

01621
77



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**UTILIZACION DE ENZIMAS XILANASAS Y β -GLUCANASAS
EN DIETAS (SORGO + SOYA + ALFALFA) PARA GALLINAS
EN POSTURA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

ROMERO VARGAS FRANCISCO JAVIER

ASESORES

MSc. ERNESTO AVILA GONZALEZ

MPA. ARTURO CORTES CUEVAS



MEXICO, D. F.

2003.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

A Dios, que me dió la vida y me rodeo de personas tan especiales como mi familia y amigos. Gracias.

A mi madre, que por su esfuerzo, dedicación, amor y apoyo, compartió el sacrificio para poder realizar este sueño, "Mi Título Profesional".

A mis hermanos Ricardo, Evelyn, Pablo, Bogard, Memo †, que estuvieron a mi lado en todo momento. A mis sobrinos Grecia, Ricardo, Fabiola, Andrea, Diego, Andrea, Paola, que son parte importante de mis sueños. A mis primos, especialmente a Abel que estuvo conmigo aconsejándome. A mis tíos y en especial a mi tío Mario y tía Susana quienes me aconsejaron durante mi experiencia académica. A mis cuñadas Ana, Lilia y Mónica quienes estuvieron presentes en la realización de este proyecto.

A mis amigos Maribel, Jimena, Georgina, Leticia, Yolanda, Alma, Ana Luisa, Jerson, Pedro, Edgar, Pablo, Toño Tellez, Toño Estrada, Victor, Rubén, Bernardo, Carlos Castellanos, Carlos Ayála, Carlos de la Cruz, Jorge, Omar, Enrique, Jose Juan, Javier, Alejandro, Santos, Armando, y a los que me falta mencionar de la Prepa 4, de la Facultad y de la Universidad, pero que los llevo en mi corazón y a los que nunca voy a olvidar. Gracias por estar junto a mi cuando más los necesite y por compartir esos momentos conmigo.

Agradecimientos

Al Dr. Ernesto Ávila González que me oriento para realizar esta tesis de la mejor manera. Por sus comentarios y consejos los cuales me ayudarán en un futuro en la vida profesional.

Al Dr. Arturo Cortés Cuevas por el apoyo y la confianza para llevar el estudio y sus consejos de tanta ayuda.

A Manuel Soto y Adisseo™ por la ayuda al proporcionar las enzimas para realizar la investigación.

A los Doctores Ezequiel, Elizabeth, Jaime, Tomás, por la ayuda prestada en mi estancia en la Granja Veracruz y por sus conocimientos tan útiles en el campo.

Un especial agradecimiento al Dr. Benjamín Fuente por la ayuda prestada en la presente tesis en cuestión estadístico.

Un sincero agradecimiento a mi jurado compuesto por el Dr. Kurt Spross Suarez, Dra. Silvia Elena Bountix Dios, Dr. Tomás Jinez Mendez, Dr. Marco Antonio Juarez Estrada y el Dr. Ernesto Ávila González, por sus aportaciones y consejos para concluir este proyecto.

A la Universidad por el privilegio de formar parte de una Institución orgullosamente Mexicana, con el prestigio que solo la máxima casa de estudios en México puede tener.

A la FMVZ-UNAM por prestarme un poco de su sabiduría para el bien de la sociedad.

Gracias.

CONTENIDO

Página

RESUMEN.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 MARCO CONTEXTUAL.....	2
1.1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA AVICULTURA NACIONAL.....	2
1.2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
1.2.1 OBTENCIÓN DE ENERGÍA.....	4
1.2.2 ACCIÓN DE LA MICROFLORA SOBRE LA FIBRA.....	5
1.2.3 POLISACÁRIDOS NO AMILÁCEOS VISCOSOS (PNAV).....	6
1.2.4 ENZIMAS.....	8
1.2.5 ACCIÓN DE LAS ENZIMAS SOBRE LOS PNAV.....	10
1.2.6 JUSTIFICACIÓN.....	14
2 HIPÓTESIS.....	16
3 OBJETIVO.....	16
4 MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
4.1 SITIO DE EXPERIMENTACIÓN.....	17
4.2 EXPERIMENTO.....	17
4.2.1 MODELO ESTADÍSTICO.....	20
5 RESULTADOS.....	21

	<u>Página</u>
6 DISCUSIÓN.....	22
7 CONCLUSIONES.....	24
8 REFERENCIAS.....	25

INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
CUADRO 1 Contenido en % de Polisacáridos no Amiláceos de algunos Ingredientes.....	30
CUADRO 2 Composición de algunos polisacáridos en el maíz y sorgo.....	30
CUADRO 3 Composición de las dietas experimentales empleadas en gallinas en postura durante 63 días.....	31
CUADRO 4 Análisis calculado de dietas utilizadas.....	32
CUADRO 5 Análisis de varianza multivariado.....	33
CUADRO 6 Resultados promedio de variables productivas y consumo diario en energía en gallinas de postura durante 63 días de experimentación..	34

ÍNDICE DE ANEXOS

	<u>Página</u>
ANEXO 1 Normalidad por método de Kolmogorov-Smirnov....	35
ANEXO 2 Homogeneidad de varianza.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<u>Página</u>
GRÁFICA 1 Producción promedio de huevo durante 63 Días de experimentación	36
GRÁFICA 2 Conversión alimenticia en gallinas alimentadas con dietas con diferentes niveles de energía durante 9 semanas de experimentación	37

PAGINACIÓN DISCONTINUA

RESUMEN.

