba de Japón y la Unión Europea (octavo y séptimo lugar respectivamente)¹. Esto se explica por su calidad y frescura además de su precio accesible y su diversificación en cuanto a la preparación

A pesar de este consumo *per cápita* y de un crecimiento en la demanda de la carne de pollo de 8.2% con respecto al 2001 se tiene que incentivar el consumo para lograr consumos como Estados Unidos y Canadá que reportan consumos *per cápita* de 42,7 kg y 36.9Kg respectivamente. ²

En cuanto a los costos de producción se observa que el mayor rubro lo lleva el alimento que ocupa el 59% del costo directo por lo que es necesario dar mayor importancia sobre este punto.¹

2.2. Situación actual de los alimentos balanceados.

Con una capacidad de 30, 500 millones de toneladas totales México se encuentra ubicado en sexto lugar como país productor de alimentos balanceados en el año 2002 con 22, 500 millones de toneladas lo que representa una capacidad utilizada del 74%.³

La avicultura es de gran importancia para la producción de alimentos balanceados ya que ocupa un 46% de la producción de alimentos balanceados comerciales con una producción de 3 670 mil toneladas de las 7 995 mil toneladas totales; mientras que en la producción de alimento balanceado integrado ocupa un 58.7% con una producción de 8 530 mil toneladas de las 14 538 mil toneladas totales.³

En la industria avícola tanto los granos forrajeros como las pastas oleaginosas, representan una gran fuente de gasto para la producción de alimento y esto es debido al déficit de la producción nacional y a las grandes importaciones de estos; como por ejemplo el sorgo que se utiliza en la mayoría de las dietas avícolas, del 100% de sorgo utilizado en la producción de alimentos balanceados, el 55% fue importado y solo se importó el 9% en el caso de la pasta de soya.³ El precio de la pasta de soya permanece con un alto grado de volatilidad debido a la sequía en Sudamérica y a una reducción en la superficie destinada al cultivo de la soya en Estados Unidos, lo que implica una menor oferta para el año 2004 y 2005.⁴

Es por esto que aún cuando en México se cuenta con índices de conversión de 2.0:1 (2 kilogramos de alimento para producir 1 Kg de carne de pollo vivo.)¹ los costos de estos insumos elevan el costo de producción, pero gracias a la biotecnología se han creado algunos aditivos que ayudan a eficientar el uso de los ingredientes en la formulación de las dietas para aves. Entre ellos se encuentran la adición de enzimas en dietas que contengan sorgo y pasta de soya que pueden ser utilizados más eficientemente e incluso se prevé una disminución en el uso de estos ingredientes.⁵

2.3. Polisacáridos no amiláceos (PNA)

Los cereales aportan más del 50% de la energía en las dietas habituales de los pollos, y estos se caracterizan por ser materias primas ricas en almidón y pobres en proteína, además contienen cantidades variables de Polisacáridos No Amiláceos (PNA) fundamentalmente β -glucanos y arabinosilanos, que están presentes en las paredes celulares del grano y en un alto porcentaje en las del endospermo.⁶

En la actualidad se han mejorado las posibilidades para caracterizar las diferentes sustancias de difícil digestión contenidas en los alimentos hoy en día se puede analizar el contenido de pectinas, pentosanos, celulosas, β -glucanos de los diferentes ingredientes utilizados en las dietas de los pollos.⁷

La concentración de PNA en los ingredientes (Cuadro 1) usados en las dietas para pollos de engorda limitan en gran medida el uso de estos ingredientes por su cantidad variable de PNA, así como para evitar sus efectos antinutricionales.⁸

Cuadro 1. Total de pentosanos, celulosas, pectina y PNA en diferentes ingredientes.⁸

Ingrediente	Total de Pentosanos (%)	Celulosa (%)	Pectina (%)	Total de PNA (%)
Maíz	5.35	3.12	1.00	9.32
Sorgo	2.77	4.21	1.66	9.75
Mijo	3.31	3.03	1.76	9.40
Salvado de arroz	10.65	15.20	7.25	59.97
Pasta de soya	4.21	5.75	6.16	29.02
Pasta de cacahuete	6.11	6.55	11.6	29.50
Pasta de girasol	11.01	22.67	4.92	41.34
Colza	8.85	14.21	8.86	39.79

* Cada valor representa la media de estudios triplicados.

2.3.1. Efecto antinutricional de los PNA.

Reducción de la densidad de energía.

Al ser los PNA de difícil digestión estos diluyen el contenido de energía y sustancias nutritivas. Esto sucede en todas las fracciones de los PNA (Oligosacáridos, Lignina, Fosfato fitico).⁷

Encapsulación de las sustancias nutritivas.

Algunos componentes de la pared celular vegetal producen una 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.⁷

Formación de complejos.

Este efecto antinutricional se da con la unión de los PNA con otras sustancias nutritivas y minerales por ejemplo el fitato con el calcio, magnesio, zinc y proteínas, dificultando su digestión.⁷

Aumento en la viscosidad del quimo.

Debido a la estructura química de los β -glucanos y los arabinosilanos que es más compleja le confiere una solubilidad al polímero parcial al agua lo que produce una solución viscosa en medio acuoso. Esto produce un incremento en la viscosidad de la digesta.⁶

El aumento de la viscosidad es el principal efecto antinutricional de los PNA, ya que este efecto trae como consecuencia una reducción de la difusión de los nutrientes, una disminución del contacto entre el sustrato y las enzimas

endógenas del animal, incrementa en la tasa de proliferación de los enterocitos, cambios de morfología de los *villi* y *microvilli*, reducción de la actividad enzimática de la superficie epitelial, además crea un ambiente óptimo para la actividad microbiana intestinal; creando una competencia por los nutrientes y con esto se disminuyen la absorción de proteínas, grasas e hidratos de carbono.⁶

Reducción de la absorción de nutrientes.

En esto están englobados varios factores que interviene en la reducción de la absorción de sustancias nutritivas entre las que figuran:

- Aumento en la viscosidad.
- Modificación en la composición de la microflora intestinal.
- Mayor absorción de ácidos biliares.

Además de que el deterioro de la absorción de nutrientes ocasiona una excreción desproporcionada de las enzimas digestivas en el intestino delgado, lo cual aumenta a su vez la pérdida de proteínas endógenas⁷ y energía.

2.4. Enzimas.

2.4.1. Definición

Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente complejas que actúan en condiciones muy específicas de temperatura, pH, humedad y únicamente con sustratos específicos.^{7,9}

Estas proteínas están compuestas por una serie de secuencias específicas de aminoácidos que forman la estructura primaria de la enzima, determinan su naturaleza de las proteínas. Para el funcionamiento correcto de esta proteína como enzima es necesario que tenga un lugar "activo" o un lugar donde sea posible la catálisis fijando e hidrolizando un sustrato específico.