ROMERO VARGAS FRANCISCO JAVIER. Utilización de enzimas xilanasas y β -glucanasas en dietas (sorgo + soya + alfalfa) para gallinas en postura (bajo la dirección de Ernesto Avila González y Arturo Cortés Cuevas)

El presente experimento se realizó con la finalidad de estudiar la adición de enzimas xilanasas (1,400 unidades/g) y β -glucanasas (2,000 unidades/g), en dietas sorgo + soya + alfalfa para gallinas de postura sobre las variables productivas. Se emplearon 240 gallinas de la línea Hy-Line W36 de 25 semanas de edad, las cuales se distribuyeron completamente al azar en 4 tratamientos. Cada tratamiento contó con 5 repeticiones de 12 gallinas cada una. Los tratamientos fueron: 1) dieta testigo con 2,900 kilocalorías (kcal) de energía metabolizable (EM)/kg de alimento (T1); 2) dieta con 2,875 kcal de EM/kg de alimento + enzimas (T2); dieta con 2,850 de EM/kg de alimento + enzimas (T3); dieta con 2,825 kcal de EM/kg de alimento + enzimas (T4). Las enzimas se adicionaron a la dieta terminal a razón de 50 g por tonelada. La duración del experimento fue de 63 días. Los datos obtenidos de las variables (porcentaje de postura, peso del huevo, masa de huevo/ave/día, consumo de alimento ave/día y conversión alimenticia) se sometieron a un análisis de varianza multivariado (MANOVA). Los resultados obtenidos para porcentaje de postura (84.7, 87.3, 86.1, 87.2 %), peso del huevo (55.5, 55.4, 55.9, 55.3 g), masa de huevo/ave/día (47.3, 48.5, 48.3, 48.8 g), consumo de alimento ave/día (93.3, 93.5, 95.6, 97.2 g) y conversión alimenticia (2.11, 1.98, 2.04, 2.04) para T1, T2, T3 y T4, respectivamente, indicaron que no existió diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos. Con los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye, que la adición de enzimas xilanasas y β -glucanasas en dietas para gallinas de postura permiten disminuir hasta 75 kcal de EM/kg sin afectar las variables productivas.

INTRODUCCION

1.1 Marco contextual

1.1.1 Situación actual de la avicultura nacional

En la población mexicana, el huevo es el producto de elección por ser una fuente de proteína completa. Estas características, junto con su versatilidad y precio son lo que ubican al producto en las preferencias de los consumidores¹.

La avicultura del país cubre las necesidades de la población, poniendo en un grado casi insignificante a las importaciones de productos avícolas^{1,2,3}. En la década de los 90's la avicultura productora de huevo creció un 60% ininterrumpidamente en el sector pecuario y sólo fue superada por la producción de pollo de engorda. México ocupa el 6° lugar mundial y el 1° en Latinoamérica en producción de huevo para plato¹.

En los últimos 5 años la producción de huevo creció a un ritmo anual de 5.3%^{2,3}. México es el cuarto país consumidor de huevo para plato a nivel mundial, con 20.6 Kg. per capita en el 2001 (proyección de la UNA) y se estima que en el 2002 el consumo será de 20.9 Kg. por habitante. En el país se cuenta con más de 115 millones de gallinas ponedoras en producción^{2,3}.

Los avances tecnológicos, en nutrición, en genética y equipo son los que han permitido que la industria avícola mexicana crezca y aumente su productividad como lo hacen los países desarrollados^{1,2,3}.

La especialización genética de las gallinas ponedoras debe estar complementada con una nutrición y alimentación adecuadas para poder expresar todo el potencial productivo de las aves y, así, obtener altos rendimientos en producción. Las demandas de requerimientos nutrimentales son los que propician que en el sector pecuario la avicultura se mantenga en el cuarto lugar demandante de granos (20% de consumo del sector ganadero) y en el tercer lugar en cuanto a requerimientos de pastas de oleaginosas (27% de consumo del sector ganadero). Estas cantidades son insuficientes para ser cubiertas por la producción nacional de granos y oleaginosas, lo que hace necesario realizar compras en el mercado exterior¹.

El alimento representa alrededor del 70% de los costos totales de producción. De este porcentaje, la energía se adjudica el 70% de ese valor (entre 55-60% de los costos totales de producción)⁴.

Estos costos de producción se pueden disminuir al agregar enzimas a las dietas, las cuales permiten aprovechar mejor

los nutrimentos de los ingredientes, ya que rompen enlaces que no pueden desdoblar las enzimas de las propias gallinas, y así pueden obtener, gracias a ello, más energía. Esto trae como consecuencia una reducción de los costos totales^{5,6}.

La utilización de enzimas en las dietas para gallinas en producción ha aumentado en los últimos años debido a que sus precios han disminuido gracias a la biotecnología y al aumento de la producción industrializada⁶. La reducción de algunos precios de los insumos alimenticios propiciará que en algunos años el precio del huevo disminuya, ya que los avicultores obtendrán sus utilidades al aumentar el producto desplazado (lo que ofrezcan al consumidor)¹.

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Obtención de energía

Las gallinas de postura especializadas son animales extremadamente sensibles a deficiencias nutrimentales. Por esta razón, se deben de tomar en cuenta los conocimientos en cuanto a sus requerimientos de mantenimiento y producción⁷. Las aves regulan su consumo de alimento a través de la satisfacción de sus necesidades energéticas. Cuando se aumenta la concentración energética del alimento hay una reducción de la ingesta de alimento. Después del agua, la privación de los componentes energéticos de la dieta afecta

muy rápidamente el desempeño productivo del ave e inclusive su supervivencia^{8,9}.

Las aves obtienen la energía principalmente de los carbohidratos, los cuales son compuestos formados por hidrógeno, carbono y oxígeno. Son azúcares simples en la forma básica, pero generalmente en los alimentos se encuentran en formas complejas, como los disacáridos (sacarosa, lactosa y maltosa) o polisacáridos (glucógeno, celulosa y almidón)⁸. De los disacáridos en general las gallinas pueden obtener energía fácilmente; sin embargo, de los polisacáridos, sólo del almidón, ya que sus enlaces son α -glucosídicos y las aves producen las enzimas para romper estos enlaces. Sin embargo, las aves no producen enzimas para romper los enlaces β -glucosídicos, por lo que la celulosa no es disponible como fuente de energía¹⁰. Algunos de estos polisacáridos con enlaces β -glucosídicos contienen energía que el ave puede aprovechar para cubrir parte de sus requerimientos energéticos de mantenimiento y de producción; si se le complementan enzimas apropiadas que degraden estos enlaces, los nutrimentos atrapados entre los mismos se tendrían disponibles^{10,11,12}.

1.2.2 Acción de la microflora sobre la fibra

En los sacos ciegos hay bacterias que degradan parcialmente

la celulosa. Sin embargo, sólo una pequeña parte del alimento es sometido a su acción, por tanto, la fibra es poco degradada en las aves domésticas. Los productos finales de la acción microbiana sobre la fibra son ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el ácido acético, el ácido propiónico y el ácido butírico, que son producidos en cantidades de mayor a menor, respectivamente, y que son absorbidos rápidamente^{11,12,13}. Algunas de las bacterias que habitan en los sacos ciegos, ileon y en el recto producen enzimas 1,4- β -glucosidasas que pueden digerir parcialmente a la celulosa, a la hemicelulosa y a otros polisacáridos complejos, si el bolo alimenticio permanece el tiempo suficiente en estos órganos; sin embargo, no pueden romper enlaces 1,3- β -glucosídicos^{14,15}.

1.2.3 Polisacáridos no Amiláceos viscosos (PNAV)

En el pasado, a los PNAV se les llamaba fibra. Las aves, debido a sus características fisiológicas y morfológicas, no secretan enzimas capaces de degradar polisacáridos no amiláceos viscosos y solubles, sustancias que se encuentran frecuentemente en la pared celular y por ello se les llega a considerar como factores antinutrimientales^{5,6,14,9}. Los 1,3-1,4- β -glucanos están formados por moléculas unidas por enlaces β -glucosídicos. Los enlaces 1,3- β -glucosídicos son los

responsables de que estos compuestos puedan ramificarse, lo que no sucede con la celulosa, la cual carece en su arreglo molecular de estos enlaces. Estas ramificaciones son las que propician la acumulación de agua y aumento en la viscosidad del lumen intestinal. Lo mismo sucede con los arabinoxilanos (pentosanos), los cuales están formados por una cadena de xilopiranososa y poseen cadenas laterales de arabinofuranosa⁶.

Todos los polisacáridos anteriormente señalados se encuentran en las paredes celulares de los granos y forman entre sí complejos que mantienen diferentes grados de valor nutritivo, el cual es difícil de caracterizar. Las acciones que tienen estas compuestas en el tracto digestivo son la de secuestrar nutrimentos e impedir un buen trabajo de las enzimas digestivas en el intestino delgado⁶.

Los ingredientes de las dietas contienen valores variables de galactosa, arabinosa, xilosa, ácido glucurónico y ácido galacturónico. Generalmente son azúcares que forman polímeros (xilanos, β -glucanos, celulosa, hemicelulosa, entre otros), los cuales forman parte de las paredes celulares (fibra)^{14,15}.

Los glucanos o pentosanos solubles, llamados PNAV, están formados de cadenas de elevado peso molecular con enlaces 1,3,- β -glucosídicos, los cuales provocan que se retenga agua, aumente la viscosidad y se secuestren nutrimentos a nivel del

lumen intestinal. Si a esto se le agrega que se diluye la cantidad de energía y de otras sustancias nutritivas, entonces se entiende que se les considere como factores antinutritivos^{6,14,15,16}.

Los PNAV son poco digestibles. La viscosidad del bolo alimenticio aumenta durante el paso por el duodeno hasta la parte final del ileon, debido a la baja cantidad de agua y a la concentración alta de carbohidratos solubles, celulosa y otros PNAV^{14,15,16} (Cuadro 1 Y 2).

1.2.4 Enzimas

Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones biológicas; actúan en condiciones únicas de pH y temperatura; tienen un peso molecular elevado, y sólo reaccionan con sustratos específicos, acelerando reacciones químicas. En general, las enzimas digestivas pueden catalogarse como carbohidrasas, proteasas y lipasas. Incrementan la digestibilidad y aumentan el potencial de obtener aminoácidos de las proteínas y ácidos grasos de las grasas⁵.

Las enzimas se unen al sustrato reaccionante por fuerzas de atracción que pueden ser enlaces de hidrógeno o enlaces covalentes. Una parte de la estructura activa se ajusta a la molécula del sustrato y se realiza una conversión sustrato-enzima en productos que requieren de una pequeña cantidad de

energía en su activación¹⁷. Las enzimas no se consumen en las reacciones en las que actúan, por lo que pueden volver a su estado original y catalizar una nueva reacción, por esta razón su cantidad es menor en comparación con el sustrato⁶.

La enzima es la unidad biológica que hace posible la disociación de las unidades químicas de los alimentos y nutrimentos. Todas las reacciones químicas que tienen lugar en el organismo son catalizadas por enzimas¹⁸. Las endoenzimas actúan en las partes centrales de las moléculas de elevado peso molecular⁶.

La utilización de enzimas exógenas como aditivos ha sido considerada en los últimos cinco años por lograr permitir la digestión de los carbohidratos complejos y con ello no solo incrementar la utilización de la energía, sino abatir algunos de los efectos negativos de esos complejos en la actividad intestinal y en la consistencia de las excretas⁵.