La configuración específica de este sitio está dada por las estructuras primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias de la enzima.^{9, 10} Por lo que la característica más sobresaliente de las enzimas es su gran especificidad y poder catalítico.^{7,9, 10}

2.4.2. Características principales de las enzimas.

Se les considera como catalizadores biológicos muy eficaces acelerando en el organismo hasta un millón de veces diversas reacciones químicas, que en condiciones normales se llevarían a cabo ya sea muy lentamente o incluso llegar a no producirse.^{7,9}

Las enzimas no se consumen durante las reacciones catalíticas y una vez terminada su acción vuelven a su estado inicial, por esta razón la cantidad necesaria de enzimas es muy pequeña en proporción a la cantidad de sustrato.⁷

Dentro del proceso de digestión se incluyen varias reacciones químicas, en algunas de las cuales las enzimas se establecen enlazando a moléculas de alto peso molecular como son proteínas, grasas y carbohidratos del alimento para la

formación del complejo enzima-sustrato y desdoblado a las moléculas en moléculas más pequeñas para que puedan ser absorbidas en el tracto intestinal.¹¹

Las enzimas que se proporcionan con los alimentos se digieren como las demás proteínas por lo que no dejan residuos en las heces ni orina.⁷

2.4.3. Clasificación y nomenclatura.

En los comienzos de las investigaciones las enzimas recibieron nombres comunes que si bien la mayoría ya está en desuso, aún se emplean por ejemplo el utilizar pepsina o tripsina. Para finales del siglo XIX se les distingue usando el término “asa”. Pero para 1961 la Comisión internacional de Enzimas (Enzyme Comisión E.C.) Divide las enzimas en 6 grupos principales según la reacción que catalizan.⁷ Dentro de los principales grupos de enzimas según el tipo de reacción que catalizan, las Hidrogenasas (EC3) son las más utilizadas para la fabricación de alimentos y forrajes, las cuales a su vez se subclasifican dependiendo el grupo molecular que descompone en:

EC 3.1 Fosfatasas.

EC 3.2 Glucosidasas.

EC 3.3 Proteasas.

Y dentro de las EC 3.2 se dividen en: EC 3.2.1 O-Glucosidasas, EC 3.2.2 N-Glucosidasas y EC 3.2.3 S-Glucosidasas. De las cuales únicamente las EC 3.2.1 O-Glucosidasas se utilizan en la nutrición animal.⁷

El empleo de las enzimas en la nutrición animal tuvo una importancia secundaria hasta hace poco más de diez años dado sus altos costos de producción actualmente las enzimas utilizadas en la nutrición animal son el resultado de varios años de investigación y desarrollo.⁷

El uso de enzimas en la industria de los alimentos balanceados en México es de reciente auge a pesar de su uso desde hace más de 25 años y esto se debe a la reducción de su costo de producción.

2.4.4. Procesos de producción.

En la producción de enzimas a escala industrial se distinguen dos tipos de procedimiento: Método de emersión y el método de inmersión. Ambos con la ayuda de microorganismos, sobre todo hongos y bacterias.

Los principales géneros de hongos productores de enzimas actualmente son:

- *Aspergillus* (*Aspergillus niger*).
- *Humicola* (*Humicola insolens*).
- *Trichoderma* (*Trichoderma longibrachiatum*).
- *Penicillium*.

Todos estos hongos producen enzimas para diferentes sustratos, pero con una característica común la síntesis de enzimas que escinden los hidratos de carbono poliméricos de la pared celular.⁷

Entre los principales géneros de bacteria usados en la producción de enzimas el género *Bacillus* (*Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*) se utiliza para la obtención de α -amilasas y proteasas; también se usan otras especies del mismo género para obtener β -glucanasas y xilanasas.⁷

En muchos casos se usan cepas capaces de acelerar la multiplicación y elevar el rendimiento con el fin de obtener una mayor concentración de enzimas.

2.4.4.1. Método de emersión.

El método de emersión tiene la principal característica de ser una fermentación superficial, y se lleva a cabo en medios sólidos o pastosos con ventilación superficial. Una vez finalizada la fermentación, los medios sólidos se homogenizan, ajustándose a una humedad establecida y se pulverizan.⁷

El polvo obtenido se puede utilizar como preparados enzimáticos para fines industriales cuidando de que no queden formas vivas del microorganismo productor.⁷

2.4.4.2. Método de inmersión.

En el método de inmersión que resulta ser menos costoso y tedioso los microorganismos productores de las enzimas no se cultivan en la superficie, sino en el interior del medio de cultivo líquido. Ofreciendo un mejor control de la composición del medio, del pH, la temperatura así como de la ventilación.⁷

Los productos de la fermentación obtenidos se purifican, se normalizan y se someten a un proceso de control de calidad. Comercializándose en forma sólida o líquida. Este método es el más utilizado por las empresas que producen enzimas para la alimentación animal.⁷

Las enzimas que en la actualidad se proporcionan, son productos naturales que no representan una amenaza para el animal o para el consumidor final. La inclusión de enzimas en el alimento para aves está principalmente ligada con la hidrólisis de fibra o bien de fracciones de polisacáridos que no pueden ser digeridas por las enzimas endógenas de las aves.¹²

2.4.5. Aplicación práctica de las enzimas en la nutrición animal.

Se ha propuesto que según la finalidad, las enzimas se pueden utilizar en dos formas:

- a) Enzimas destinadas a complementar cuantitativamente las enzimas digestivas de los animales monogástricos.

La utilización de estas enzimas tiene como fin el equilibrar la síntesis enzimática propia, que con frecuencia es insuficiente. Las enzimas más importantes para este fin son las amilasas y las proteasas. Donde actualmente se estudia su uso en los animales jóvenes.⁷

- b) Enzimas que los animales monogástricos no pueden sintetizar.

Para descomponer por completo los PNA complejos se necesitan numerosas enzimas específicas. La permanencia tan corta del quimo y sus enzimas en el tracto digestivo de los pollos que solo alcanza 2 a 4 hrs.¹³ es insuficiente para escindir por completo los PNA. Por lo que se presume que la hidrólisis parcial de los PNA en los primeros tramos del tracto intestinal del pollo puede contribuir a una mayor digestión y una disminución de la viscosidad gastrointestinal.⁷

Desde que el primer experimento de enzimas en la alimentación fue descrito desde 1925, más de 1300 artículos han sido publicados en el campo de la inclusión de enzimas en la alimentación aviar.¹⁴ Esta visto que la inclusión de diferentes niveles de proteasas y α -Galactosidasas en dietas maíz+soya para pollo de engorda mejoran la ganancia de peso y la conversión alimenticia,^{15, 16, 17} además de aumentar la disponibilidad de la proteína de soya a un 90% o más.⁵

La incorporación de enzimas puede incluso incrementar el valor energético entre un 4 y 8% en el caso de la cebada.¹⁸

2.5. Acción de las enzimas sobre los PNA

Las enzimas son de alta especificidad por lo que solo pueden catalizar reacciones donde esta presente su sustrato específico. El mecanismo de acción en general de las enzimas es el siguiente:

I. Formación del complejo Enzima-Sustrato.

La capacidad catalítica de las enzimas depende en gran parte de la especificidad de la enzima. En esta etapa, la enzima se une a un sustrato específico a través de los enlaces de hidrógeno o por enlaces covalentes (Figura 1).^{7, 11}