Los hongos son los más ampliamente utilizados a nivel comercial para la producción de enzimas. La adición de enzimas derivadas de fermentaciones fungales a las dietas, mejora la disponibilidad y aprovechamiento de la energía metabolizable (EM) de los ingredientes. Una de las características de estas enzimas es que rompen los carbohidratos de las paredes celulares^{6,9}.

En los últimos años la producción enzimática ha aumentado gracias a la biotecnología⁶. Recientemente se ha señalado que el *Penicillium funiculosum* tiene la capacidad de producir dos enzimas de interés (β -glucanasas y xilanasas y una cantidad no determinada de celulasas)^{6,19,20}.

Una de las ventajas de la utilización de las enzimas como aditivos en las dietas para aves es que su acción la realizan en el proventrículo y molleja y al pasar al intestino delgado son degradadas como cualquier otra proteína. Algunos ejemplos son todas las enzimas digestivas, secreciones de mucosas y células exfoliativas que entran en el tracto digestivo, que al degradarse sirven como nutrimentos, por lo cual no dejan residuos en heces ni orina^{6,14}.

1.2.5 Acción de las Enzimas sobre los PNAV

Parte de los nutrimentos son secuestrados por los PNAV y permanecen capturados entre estos compuestos, por lo que no se pueden aprovechar. Además, por ser solubles, los PNAV se acumulan y pueden provocar problemas de diarreas^{6,15,16}. Como consecuencia de las diarreas, el alimento permanece poco tiempo en el tracto digestivo, la acción enzimática se reduce y el aprovechamiento de los nutrimentos disminuye¹⁴.

Para degradar a los PNAV se necesitan enzimas específicas. Aunque hay hidrólisis parcial en los primeros tramos del tubo

digestivo, ésta es complementada por una digestión microbiana con formación de AGCC^{14,15}.

Para permitir un mejor aprovechamiento del material contenido en las paredes celulares, la acción de las enzimas sobre el alimento debe ocurrir antes del estómago verdadero, en el proventrículo. *In vivo* esto se realiza al utilizar enzimas microbianas que hidrolizan a la celulosa (enzimas exógenas). Al agregar enzimas a dietas bajas en energía se puede incrementar la disponibilidad de monosacáridos (digestión aloenzimática) y de los 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^{14,16}.

Las endoenzimas degradan las cadenas de alto peso molecular de los PNAV en cadenas de bajo peso molecular y con ello se pierde la capacidad de retener agua. Las endo- β -glucanasas y endo-xilanasas degradan muy rápidamente a los PNAV y disminuyen la viscosidad del lumen intestinal^{5,6,15,16,21}.

Mathlouthi et al.²² observaron el efecto *in vitro* de las enzimas xilanasas y β -glucanasas puras, juntas y por

separado, y compararon su efecto con un producto multienzimático que contenía: arabinofuranosidasa, xilosidasa, glucosidasa, galactosidasa, celulasa y poligalacturonasa. Sus resultados mostraron que las xilanasas y β -glucanasas disminuían la viscosidad del bolo alimenticio; sin embargo, su efecto fue mejor cuando se suministraban combinadas. El producto multienzimático estudiado mejoró los resultados con respecto a los encontrados con la acción de las enzimas xilanasas y β -glucanasas juntas.

Oloffs et al.²³ mencionan que la complementación de xilanasas en la dieta disminuyó la viscosidad en las excretas. Otro estudio realizado por Oloffs et al.²⁴ reveló que las xilanasas mejoraron el color de la yema del huevo. Los mismos autores mencionan que las variables productivas no se modificaron al disminuir la EM de las dietas. Esto se encuentra aún en investigación, pues se deben diferenciar las interacciones que pudieran existir entre las variedades del grano, la cantidad de energía de la dieta y la complementación con enzimas.

Inal et al.²⁵ realizaron un estudio con un producto multienzimático (xilanasas, alfa-amilasa, celulasa, glucanasa, pectinasa 22%, lactasa 75%, proteasa 0.5%, ácido cítrico 25%) para determinar la viscosidad de las dietas. Se concluyó

que el producto multienzimático disminuyó la viscosidad del quimo alimenticio al utilizar tres tipos de grano (baja, media y alta viscosidad); sin embargo, no hubo diferencia en la producción de huevo.

Von Engelhardt et al.²⁶ encontraron que la ruptura de los PNAV por parte de las bacterias en la fermentación anaerobia en el intestino incrementa la cantidad de AGCC de los cuales se absorbe del 95 a 99%. Su absorción aumenta con la concentración de los ácidos grasos; su producción tiene lugar en la parte final del intestino.

Malathi y Devegowda²⁷ encontraron en sus estudios *in vitro* que existen dos formas de obtener energía a partir de los PNAV por enzimas exógenas: una, es al romper los PNAV formando polimeros pequeños o monosacáridos, previniendo también la viscosidad y, otra, al tener acceso las amilasas endógenas al almidón del endospermo.

Austin et al.²⁸ explican que todos los PNAV se deben de considerar con la misma importancia, ya que su interacción modifica la cantidad de EM disponible de los ingredientes. Lo anterior se debe a que se incrementa la viscosidad y se reduce la absorción de nutrimentos, al igual que la acción enzimática en el lumen intestinal.

Rodrigues et al.²⁹ realizaron un estudio en el que adicionaron

un producto enzimático comercial a base de alfa-amilasa, xilanasas y proteasa en dietas isoproteicas con niveles de energía de 2750 y 2850 kcal EM/kg de alimento con y sin producto enzimático. Los resultados no mostraron diferencias en el comportamiento productivo de las gallinas de un segundo ciclo.

El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar si la adición de enzimas xilanasas y β -glucanasas en dietas sorgo + soya + alfalfa para gallinas de postura con menor cantidad de energía (2875, 2850 y 2825 kcal de EM/kg de alimento) no tienen ningún efecto negativo sobre el comportamiento productivo.

1.2.6 Justificación

Bedford³⁰ menciona en sus investigaciones que logró disminuir las diferencias entre ingredientes con la complementación de enzimas. Lo que él encontró fue que al complementar con enzimas, se permite que el endospermo se digiera y que ocurra más rápidamente la digestión, con lo que se hacen disponibles nutrimentos atrapados en las paredes celulares. Lo anterior permite que el ave extraiga más nutrimentos de los ingredientes y que se reduzca la actividad microbiana para evitar competir con ella por la limitación de nutrimentos-sustrato en el intestino y los sacos ciegos.

La complementación con enzimas permite que éstas tengan su acción sobre los PNAV (que normalmente no son digeridos por las aves), aprovechándose y obtendrá energía extra de esas sustancias.

2 HIPOTESIS

La adición de enzimas β -glucanasas y xilanasas en dietas sorgo + soya + alfalfa para gallinas de postura con menor cantidad de EM (2875, 2850 y 2825 kcal de EM/kg de alimento) no afecta las variables productivas.

3 OBJETIVOS

Evaluar las variables productivas (porcentaje de postura, peso de huevo, conversión alimenticia, masa de huevo/ave/día y consumo de alimento ave/día) en dietas con diferente contenido de energía [2900, 2875 (+ enzimas), 2850 (+ enzimas) y 2825 (+ enzimas) kcal de EM/kg de alimento].

4 MATERIAL Y METODOS

4.1 Sitio de experimentación

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Santiago Zapotitlán, Delegación Tláhuac, México D.F., a una altitud promedio de 2235 m.s.n.m., en los paralelos 19°17'30" latitud Norte y 98°57'30" longitud Oeste. Presenta un clima templado subhúmedo, con una temperatura anual de 16°C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 m.m.³¹.

4.2 Experimento

Se utilizaron 240 gallinas de la línea Hy-Line W-36, de 25 semanas de edad, de 1.5 kg de peso en promedio, las cuales se distribuyeron completamente al azar en 4 tratamientos con 5 réplicas de 12 gallinas cada una. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, las cuales contenían 3 gallinas por jaula.

El estudio se realizó en una caseta convencional con ambiente natural³². Se les proporcionó a las aves un periodo de adaptación al alimento de 3 semanas. La duración del experimento fue de 63 días.

Se emplearon dietas sorgo + soya + alfalfa con diferente

contenido de EM. Los tratamientos fueron los siguientes: 1) dieta testigo con 2,900 kcal de EM/kg de alimento (T1); 2) dieta con 2,875 kcal de EM/kg de alimento + enzimas (T2); 3) dieta con 2,850 kcal de EM/kg de alimento + enzimas (T3), y 4) dieta con 2,825 kcal de EM/kg de alimento + enzimas (T4) (Cuadro 3); todas las dietas fueron isoproteicas. Se tomó como base 2900 kcal de EM/kg en la dieta testigo, como lo sugiere el NRC ³³ (Cuadro 4).

Las enzimas (Rovabio™ de Adisseo) que se utilizaron en este experimento contenían xilanasas y β -glucanasas provenientes del microorganismo *Penicillium funiculosum*, a una dosis de 50 g por tonelada. Las enzimas utilizadas contenían una actividad mínima de:

a) Endo-1,4- β -xilanasas: 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 cromóforo, correspondiente a una absorbancia de 1.23 unidades a 590 nm.

b) Endo-1-3(4)- β -glucanasas: 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 cromóforo, correspondiente a una absorbancia de 0.82 unidades a 590 nm.

c) Celulasas en cantidad no definida.

Las enzimas Rovabio™ de Adisseo son termoestables a una temperatura de 85° C, por lo que pueden ser utilizadas en alimentos peletizados.

A las gallinas se les proporcionó un fotoperíodo de 16 horas luz por día. La alimentación y agua se proporcionaron *ad libitum*. Se vacunaron durante el estudio contra la enfermedad de Newcastle por vía ocular, con la cepa La Sota.

Las variables en estudio se registraron diariamente durante 9 semanas. Estas fueron: porcentaje de postura, peso del huevo, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad. Los pesajes del huevo se realizaron por réplica, utilizando una báscula electrónica marca Torrey modelo EQ-5/10 con capacidad de 5x0.001 Kg.

El pesaje del alimento proporcionado se realizó cada tercer día en la báscula electrónica, para evitar desperdicio de alimento y para que siempre lo tuvieran disponible las aves. El alimento restante se pesó semanalmente a la misma hora. El consumo se obtuvo por la diferencia entre lo servido y lo recogido durante una semana. Los bebederos se limpiaron por lo menos dos veces por semana y se realizaron revisiones diarias por si hubiera obstrucción de alguno de ellos. Se revisó diariamente la salud de las aves y su comportamiento.

4.3 Modelo Estadístico

Para el análisis de las variables en estudio se empleó el análisis de varianza multivariado (MANOVA)^{34,35} con el modelo:

$$\hat{Y}_{ij} = \hat{\mu} + \hat{T}_j + \hat{e}_{ij}$$

donde:

i = i -ésima observación.

j = j -ésima población o tratamiento.

e_{ij} = error aleatorio.

5 RESULTADOS

Los supuestos de normalidad se verificaron mediante la técnica de Kolmogorov-Smirnov y de homogeneidad de varianza. No hubo evidencia estadística de que las variables en estudio (% de postura, peso de huevo, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo) se distribuyeran diferentemente a la normal y que las variables mostraran heterogeneidad de varianza (Anexos 1,2).