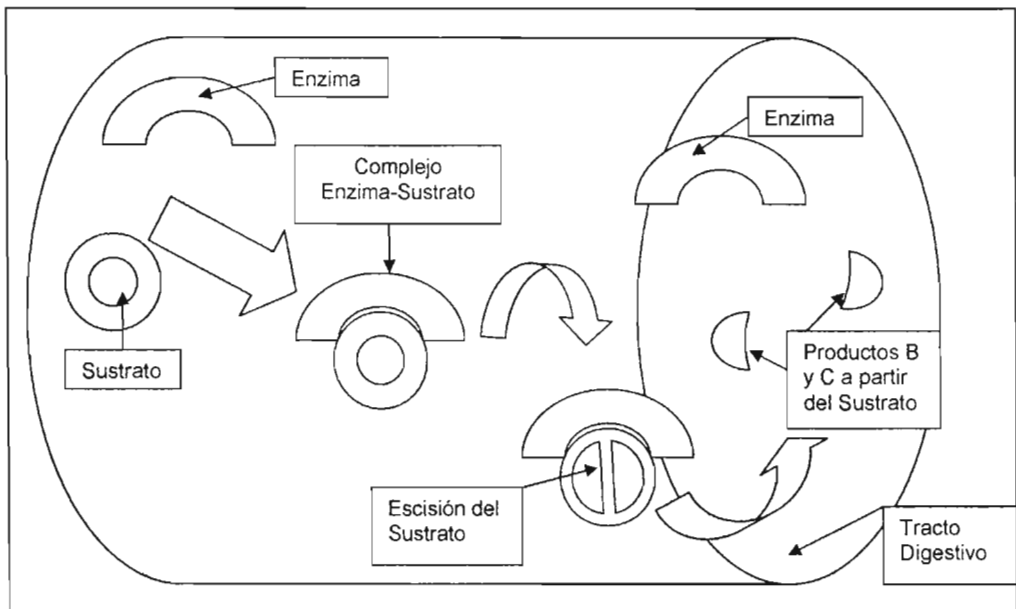


Figura 1. Mecanismo de acción de las enzimas

II. Escisión Enzimática.

Dependiendo el grupo dador y el grupo aceptor, se reconocen 6 grupos principales de enzimas: oxidorreductasas (transferencia de electrones), transferasas (transferencia de grupos), hidrolasas (reacciones de hidrólisis o transferencia de grupos funcionales al agua), liasas (adición de grupos a dobles enlaces), isomerasas (transferencia de grupos en el interior de la molécula para originar formas isoméricas) y ligasas (forman diversos enlaces acoplados a la ruptura de ATP). En el caso de las enzimas utilizadas como aditivos en los alimentos se usan las hidrogenasas (figura 1).^{7, 11}

La acción de las enzimas sobre el alimento debe ocurrir antes del proventrículo. Al agregar enzimas a dietas bajas en energía se puede incrementar la disponibilidad de monosacáridos (digestión aloenzimática) y de los Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC). La cantidad de AGCC será mayor gracias a que la fermentación por parte de las enzimas microbianas sobre los productos obtenidos en la digestión de las primeras partes del tracto digestivo será más fácil, ya que estas sustancias no serán tan complejas y el tiempo que permanezcan en los sacos ciegos no representará problema. A través de estas reacciones se puede obtener energía extra.^{19, 20}

Por su parte las endoenzimas se encargan de degradar las cadenas de alto peso molecular de los PNA en cadenas de bajo peso molecular y con ello se pierde la capacidad de retener agua. Por su parte las endo- β -glucanasas y endo-xilanasas degradan muy rápidamente a los PNA y con esto se da una disminución de la viscosidad del quimo.^{5, 7, 20, 21}

III. Finalización de reacción.

Una vez finalizada la reacción enzimática, los productos resultantes son liberados en el medio y la enzima regresa inalterada al medio para que ésta pueda volver a ser utilizada para escindir nuevos polipéptidos (figura 1).

Según Malathi y Devegowda⁸ en estudios realizados *in vitro* encontraron que existen dos formas de obtener energía a partir de los PNA a través de las enzimas exógenas: una es el romper los PNA formando polímeros pequeños o monosacáridos, previniendo también la viscosidad y la otra, al tener acceso las amilasas endógenas al almidón del endospermo.

Para un óptimo aprovechamiento de los PNA contenidos en la dieta, reducción de la densidad de energía, liberación de las sustancias nutritivas enjauladas, evitar la formación de complejos, así como para disminuir la viscosidad del quimo, es de gran utilidad la administración de enzimas.

El uso de complejos enzimáticos que contienen más de una enzima es mejor el efecto comparado cuando se adiciona una sola enzima. El posible mecanismo de acción de un producto multienzimático se observa en la figura 2.

Mathlouthi et al²¹, quienes observaron el efecto *in vitro* de las enzimas xilanasas y β -glucanasas puras, juntas y por separado comparando su efecto con un producto multienzimático que contenía arabinofuranosidasa y xilosidasa, glucosidasa, galactosidasa, celulasa y poligalacturonidasa. Observó una disminución de la viscosidad del quimo, pero su efecto fue mejor al ser combinadas.

Inal et al²² realizaron un estudio con un producto multienzimático que contenía (xilanasas, alfa-amilasa, celulasa, glucanasa, pectinasa, lactasa, proteasa, ácido úrico) concluyendo que el producto multienzimático disminuyó la velocidad del quimo.

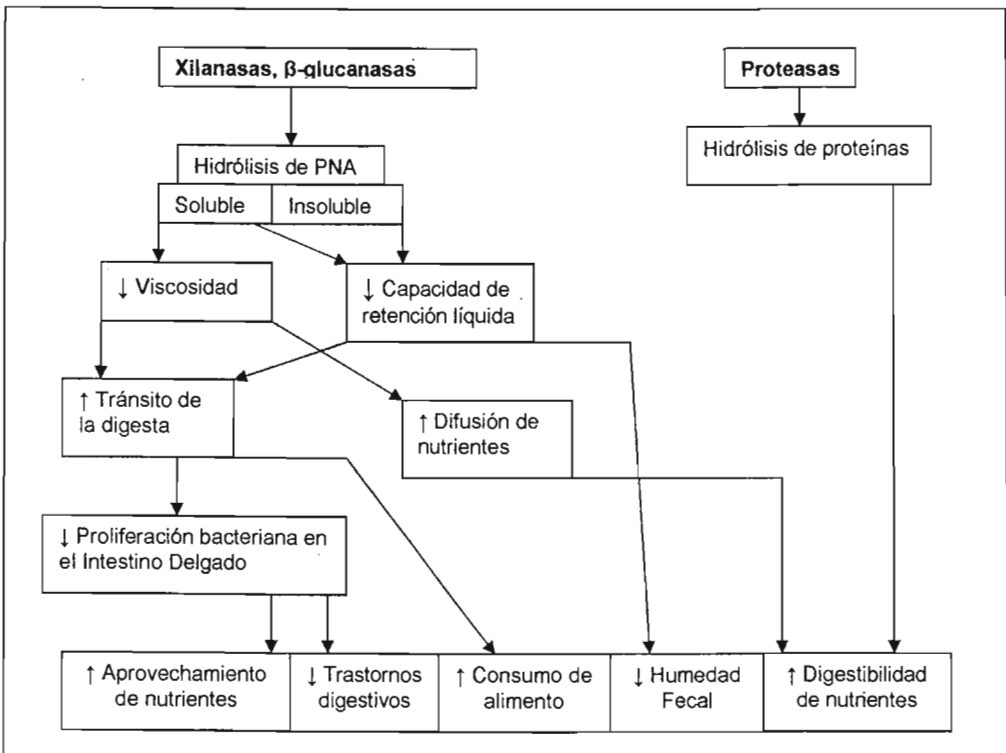


Figura 2. Mecanismo de acción de un producto multienzimático.