El MANOVA (Cuadro 5) indicó que, en su conjunto, las variables estudiadas no mostraron diferencia estadística significativa ($P > 0.05$), utilizando como criterios tanto la tarza de Wilks como la λ de Hotelling. Los resultados promedio de las variables productivas se encuentran en el cuadro 6. La gráfica 1 muestra la curva de producción de huevo de los diferentes tratamientos a lo largo de las nueve semanas experimentales. Como puede observarse, las curvas fueron muy similares entre si. En general la producción de huevo fue de 86.3%; el peso del huevo de 55.6 g; la masa de huevo de 48.2 g; el consumo de alimento de 94.9 g/ave/día; y la conversión alimenticia de 2.04. la EM consumida promedio fue de 271.6 kcal EM/ave/día.

6 DISCUSIÓN.

Para el consumo de EM en kcal/ave/día de las aves en promedio la literatura sugiere que este sea de 255 a 265 kcal/ave/día³⁶. El consumo de EM en las gallinas en experimentación tuvo una variación de 269 a 274 kcal/ave/día (Cuadro 6) valores similares a los recomendados para la línea genética Hy-Line W36 en esta etapa³⁶.

El consumo de alimento fue similar entre los cuatro tratamientos. Esto puede explicarse en función de que la complementación con enzimas libera una mayor cantidad de EM de las dietas y por esta razón el consumo fue similar entre los tratamientos, a pesar de que las concentraciones de energía fueron diferentes.

Los resultados expuestos en el presente estudio no concuerdan con lo encontrado por Oloffs et al.²³, quienes indican que la adición de enzimas mejoró las variables productivas estadísticamente ($P < 0.05$). Los autores mostraron un incremento de energía en la dieta por la complementación de enzimas. En otro estudio, Oloffs et al.²⁴ utilizaron dietas basadas en trigo y encontraron mayor masa de huevo ($P < 0.05$), pero no en las otras variables productivas analizadas.

Estudios realizados por Rodrigues et al.³⁰ corroboran los resultados aquí expuestos, ya que ellos encontraron

diferencia estadística en las variables productivas al suplementar con un producto multienzimático en dietas bajas en energía.

En estudios recientes Fuente et al.³⁷ encontraron que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos (2700, 2800, 2900 y 3000 kcal EM/kg) sobre el comportamiento productivo, pero sí encontraron diferencias ($P < 0.05$) en el consumo de alimento. Fuente et al.³⁷ indica también que las dietas más altas en EM son más costosas, aún cuando se obtiene un mayor tamaño de huevo y masa de huevo, pero la complementación es costeable por las ganancias obtenidas, ya que el costo final de producción es más bajo. Los resultados encontrados en el presente estudio mostraron que no hubo diferencias en el tamaño del huevo ni en la masa de huevo, lo que señala posiblemente que las gallinas obtuvieron el faltante de energía a partir de los nutrimentos secuestrados o limitados por los PNAV.

6 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo y bajo las condiciones empleadas, se concluye que la complementación con enzimas xilanasas, β -glucanasas y celulasas:

1. Permite reducir hasta 75 kcal de EM/kg de alimento en dietas sorgo + soya + alfalfa para gallinas de postura sin afectar las variables productivas.

7 REFERENCIAS.

1. Centro de Estadística Agropecuaria. Situación actual y perspectiva del huevo para plato en México 1990-2000. México (DF):SAGARPA,2001.
2. Dirección de Estudios Económicos. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2000-2001. Unión Nacional de Avicultores. México (DF):UNA,2001.
3. UNA: unión nacional avícola . [serial online] 2001 Agosto [citada 2002 sep 5]; (1): [24 screens]. Disponible en: URL: <http://www.una.com.mx/una/display.php?section=2>
4. De Blas C, González MG. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. España: Mundi-Prensa. 1991:145-159.
5. Leeson S, Summers JD. Commercial poultry nutrition. 2ª Ed. Ontario: University Books, 1997.
6. Bühler M. Las Enzimas en la nutrición animal. Alemania: AWT, 1998.
7. Gasque GR, Ávila TS, Blanco MA. Enciclopedia temática pecuaria. México: UNAM-FMVZ, 1989.
8. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. Departamento de Zootecnia 1996; 1996. Chapingo. México. Universidad Autónoma Chapingo.
9. Timm JA. Química General. En: Timm JA, editor. México:

- McGraw Hill, 1993:307-322.
10. Ávila GE. Alimentación de las aves. México: Trillas, 1990.
 11. Gürtler H, Ketz HA, Kolb E, Schröder L, Seidel H. Fisiología veterinaria. Vol 1. Zaragoza: Acribia, 1987.
 12. Sturkie PD. Avian physiology. En: Duke GE, editor. Alimentary canal: anatomy, regulation of feeding, and motility. 4° Ed. New York: Springer-Verlag, 1986:269-288.
 13. Getty R. Anatomía de los animales domésticos. En: Mc Lelland J, editor. Sistema digestivo de las aves. Tomo II. 5° ed. Barcelona: Salvat, 1982:2035-2063.
 14. Klasing KC. Comparative avian nutrition. USA: CAB International, 1998.
 15. D'Mello JPF. Farm animal metabolism and nutrition. USA: CAB International, 2000:405-426.
 16. Blum JC. Alimentación de los animales monogástricos. En: Blum JC, editor. Consumo. Necesidades. Recomendaciones prácticas. Valor energético de los alimentos. Madrid: Mundi-Prensa, 1985: 23-35.
 17. Craig LW. Empleo de enzimas para gallinas ponedoras. Industria Avícola. 2000; (32-34):Febrero.
 18. Crampton EW, Harris LE. Nutrición animal aplicada. 2°

Ed. España: Acribia. 1979.

19. Geraert PA. NSP-enzymes for poultry: for more flexibility and profitability. France: Rhône-Poulenc Animal Nutrition, 1996.
20. Ricky Schroeder. Ingredient definitions committee report [serial online] 2001 Agosto [citada 2002 sep 5]; (1): [24 screens]. Disponible en: URL: <http://216.239.51.100/search?q=cache:EQ4vwjvvcEEC:www.aafc.org/idc.pdf+penicillium+funiculosum&hl=es&ie=UTF-8>
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 that xylanase and β -glucanase used alone or in combination. Submitted to Journal of Agriculture and Food Chemistry 2002;102-117.
22. Geraert PA. Novel approaches to poultry and swine diet formulation using NSP-enzymes. Western Nutrition Conference. Canada. 1999.
23. Oloffs VK, Samli E, Jeroch H. Investigations of the influence of a xylanase-containing enzyme preparation on precaecal and faecal digestibility as well as metabolizable energy of laying hens fed on wheat-rich rations. J Anim Physiol Anim Nutri 2000;84:125-135.

24. Oloffs VK, Samli E, Jeroch H. Investigations on the influence of xylanase supplement in wheat-based, energy-graded diets on the performance of laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2000;84:21-28.
25. 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.
26. Von Engelhardt W, Bartels J, Kirschberger S, Meyer DHD, Busche R. Role of short-chain fatty acids in the hind gut. *The Veterinary Quarterly* 1998;20:S52-S59.
27. Malathi V, Devegowda G. *In vitro* evaluation of nonstarch polysaccharides digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poultry Sci* 2001;80:302-305.
28. Austin SC, Wiseman J, Chesson A. Influence of non-starch polysaccharides structure on the metabolizable energy of U.K. wheat fed to poultry. *J Cereal Sci* 1999;29:77-88.
29. Rodrigues FE, Freire FM, Barreto EG. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho/farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. *Rev Bras Zootec* 2000;29:1103-1109.
30. Bedford MR. Exogenous enzymes in monogastric nutrition-

their current value and future benefits. Anim Feed Sci Technology 2000;86:1-13.

31. García ME. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Copen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. México (DF), México. Ed-Talleres Offset Larios. 1998.
32. Quintana JA. Avitecnia. 3° ed. México: Trillas, 1999.
33. NRC. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington, DC, USA: National academy press; 1994
34. Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. Multivariate data analysis. En: Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC, editores. Multivariate analysis of variance. 4° Ed. New Jersey: Prince Hall, 1995:256-325.
35. Morrison DF. Multivariate statistical methods. 2° Ed. New York: McGraw Hill, 1976:170-229.
36. Hy-Line variedad W-36. Guía de manejo 2000-2001. Hy-Line International. E.U. (Iowa): 2001.
37. Fuente MB, González ER, Ávila GE. Comportamiento productivo de aves de postura ligeras alimentadas con dietas con diferente concentración energética. Memorias de la XXIII Convención Anual ANECA; 1998 Mayo 6-9; Puerto Vallarta (Jalisco) México. México (DF) ANECA, 1998:60-63.

CUADRO 1. CONTENIDO EN % DE POLISACÁRIDOS NO AMILÁCEOS DE ALGUNOS INGREDIENTES ⁵.

INGREDIENTE	CELULOSA	ARABINOXILANOS	PECTINA	β-GLUCANOS
MAÍZ*	2.5	5.0	0.1	-
TRIGO	2.5	6.0	0.1	1.0
CEBADA	4.8	7.0	0.2	4.0-5.0
PASTA DE SOYA	5.0 ¹	0.5	12.0	-

¹ Depende de la cascarilla que contenga.

*El sorgo contiene los factores en cantidades similares al maíz.

CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE ALGUNOS POLISACARIDOS EN EL MAÍZ Y SORGO ⁶.

INGREDIENTE	FIBRA BRUTA	β-GLUCANOS	PENTOSANOS	PNAV TOTALES
MAÍZ	19-30	1-2	40-43	55-117
SORGO	25	7	45	55-110

Datos en g/kg de materia seca.

Cuadro 3. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EMPLEADAS EN GALLINAS DE POSTURA DURANTE 63 DÍAS.

INGREDIENTE	T1	T2	T3	T4
SORGO (9%)	643.710	649.460	655.270	661.070
PASTA DE SOYA (48%)	185.250	184.170	183.090	182.020
CARBONATO DE CALCIO	88.220	88.220	88.230	88.240
ACEITE VEGETAL	32.040	27.330	22.620	17.910
ALFALFA (17%)	30.000	30.000	30.000	30.000
FOSFATO DE CALCIO	12.430	12.420	12.400	12.380
SAL	3.830	3.830	3.830	3.830
DL-METIONINA	1.570	1.570	1.570	1.570
AVELUT AMARILLO	1.000	1.000	1.000	1.000
AVIRED	0.500	0.500	0.500	0.500
CLORURO DE COLINA 60%	0.500	0.500	0.500	0.500
PREMEZCLA DE MINERALES	0.500	0.500	0.500	0.500
PREMEZCLA DE VITAMINAS	0.250	0.250	0.250	0.250
ANTIOXIDANTE	0.100	0.100	0.100	0.100
BACITRACINA ZINC	0.100	0.100	0.100	0.100
ENZIMAS	0.000	0.050	0.050	0.050
TOTAL kg	1,000	1,000	1,000	1,000

T1: 2900 kcal de energía metabolizable (EM)/kg de alimento.
 T2: 2875 kcal de EM/kg de alimento + enzimas. T3: 2850 kcal de EM/kg de alimento + enzimas. T4: 2825 kcal de EM/kg de alimento + enzimas.

CUADRO 4. ANÁLISIS CALCULADO DE DIETAS UTILIZADAS.