Las enzimas utilizadas en la nutrición animal tienen que adaptarse a las peculiares condiciones existentes en el tubo digestivo de los animales, estas deben actuar y resistir sin ser afectadas por el pH ácido del estómago y el efecto proteolítico de la pepsina gástrica para poder ejercer su efecto en los tramos intestinales del tubo digestivo.⁷

Dentro de los complejos enzimáticos más comúnmente utilizados en la industria mexicana tenemos:

Rovabio®. Es una preparación en polvo concentrada de enzimas con actividad Xilanasa, dada por la enzima Endo-1,4- β -xilanasa (EC 3.2.1.8) proporcionando 1400 unidades AXC/g (1 unidad AXC se define como la liberación de los oligómeros no precipitables en etanol a partir de un xilano asociado a un cloroformo²³). Y actividad β -Glucanasa por la enzima Endo-1-3(4)- β -glucanasa (EC 3.2.1.6) proporcionando 2000 AGL unidades/g (1 unidad AGL se define como la liberación, de los oligómeros no precipitables en etanol, a partir de un glucano asociado a un cloroformo²³).

Obtenidas estas enzimas a partir de la fermentación de *Penicillium funiculosum*; hidrolizando los pentosanos y β glucanos de las materias primas, para mejorar el valor nutricional de los alimentos a base de cereales (sorgo) y las pastas oleaginosas (soya), además de reducir la viscosidad del contenido intestinal.

Este complejo multienzimático fue probado por Romero²⁴ en Dietas Sorgo+soya+alfalfa en gallinas de postura con una reducción de hasta 75 Kcal de EM/kg donde observo como las variables productivas no se veían afectadas.

Ronozyme® VP. Es un complejo enzimático que consiste en una amplia gama de β Gluconasas (endo-1,3(4)- β -glucanasa) 54.7 FXU/g, Pectinasas medidas como poligalactoridasa (PGase) 3017 U/g y hemicelulasas (15000 VHCU/g) derivadas del *Aspergillus aculeatus*.²⁵ Que mejora la digestibilidad de la hemicelulosa contenida en los cereales y pastas oleaginosas que se encuentran en los alimentos de las aves. Actúan hidrolizando y liberando estos polisacáridos, incrementando de esta manera la energía y otros nutrientes contenidos en las dietas.²³

Este complejo enzimático fue probado en tres ocasiones en dietas para aves.

Korcher et al²⁵. Estudiaron el efecto de las enzimas sobre la utilización de carbohidratos a partir de lupin en dietas para pollos. Donde ocupa entre otras enzimas Ronozyme[®] VP donde observó que la adición de enzimas no tuvo efecto en la ganancia de peso, la conversión alimenticia, además de no presentar ningún cambio la Energía Metabolizable Aparente (EMA), ni efecto sobre la viscosidad en todas las secciones del intestino. Sin embargo, si observó un aumento de la digestibilidad cuando la enzima era incluida en la dieta, además de que la viscosidad aumentaba significativamente cuando era puesta en la dieta que contenía *Lupin angustifolius*. Pero la concentración de PNA solubles en la digesta del yeyuno e ileon incrementaba significativamente en particular la concentración de Rabinosa, arabinosa y galactosa se incrementaba al incorporar Ronozyme[®] VP a la dieta.

Korcher et al²⁶. Compararon el uso de Ronozyme[®] VP y otro complejo enzimático comercial sobre el valor nutritivo de la pasta de soya en pollos. Donde adiciona las enzimas a la dosis recomendada y cinco veces la dosis recomendada en dietas Maíz+pasta de soya. Observando que al usar Ronozyme[®] VP a dosis elevadas mejoró la EMA, reduciendo la humedad de las excretas y la digestibilidad de la proteína a nivel íleal pero no obtuvo ningún efecto sobre el comportamiento productivo del pollo. En un análisis de la composición de los monosacáridos reveló que Ronozyme[®] VP tiende a reducir la cantidad de Rabinosa y galactosa e las fracciones insolubles y solubles de los PNA en la parte del yeyuno e íleon; entrando en una controversia en su anterior trabajo donde marca un aumento de estas porciones²⁵. Observando esta reducción de una manera significativa cuando se aumentó la dosis recomendada.

Últimamente Korcher et al²⁷. Obtuvieron que en dietas maíz-soya la adición de este complejo enzimático comercial solo o en combinación con proteasa, xilanasas o amilasa no tuvo efecto en el desempeño del pollo en un corto periodo, si bien al

ser incluida en altas dosis o en combinación con otras enzimas obtuvo un significativo aumento de la energía metabolizable aparente en dietas bajas en energía y proteína.

Avizyme® 1502. Es un producto multienzimático que contiene enzimas como la amilasa (α -amilasa EC 3.2.1.1, 800 U/g), xilanasas (endo-1,4- β -xilanasas EC 3.2.1.8, 600 U/g) y proteasa (Subtilisin EC 3.4.21.62, 8000 U/g). Producidas a partir de cepas de *Trichoderma* (*Trichoderma longibrachiatum*) y *Bacillus* (*Bacillus subtilis*), que actúan mejorando la digestibilidad del almidón del cereal y la proteína vegetal en las dietas para aves basadas principalmente en Sorgo+Pasta de soya o maíz +Pasta de soya, a una dosis de 500 g por tonelada de alimento.²³

De este producto existen varias presentaciones Avizyme® 1500 y 1502 granulado y Avizyme® 1510 que tiene una presentación líquida. Este producto es de extenso uso no solo en el país, sino, alrededor del mundo.

Dentro de los estudios realizados con este complejo multienzimático (Avizyme® 1502) Hong et al²⁸. En patos pequineses encontraron que el mejor desempeño de este complejo multienzimático fue a una dosis de 0.5 g/Kg. de alimento. Observó además que hubo un incremento de 6 a 8% en la ganancia de peso además de proporcionar un aumento en la retención de aminoácidos y nitrógeno.

Aguila²⁹ en pollos de engorda con dietas a base de Maíz+Pasta de soya obtiene que la inclusión de Avizyme® 1500 mejora estadísticamente la ganancia de peso y la conversión alimenticia, mientras que en dietas reducidas de 3% de proteína y energía la inclusión de enzimas mejoró el comportamiento productivo en comparación de la que no fue suministrada con enzimas.

Douglas y Parsons³⁰. Evaluaron doce pastas de soya obtenidas de distintos procesos industriales, así como de distintos países con y sin la adición de Avizyme®. Se obtuvo que la adición de Avizyme® no tuvo efecto sobre el

comportamiento productivo de los pollos y si un significativo incremento de la energía digestible íleal. Así como menciona que es de gran influencia el origen de la pasta de soya para su impacto en la energía digestible íleal.

Lilburn et al³¹. Quienes probaron el Avizyme[®] 1502 como suplemento en dietas de crecimiento desde el día 14 a la semana 22 suplementadas con Avizyme[®] 1502 en reproductores comerciales de pollos. En las cuales observaron como en la semana 12 los pollos suplementados en su alimentación con dicha enzima obtuvieron los mejores pesos y aunque en las semanas posteriores obtuvo pesos con reducción marginal obtuvo una reducción de 0.5 libras en el consumo acumulado para estos animales.

Francis et al³². En un estudio en dietas con base a trigo suplementadas con Avizyme[®], generaban un aumento en la digestibilidad y fermentabilidad de los sustratos, lo cual mejoraba ligeramente el rendimiento en los pollos además de reducir la proliferación de agentes patógenos oportunistas.

Greenwood et al³³. Quien lo estudió en dietas a base de Maíz+pasta de soya con y sin antibióticos. Los resultados mostraron como Avizyme[®] 1502 puede significar un beneficio en el mejoramiento de rendimiento de los pollos.

Hemicell[®]. Es un producto que si bien no es un multienzimático, contiene la enzima Endo-1,4- β -manasa producida por el *Bacillus lentus* que actúan degradando el polímero de β -manano presente en la gran mayoría de ingredientes. El β -manano es un polisacárido lineal compuesto por unidades repetidas de β -1-4 manosa y 1-6 galactosa y unidades de glucosa.³⁴

La acción de los β -mananos es de unirse a los receptores que señalan la necesidad para insulina. Por medio de este bloqueo los β -mananos bloquean el llamado de secreción de insulina, que perjudica la forma de captación y utilización

de la glucosa (desde el almidón) y los aminoácidos de los tejidos periféricos al intestino como la musculatura estriada de los animales monogástricos.³⁴

Los β -mananos y sus derivados los β -galactomananos o β -gluco-mananos son componentes integrales de las células que forman parte de la pared en los ingredientes³⁵, incluyendo la pasta de soya donde presenta un contenido de $\pm 2\%$ β -mananos aproximadamente. Son considerados como factores antinutritivos para los animales monogástricos.³⁴

La adición de Hemicell[®] ha comprobado su eficacia al eliminar el impacto negativo producido por los β -mananos incrementando así el metabolismo de energía, además al suplementar con mananas se reduce la microflora en la digesta íleal³⁶ que puede tener una relevancia al prevenir las enfermedades digestivas en los pollos.

Dentro de los estudios realizados con Hemicell[®] se encuentra el realizado por Jackson³⁷ quien realizó una prueba en gallinas de postura a las que suministró una dieta con base a maíz+pasta de soya, reduciendo los aminoácidos a niveles marginales y complementando la dieta con Hemicell, donde observó que este producto incrementó la producción de huevo en las dietas donde los aminoácidos se encontraron en niveles marginales.

Odetallah et al³⁸, Realizaron un experimento donde evaluó la eficacia de Hemicell[®] en dietas con base a pasta de soya en pavos, donde observó que pudieron revertir algunos de los efectos antinutricionales de la soya con la suplementación de este producto obteniendo un mejor rendimiento en los pavos suministrados con Hemicell.

Teetar et al³⁹, Realizaron un estudio donde probó a varias dosis el Hemicell[®], observando que no había un aumento en su eficacia si se aumentaba la dosis

recomendada, por lo que se concluye que puede ser utilizado para mejorar el valor nutritivo de los alimentos altos en β -mananos.

Jackson et al⁴⁰, Utilizaron Hemicell[®] en pavos, aplicando al alimento donde pudo mejorar la conversión alimenticia, peso corporal de la semana 6 a la 12; pero observó que no tuvo efecto en el rendimiento al rastro en cuanto a porcentaje de pechuga, muslo, pierna o alas.

Lee et al⁴¹, Comprobaron con la suplementación de Hemicell[®], con dietas a base de maíz+pasta de soya en estudios *in vitro*, obteniendo que la viscosidad del alimento fue disminuida.

Daskiran et al⁴², Evaluaron los efectos del Hemicell[®] sobre el rendimiento de pollos en dietas con base a maíz+pasta de soya. Donde encuentra una mejora de la eficiencia alimenticia y un incremento de la energía metabolizable y la ganancia energética neta. Mejorando así con este producto la calidad de los nutrientes contenidos en la dieta que contiene β -mananos.

2.6.El empleo de enzimas para mejorar la digestión de soya.

Mediante el uso de técnicas biológicas para la medición de la digestibilidad se ha podido demostrar como el uso de enzimas puede mejorar en niveles que van de 5 a 9% la digestibilidad de pastas oleaginosas.⁴³ El aumento de la digestibilidad de la pasta de soya dependerá del criterio seguido al momento de la formulación y el origen de la pasta de soya²⁶. Según Marcelo y Jorge⁴³, la forma sugerida consiste en un incremento del 7% en los valores de digestibilidad de los aminoácidos y energía.

Las enzimas utilizadas en el aprovechamiento de pastas oleaginosas son proteasas que su mecanismo de acción es hidrolizar las proteínas provocando un aumento en su digestión.⁴⁴

3. Justificación.

En la actualidad debido a los precios de la pasta de soya⁴ y a las grandes importaciones de sorgo³ implican un aumento en los costos de los insumos para la alimentación de las aves. Es por esto que la utilización de las enzimas en alimentación de las aves resulta una buena opción para disminuir o aprovechar al máximo los nutrientes presentes en la dieta.⁴⁵

Pero a pesar de la amplia gama de mezclas enzimáticas que existen en el mercado no se ha efectuado ningún trabajo para evaluar su desempeño bajo las mismas características de producción en México, si bien se han llevado trabajos en donde se comprueban la eficacia en pollo de engorda²⁹, donde sólo se valoró una mezcla enzimática (Avizyme[®] 1500) y con una dieta con base a maíz-soya, o bien el trabajo de la valoración de otra mezcla enzimática (Rovabio[®]) en dietas para gallina en postura con una dieta en base a sorgo+soya+alfalfa²⁴. Sin embargo, no existe información alguna en la cual evalúen diferentes complejos enzimáticos comerciales bajo las mismas condiciones de clima y manejo. Con base a lo anterior, se planteó la posibilidad de evaluar el desempeño de los cuatro complejos enzimáticos más comercializados en México: Rovabio[®] Excel AP 500, Ronozym[®] VP, Avizyme[®] 1502, Hemicell[®].

4. Hipótesis.

La adición de un complejo enzimático en dietas tipo prácticas formuladas con base a sorgo+pasta de soya y con menor contenido de energía, proteína y aminoácidos para pollo de engorda mejorará su desempeño en el pollo de engorda

5. Objetivos.

5.1. Objetivo general.

Determinar el efecto de la adición de cuatro complejos enzimáticos comerciales en dietas para pollo de engorda con base a sorgo+pasta de soya con menor contenido de proteína, aminoácidos y energía en sus parámetros productivos.

5.2. Objetivos específicos.

- I. Evaluar la conversión alimenticia de pollos alimentados con cuatro complejos enzimáticos.
- II. Medir la ganancia de peso semanal con la adición de cuatro complejos enzimáticos comerciales.
- III. Valorar el consumo de alimento con la adición de cuatro complejos enzimáticos.

6. Material y métodos.

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm.⁴⁶

Se utilizaron 900 pollitos mixtos (mitad hembras y mitad machos), de la estirpe Ross de 1 día de edad, los cuales fueron alojados en una caseta de ambiente natural⁴⁷ con cama de viruta. Los pollitos se distribuyeron en 30 lotes de 30 aves cada uno, con una distribución completamente al azar. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante todo el experimento.