	T1	T2	T3	T4
PROTEÍNA CRUDA%	15.00	15.00	15.00	15.00
EM (kcal/kg)	2,900	2,875	2,850	2,825
LISINA %	0.600	0.598	0.597	0.595
METIONINA %	0.405	0.404	0.404	0.403
MET + CIST %	0.536	0.536	0.535	0.535
CALCIO TOTAL %	3.750	3.750	3.750	3.750
FOSFORO DISPONIBLE %	0.350	0.350	0.350	0.350

T1: 2900 kcal de energía metabolizable (EM) EM/kg de alimento.
 T2: 2875 kcal de EM/kg de alimento + enzimas. T3: 2850 kcal
 de EM/kg de alimento + enzimas. T4: 2825 kcal de EM/kg de
 alimento + enzimas.

CUADRO 5: ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIVARIADO (MANOVA).

	VALOR	F	P
TRAZA DE WILKS	.326	1.119	.378
LAMBDA DE HOTELLING	1.669	1.187	.330

CUADRO 6. RESULTADOS PROMEDIO DE VARIABLES PRODUCTIVAS Y
 CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA EN GALLINAS DE POSTURA DURANTE 63
 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN.

TRATAMIENTO	% DE POSTURA	PESO DEL HUEVO g	MASA DE HUEVO/ AVE/DÍA g	CONSUMO DE ALIMENTO AVE/DÍA g	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	EM CONSUMIDA kcal/día/ave
T1	84.7	55.5	47.3	93.3	2.11	271
T2	87.3	55.4	48.5	93.5	1.98	269
T3	86.1	55.9	48.3	95.6	2.04	273
T4	87.2	55.3	48.8	97.2	2.04	274

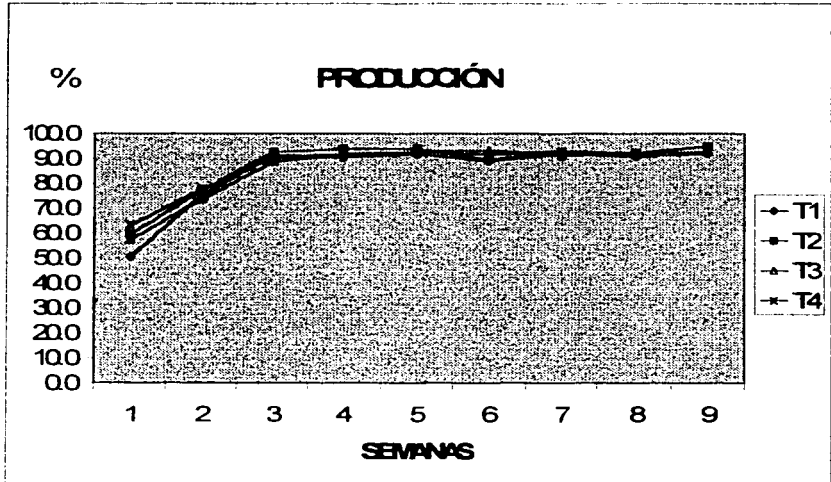
T1: 2900 kcal de energía metabolizable (EM)/kg de alimento.
 T2: 2875 kcal de EM/kg de alimento + enzimas. T3: 2850 kcal
 de EM/kg de alimento + enzimas. T4: 2825 kcal de EM/kg de
 alimento + enzimas.

ANEXO 1: NORMALIDAD POR EL METODO KOLMOGOROV-SMIRNOV

	% DE POSTURA	PESO DE HUEVO	CONVERSION ALIMENTICIA	CONSUMO AVE/DIA	MASA DE HUEVO
KOLMOGOROV-	.650	.609	.862	.445	.793
SMIRNOV Z					
P > 0.05	.793	.852	.447	.989	.556

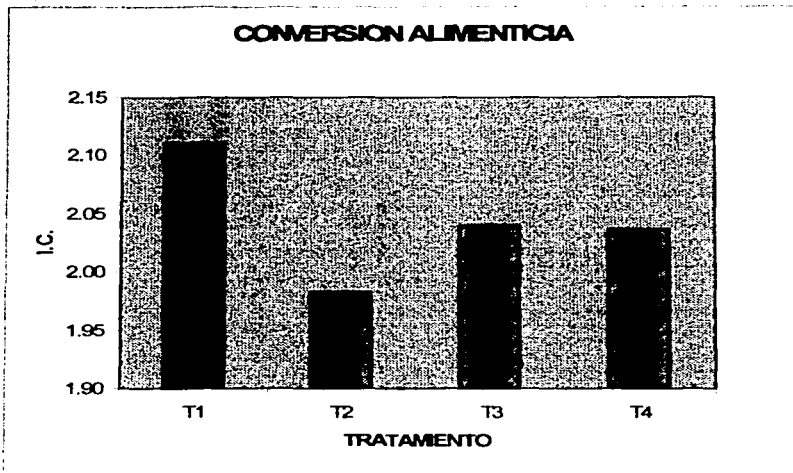
ANEXO 2: HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

VARIABLE	NIVEL ESTADISTICO	df 1	df 2	P > 0.05
% DE	1.648	3	16	.218
POSTURA				
PESO DE	.828	3	16	.498
HUEVO				
CONVERSION	1.902	3	16	.170
ALIMENTICIA				
CONSUMO	.272	3	16	.845
AVE/DIA				
MASA DE	1.668	3	16	.214
HUEVO				



GRÁFICA 1: PRODUCCIÓN PROMEDIO DE HUEVO DURANTE 63 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



GRAFICA 2: CONVERSION ALIMENTICIA EN GALLINAS ALIMENTADAS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE ENERGIA DURANTE 9 SEMANAS DE EXPERIMENTACION.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**