Los tratamientos o dietas fueron tipo prácticas sorgo + pasta de soya. Se empleó como testigo una dieta normal sorgo + soya con niveles de nutrientes empleados que cubren las necesidades de nutrientes para pollos de engorda excepto energía metabolizable que señala el NRC1994 (Cuadro 2 y 3). Y una dieta de iniciación y finalización con una reducción, que en el caso de la dieta de iniciación en el contenido en la energía metabolizable de 1.8% (55 Kcal), 4.9% de proteína (1.03%), 5.8% de Lisina (0.07%), 4.6% de Treonina (0.08%) y 3.2% de Metionina + Cistina (0.03%) (Cuadro2). En el caso de la dieta de finalización la reducción fue de 1.5% en la energía metabolizable (47 Kcal), 4.6% en la proteína (0.92%), 6.7% en la Lisina (0.07%), 3.8% en la Treonina (0.03%) y de 3.7% en la Metionina + Cistina (0.03%) (Cuadro 3)

Esta reducción en los nutrientes, se realizó a través de la fuente protéica, asignándole para fines de formulación un incremento de 7% en la EM, proteína y aminoácidos esenciales.

CUADRO 2. DIETAS INICIACIÓN DE 0 A 21 DÍAS DE EDAD

INGREDIENTES	DIETAS Kg	
	NORMAL	BAJA
SORGO 9%	571.08	616.44
PASTA DE SOYA 48%	354.08	322.85
ACEITE VEGETAL	29.43	14.79
FOSFATO DE CALCIO	18.60	18.69
CARBONATO DE CALCIO	15.39	15.46
SAL	4.40	4.40
DL-METIONINA	2.40	2.35
VITAMINAS*	2.50	2.50
L-LISINA HCl	0.17	0.37
CLORURO DE COLINA 60%	1.00	1.00
COCCIDIOSTATO	0.50	0.50
BACITRACINA BMD	0.30	0.30
ANTIOXIDANTE	0.15	0.15
TOTAL	1000.00	1000.00

ANÁLISIS CALCULADO DE NUTRIENTES

PROTEÍNA CRUDA (%)	22.00	20.93
E. M. AVE (Kcal / Kg)	3000	2945
CALCIO TOTAL (%)	1.00	1.00
FÓSFORO (DISP.)%	0.50	0.50
SODIO (%)	0.18	0.18
LISINA (%)	1.20	1.13
TREONINA (%)	0.87	0.83
MET + CIST (%)	0.93	0.90

* Vitamina A (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500,000 UI), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0 g), Vitamina B1 (2.25 g), Vitamina B2 (7.5 g), Vitamina B6 (3.6 g), Vitamina B12 (20 mg), Ac. Pantotéico (12.5g), Ac. Fólico (1.5 g), Biotina (125 mg), Niacina (45 g), Hierro (50g), Zinc (50 g), Manganeso (110 g).

CUADRO 3. DIETAS DE FINALIZACION DE 22 A 42 DÍAS DE EDAD

INGREDIENTES	DIETAS Kg	
	NORMAL	BAJA
SORGO 9%	615.09	654.48
PASTA DE SOYA 48%	303.70	276.84
ACEITE VEGETAL	38.25	25.60
FOSFATO DE CALCIO	16.44	16.51
CARBONATO DE CALCIO	13.98	14.04
SAL	3.89	3.89
DL-METIONINA	1.81	1.77
VITAMINAS*	2.50	2.50
CLORURO DE COLINA 60%	0.80	0.80
COCCIDIOSTATO	0.50	0.50
BACITRACINA BMD	0.30	0.30
ANTIOXIDANTE	0.15	0.15
PIGMENTO AMARILLO	2.67	2.67
TOTAL	1000.00	1000.00

ANÁLISIS CALCULADO DE NUTRIENTES

PROTEÍNA CRUDA (%)	20.00	19.08
E. M. AVE (Kcal / Kg)	3100	3053
CALCIO TOTAL (%)	0.90	0.90
FÓSFORO (DISP.)%	0.45	0.45
SODIO (%)	0.16	0.16
LISINA (%)	1.05	0.98
TREONINA (%)	0.79	0.76
MET + CIST (%)	0.82	0.79

* Vitamina A (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500,000 UI), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0 g), Vitamina B1 (2.25 g), Vitamina B2 (7.5 g), Vitamina B6 (3.6 g), Vitamina B12 (20 mg), Ac. Pantotéico (12.5g), Ac. Fólico (1.5 g), Biotina (125 mg), Niacina (45 g), Hierro (50g), Zinc (50 g), Manganeso (110 g).

Los tratamientos experimentales, consistieron en la suplementación de cuatro complejos enzimáticos comerciales como se señala a continuación:

Tratamientos:

1. Dieta tipo práctico (testigo)
2. Dieta con reducción en el contenido de energía, proteína y aminoácidos.
3. Como Tratamiento 2 + Endo-1,4- β -Xilanasa, Endo-1,3(4)- β -Glucanasa¹ *
4. Como Tratamiento 2 + Endo-1,3(4)- β -Glucanasa, Pectinasa, hemicelulasas.² **
5. Como Tratamiento 2 + Endo-1,4- β -Xilanasa, Subtilisin (proteasa), α -amilasa.³ *
6. Como Tratamiento 2 + Endo-1,4- β -manasa.⁴ *

* Dosis de enzima suplementada 500g por Tonelada métrica

** Un gramo por Kg. de ingrediente protéico adicionado.

Se llevaron registros semanales, durante 7 semanas de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

Se empleó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos cada uno con 5 repeticiones, mediante el siguiente modelo.

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

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta. $i = 1, 2, 3, 4, 5$ y 6 (Tratamientos).

μ = Media general. $J = 1, 2, 3, 4$ y 5 (Repeticiones).

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental, asociado a cada una de las observaciones.

Al final del estudio a las variables obtenidas de los parámetros productivos, se les realizó un análisis estadístico conforme al diseño experimental empleado mediante el paquete computacional de la Universidad de Nuevo León Ver. 2.5.⁴⁸

¹ Rovabio® Excel AP.

² Ronozyme® VP.

³ Avizyme® 1502.

⁴ Hemicell®.

7. Resultados.

Los resultados promedio obtenidos en 42 días de edad de peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se encuentran en el Cuadro 4.

CUADRO 4. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN 42 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN.

Tratamiento	Peso final g	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia Kg./Kg.
1.-Dieta normal	2480A	2438A	4305A	1.766B
2.-Dieta baja	2263B	2222B	4213A	1.896A
3.-Como 2 + Rovabio	2343B	2301B	4201A	1.825AB
4.-Como 2 + Ronozyme	2301B	2261B	4134A	1.828AB
5.- COMO 2 + Avizyme	2313B	2272B	4215A	1.855AB
6.- COMO 2 + Hemicell	2302B	2260B	4112A	1.819AB

Diferentes letras en columnas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Como se puede observar, las diferencias estadísticas significativas de las variables estudiadas fueron entre la dieta normal y las dietas bajas en nutrientes, en cuanto a peso final, ganancia de peso y conversión alimenticia.

La dieta normal (Tratamiento 1) fue superior en todas las variables estudiadas contra la dieta baja en energía, proteína y aminoácidos que no tuvo adición de enzimas (Tratamiento 2). Si bien la suplementación de los complejos enzimáticos comerciales, no mejoró estadísticamente los aumentos de peso, si se logró un aumento de 80g, 38g, 50g y 39g respectivamente del tratamiento 3 al 6.

En cuanto a la ganancia de peso en el tratamiento 3 quien obtuvo los mejores niveles dentro de las dietas bajas con una diferencia de 80g versus el tratamiento 2. En cuanto al consumo de alimento no se encontró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$). También se observa que la mejor conversión alimenticia fue con la dieta normal y que las dietas bajas fueron menos eficientes, con mejoría estadística con la adición de los 4 complejos enzimáticos estudiados.

8. Discusión.

El objetivo del presente trabajo de experimentación fue valorar si la adición de enzimas comerciales a una dieta reducida de energía, proteína y aminoácidos podía mejorar las variables productivas y aunque algunos estudios demostraron ser posible esto con la adición de Avizyme[®] 1502^{28, 29, 32, 33} (tratamiento 5) y Hemicell^{®37, 40, 42} (tratamiento 6) en el presente trabajo no se pudo demostrar una mejoría del crecimiento estadísticamente significativa.

Algunos investigadores comprobaron que con una reducción de proteína, energía y aminoácidos⁴⁹ en las dietas para pollos se mejoraron los valores de las variables productivas esto puede ser observado en el presente trabajo al observar las diferencias estadísticas encontradas entre el tratamiento 1 (dieta normal) y los tratamientos restantes (dieta baja con y sin enzimas).

Sin embargo, aun cuando se pudo obtener una mejoría en la conversión alimenticia en los tratamientos adicionados con enzimas (tratamiento 3, 4 y 6) esto concuerda con lo demostrado por investigadores, no se observó mejoría en las variables productivas estadísticamente, si pudieron observar una ligera mejoría numérica de dichos parámetros para dietas adicionadas con Rovabio^{®24}, Ronozyme[®] VP^{25,26,27} y Hemicell[®] ³⁹; No concordando nuestro resultado con lo expuesto por Linburn³¹ quien también obtuvo una mejoría numérica en el caso de dietas adicionadas con Avizyme[®] 1502, en el caso de consumo de alimento, esto puede deberse a varios factores entre los que posiblemente estén las diferencias

En cuanto a la ganancia de peso en el tratamiento 3 quien obtuvo los mejores niveles dentro de las dietas bajas con una diferencia de 80g versus el tratamiento 2. En cuanto al consumo de alimento no se encontró diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). También se observa que la mejor conversión alimenticia fue con la dieta normal y que las dietas bajas fueron menos eficientes, con mejoría estadística con la adición de los 4 complejos enzimáticos estudiados.

8. Discusión.

El objetivo del presente trabajo de experimentación fue valorar si la adición de enzimas comerciales a una dieta reducida de energía, proteína y aminoácidos podía mejorar las variables productivas y aunque algunos estudios demostraron ser posible esto con la adición de Avizyme[®] 1502^{28, 29, 32, 33} (tratamiento 5) y Hemicell^{®37, 40, 42} (tratamiento 6) en el presente trabajo no se pudo demostrar una mejoría del crecimiento estadísticamente significativa.

Algunos investigadores comprobaron que con una reducción de proteína, energía y aminoácidos⁴⁹ en las dietas para pollos se mejoraron los valores de las variables productivas esto puede ser observado en el presente trabajo al observar las diferencias estadísticas encontradas entre el tratamiento 1 (dieta normal) y los tratamientos restantes (dieta baja con y sin enzimas).

Sin embargo, aun cuando se pudo obtener una mejoría en la conversión alimenticia en los tratamientos adicionados con enzimas (tratamiento 3, 4 y 6) esto concuerda con lo demostrado por investigadores, no se observó mejoría en las variables productivas estadísticamente, si pudieron observar una ligera mejoría numérica de dichos parámetros para dietas adicionadas con Rovabio^{®24}, Ronozyme[®] VP^{25,26,27} y Hemicell[®] ³⁹; No concordando nuestro resultado con lo expuesto por Linburn³¹ quien también obtuvo una mejoría numérica en el caso de dietas adicionadas con Avizyme[®] 1502, en el caso de consumo de alimento, esto puede deberse a varios factores entre los que posiblemente estén las diferencias

de dieta base, la diferencia de soya pues como se citó anteriormente se tiene que valorar el proceso de uso previo de la soya y su lugar de origen.

Este consumo de alimento reducido se debe en gran medida a que al adicionar enzimas en dietas la disponibilidad de energía aumenta en la dieta^{7, 8, 18} llevando a los pollos alimentados con la dieta sin enzimas a aumentar su consumo de alimento para cubrir sus necesidades de energía. En el caso de los pollos de la dieta normal (sin reducción de nutrientes) su consumo fue elevado por su alto desempeño obtenido es por esto que su ganancia de peso, peso final y conversión alimenticia fueron las mejores.

El consumo de alimento por parte de los tratamientos suplementados con complejos enzimáticos comerciales, junto con el aumento de la mayor disponibilidad de energía provocada por la acción de estos complejos enzimáticos sobre los PNA y la mayor disponibilidad de proteína por las proteasas contenidas en estos complejos enzimáticos dio como resultado un aumento en la ganancia de peso de los pollos.

Esta ganancia de peso se ve reflejada en el peso final de los pollos donde se obtienen pesos por arriba de la dieta baja dando como resultado una disminución de la conversión alimenticia en todos los tratamientos adicionados con enzimas comerciales sobre la dieta.

Y aunque los resultados no fueron observados estadísticamente, se pudo observar una mejoría numérica de los valores de las variables productivas en las dietas reducidas de energía, proteína y aminoácidos adicionadas con los complejos enzimáticos comerciales.

9. Conclusiones.

Con base a los resultados obtenidos, bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir:

- i. La adición de Rovabio[®], Ronozyme[®] VP, Avizyme[®] 1502 y Hemicell[®] en dietas con base a Sorgo+Pasta de soya con una reducción en el contenido de proteína, energía y aminoácidos no mejoró las variables productivas
- ii. Se mejoró la conversión alimenticia en dietas con base a Sorgo+Pasta de soya con una reducción en el contenido de proteína, aminoácidos y energía al adicionar Rovabio[®], Ronozyme[®] VP, Avizyme[®] 1502 y Hemicell[®].
- iii. Se requieren mayores estudios con las matrices individuales de cada producto comercial para conocer con exactitud la cantidad de nutrientes que aporta cada uno.

10. Referencias.

1. Dirección de Estudios Económicos. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2003 – 2004. México (DF): UNA, 2004.
2. Yañez, CMA. La importancia del sector avícola mexicano y sus perspectivas (Unión Nacional de Avicultores). Revista tecnológica Avipec en Latinoamérica, 2000;152: 20-26.
3. Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales-CANACINTRA. La industria alimenticia animal en México. México (DF): CANACINTRA, 2003.
4. Mercado Internacional de la soya [editorial] Nutriciero, 2004; 2: 44-46.
5. Leeson S, Summers JD. Commercial Poultry Nutrition. 2^a ed. Ontario. University Books, 1997.
6. Garcia M. Eficacia de las enzimas en avicultura: factores principales. Ed Selecciones avícolas, Marzo 2004;46:149-157
7. Bühler M. Las enzimas en la nutrición animal. Alemania. AWT. 1998.
8. Malathi V, G. Devegowda. *In vitro* evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. Poultry Sci. 2001;80:302-305
9. Stryer L. Bioquímica. 4^a ed. Barcelona. REVERTE, 1995
10. Hadden G, J. Inborr. Estabilidad de las enzimas en el procesamiento. Ed. Feed Mix. 1993;1;3No 3.
11. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. Departamento de Zootecnia, Chapingo. Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
12. Wilhelm G. Experiencia Práctica en el uso de enzimas. [editorial] Nacional renderers Association, Inc America Latina. 2004
13. Braddock M, P. Gary. Uso de Enzimas en piensos para ganado porcino: avances y perspectivas. Simposio Space, miércoles 13 de septiembre de 1995, memorias, Estados Unidos.
14. Bedford M.R. The foundation of conducting feed enzyme research and the challenge of explaining the results. [editorial] J. appl Poultry Res. 2002;11:4; 464-470.

15. Lehninger AL. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. 2ª ed. Barcelona. Omega, 1995.
16. Ghazi S, Rooke JA, Galbraith H. Morgan A. Potential for improving soyabean meal in diets for chicks: treatment with different proteolytic enzymes. Br Poult Sci. 1996; 37: S38.
17. Silva SSP, Smithard RR. Digestion of protein, fat and energy in rye-based broiler diet is improved by the addition of exogenous xylanasa and protease. Br Poult Sci. 1997; 38: S38.
18. Joaquim B. Los enzimas en la alimentación avícola, un cambio remarkable. Selecciones avícolas. 2002;44:545-548.
19. Klasing K.C. Comparative avian nutrition. USA. [ed] CAB International, 1998.
20. Blum J.C. Alimentación de los animales monogastricos. En: Blue J.C. editor. Consumo. Necesidades. Recomendaciones prácticas. Valor energético de los alimentos. Madrid: Mundi.Prensa, 1985:23-35
21. Mathlouthi N. Saulnier L. Quemener B. Larbier M. Xylanase, β -glucanase and other side activities have greater effects on the viscosity of several feedstuffs than xylanase and β -glucanase used alone or in combination. Submitted to Journal of agriculture and food chemistry 2002; 102-117.
22. Inal F. Coskun B. Balevi T. Umucalilar H. Gülsen N. Özkara R. The determination of viscosity in barley and using possibilities of barleys, having different viscosity, supplemented with enzyme in layer diets. Indian J Anim Sci 2000;70:1250-1254.
23. Solís SJA, Prontuario de especialidades veterinarias farmaceuticas, biologicas y nutricionales. 22ª ed. México: PLM, 2002.
24. Romero VFJ. Utilización de enzimas xilanasas y β -glucanasas en dietas (sorgo+soya+Alfalfa) para gallinas en postura (tesis licenciatura). México (DF). México: Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ, 2003.
25. Kocher A., M. Choct, R.J. Hungues, J. Broz. Effect of food enzymes on utilization of lupin carbohydrates by broiles. Br. Poult Sci. 2000;41:75-82.
26. Kocher A. M. Choct, M.D. Porter, J. Broz. Effects of feed enzymes on nutritive value of soyabean meal fed to broilers. Br Poult Sci 2002;43:54-63.

27. Kocher A., M. Choct, G. Ross, J. Broz, T.K. Chung. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. [ed] The journal of applied poultry research. Fall 2003; 12:3. 275-283.
28. Hong D. Burrows H. Adelola O. Addition of enzyme to starter and grower diets for ducks. Poltry Science 2002; 81: 1842-1849.
29. Aguila SR. Efecto de la adición de enzimas a dietas tipo comercial de pollo de engorda (tesis licenciatura). México (DF); México Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ, 2000.
30. Douglas M. W., C. M. Parsons. Effect of different soybean meals and Avizyme® on growth performance and ileal digestible energy in chicks. Poult. Sci. Abst. 1999;78:76.
31. Lilburn M.S., S. Rao, E.E.M. Pierson. The effect on dietary and enzyme supplementation on grown and dry matter retention in broiler breeders. Poult. Sci. Abstracts 2002;81:**
32. Francis P.A., F.A. Draughon, A.G. Mathew, K.R. Robbins. Microbiological and fermentation changes in gastrointestinal tract of birds challenged with *Salmonella typhimurium*. Poul. Sci. Abstracts 2001;81:93.
33. Greenwood M.W., C.A. Fritts, P.W. Waldroup. Utilization of Avizyme® 1502 in Corn-Soybean meal broiler diets with and without antibiotics. Poul. Sci. Abstracts 2001;81:**
34. Jackson ME, Fordge DW, Hsiao HY. Effects of β -Mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. Poult Sci. 1999;78: 1737-1741.
35. McDonald P., R.A. Eduards, J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morga, Nutrición animal. 5a Edición, ed. Acribia S.A., España, 1999.
36. Ouhida I., Perez J.F., Anguita M., Gasa J., Influence of β -Mannase on broiler performance, digestibility, and intestinal fermentation. The journal of poultry research. 2002;11:244-249.
37. Jackson M.E. Effects of Hemicell® in corn-soybean meal diets with varying amino acid densities on laying hen. Poult. Sci. Abstracts Supl 1 1999;78:136.

38. Odetalla N.H., Ferket P.R., Grimes J.L., Mc Naughton J.L., Effect of Hemicell[®] on the growth performance of turkeys fed diets contains 44% and 48% CP soybean meal. *Poult. Sci. Abstracts suppl.* 1, 2000;79:93.
39. Teetar R.G., Fodge D., Hsiao H.Y., An evaluation of beta-mannanase (Hemicell[®]) supplementation on broiler performance, an energy utilization in diets varying in beta-mannan content. *Poult. Sci. Abstracts Supl.* 1 2000;79:93.
40. Jackson M.E., R.L. James, H.Y. Hsiao, G.F. Mathis, K.K. Krueger. Effects of β -mannanase (Hemicell[®]) on performance, carcass characteristics, and body weight uniformity in commercial Tom turkeys. *Poult. Sci. Abstracts Supl.* 1 2002;81:23.
41. Lee J.T., S. Conner-Appleton, C.A. Bailey, A.L. Cartwright. Hemicell[®] enzyme decreases in vitro viscosity of guar meal feeds. *Poult. Sci. Abstracts Supl.* 1 2002;81:113-114.
42. Daskiran M., Teeter R.G., Fodge D., Hsiao H.Y., An evaluation of Endo- β -D-mannanase (Hemicell[®]) effects on broiler performance an energy use in diets varying in β -mannan content. *Poult. Sci.* 2004;83;662-668.
43. Marcelo J. Schang, Jorge O. Azcona., La aplicación de enzimas en dietas para aves. [Ed] *Acontecer avícola.* 6;51:2001. 14-20.
44. Brufau Joaquim, Los enzimas en la alimentación avícola, un cambio remarkable. [ed] *Selecciones Avícolas.* 46;8:2002. 545-548.
45. Bedford MR. The effect of enzymes on digestion. *J appl Poultry Res.* 1996; 5: 370-378.
46. Garcia ME. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. México (DF) Talleres Offset Larios. 1998.
47. Quintana JA. Avitecnia. 3^a ed. México; (DF): Trillas, 1999
48. Olivares SE. Paquete de diseños experimentales [Programa computacional] Ver 2.5. Nuevo León [México]: Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León, 1994.

49. Cantor A.H., Pescatore A.J., Gates R.S., Burnham D.J., Ford M.J., Hussen A.S., Paton N.D.. Effect of low protein, amino acid fortified, grower and finisher diets on broiler growth performance. Poultr. Sci Abstracts suppl 1 2000;79:115.