

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ ANTONIO NARRO “

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Por:

JOSE ALFREDO NAVARRETE BECERRA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO “
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

POR:

JOSE ALFREDO NAVARRETE BECERRA

MONOGRAFÍA

**Que se somete a la consideración del h. jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por el comité

PRESIDENTE DEL JURADO

Q. F. B. Oscar Noe Reboloso Padilla

Sinodal

Sinodal

MC. Manuel Torres H.

MC. Lorenzo Suarez G.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

ING. J. Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo del 2002

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme brindado vida y salud y permitir cruzara con satisfacción esta etapa de la vida, donde se inicia a crecer y ser grande GRACIAS.

A MIS PADRES

Francisco Navarrete Rodríguez

Sara Becerra Cruz

Por haberme dado la vida y por los grandes sacrificios que realizaron para que yo pudiera estar donde estoy ahora y brindarme amor y cariño, por sus grandes consejos para que fuera una gente de bien GRACIAS.

A MIS HERMANOS

Cristina

Maria

Leticia

Berta

Francisco

Jorge

Marco

Albino

Jazmín

Por estar con migo y haberme apoyado en los momentos más difíciles de mi vida y brindarme su cariño, ternura, amistad y apoyo incondicional gracias.

A MI ABUELA

Soledad Cruz (+)

Por todo su apoyo y consejos, ya que por ella logre reforzar mi actitud para salir de los problemas trabajando duro y no buscar el camino fácil como las drogas y el alcohol.

A MIS AMIGOS

A todos los compañeros y amigos que estuvieron ligados con mi formación profesional y a los que me acompañaron desde la primaria asta el momento. Ya que de alguna manera ellos son responsables de mi formación de una u otra forma.

A los compañeros de cuarto: Carlos, Omar, Juan José, Fco. Avila, Núñez, Neiser etc. por brindarme su amistad y compañía durante el transcurso de mi carrera.

A MI “ALMA MATER”

Por darme cobija y sustento y cobijarme en su regazo durante mi estancia en esta gran institución y por brindarme la oportunidad de ser mejor en la vida llenándome de orgullo y satisfacción.

AGRADECIMIENTOS

Al Q. F. B. Oscar Noe Reboloso Padilla por su valiosa participación y apoyo para que culminara este trabajo monográfico gracias.

Al MC. Manuel Torres H. Por su valiosa participación para llevar acabo este trabajo gracias.

Al MC: Lorenzo Suárez G. Por si gran participación para que esta monografía se llevara acabo.

A todos los maestros de primaria, secundaria, bachillerato y universidad que me acompañaron e hicieron que se fortaleciera mi educación a todos ellos gracias por brindarme un poco de sus conocimientos y experiencias gracias.

A todos los compañeros de generación. Carlos Pérez, por brindarme su amistad desde la primaria hasta ahora gracias, Fco. Ávila, Victoriano A. Ocampo A., Alirosay Escovar López, Octavio Martines, Ricardo Ramos Vaca, Gabriel García Ponce, Neisser Navarro Aceval y en general a todos los camaradas de generación ya que siempre pasamos buenos momentos por su sincera amistad muchas gracias.

A mi “ALMA MATER” por brindarme el conocimiento y sabiduría que encierra en cada rincón de su cuerpo y hacerme valorar el verdadero tesoro de la tierra como es la madre naturaleza.

INDICE

	Página
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
I Introducción.....	1
II Revisión de literatura	3
2.1 Función que desempeñan las enzimas	3
III Suplementación enzimática en rumiantes	4
4 En bovinos de carne	
5 .1.1 Empleo de enzimas fibrolíticas exógenas.....	
3.1.2 Enzimas proteolíticas.....	7
3.2 En bovinos lecheros	9
3.2.1 Uso de enzimas fibrolíticas	9
10 2.2 Uso de enzimas celulolíticas.....	
n ovinos	
IV Empleo de enzimas en la suplementación (dietas) de monogástricos	16
4.1 En cerdos	16
4.1.1 Uso de enzimas proteolíticas	18
4.1.2 Uso de fitasa en la dieta de los cerdos.....	19
4.1.3 Empleo de Beta-glucanasas	22
5.2 En peces	
5.1.1 Fitasas en la alimentación de peces	
5.2 Empleo de enzimas en la alimentación del camarón	
5.1.1 Fitasas en la alimentación de peces	
5.2 En peces	
5.1.1 Fitasas en la alimentación de peces	

4.2	En aves	23
4.2.1.	Uso de fitasa	25
4.2.2.	Empleo de enzimas comerciales	28
4.2.3.	Uso de Beta-glucanasas en la dieta de las aves	30
V	Otras especies	31
5.1	En acuicultura en México.....	31
5.2	Fitasas en la alimentación de peces	32
5.3	Empleo de enzimas en la alimentación del camarón	33
VI	Resumen	36
VII	Literatura citada	38

I. INTRODUCCION

En los últimos años, el incremento de la población urbana y suburbana ha ocasionado que la demanda de productos de origen animal se eleve considerablemente, provocando con ello un desequilibrio de producción dentro del mercado nacional. Con este proceso de cambios los productores de explotaciones pecuarias se ven en la necesidad de buscar alternativas de solución para cubrir la demanda de productos de origen animal, sin elevar demasiado los costos de producción.

Estas características están directamente relacionadas con la capacidad y habilidad digestiva de los animales, tanto en monogástricos como en rumiantes. El reto de los productores para alcanzar de manera mas eficiente este propósito es logrando una mayor eficiencia digestiva de los animales, buscando alternativas de solución con el afán de incrementar la eficiencia productiva de sus animales, a través de mejorar y efficientisar la mejora continua de la ingesta de los alimentos consumidos por el animal.

El uso de enzimas como un aditivo en nutrición animal se ha extendido rápidamente en los últimos 10 años generando grandes beneficios en cuanto a productividad se refiere, aunque la aplicación de tecnología de la enzimas es nueva en el mercado para la producción de alimentos para los animales. Como resultados de los grandes avances que

se han dado en la biología utilizados en la formación de enzimas que complementan las actividades enzimáticas del organismo de los animales domésticos (Cervantes, 2000).

Considerando que la alimentación de los animales se basa en forrajes y granos, los cuales contienen altos niveles de celulosa en celulosa, hemicelulosa, B-glucanasas, pectinasas, etc., estos compuestos en su mayoría son utilizados por las especies pero de forma lenta en el caso de rumiantes, debido a los sistemas enzimáticos de los microorganismos presentes en el rumen, donde los compuestos son parcialmente utilizados, pero en el caso de monogástricos no tienen sistemas enzimáticos para la degradación de estos compuestos o son demasiado jóvenes y el sistema enzimático no está del todo desarrollado, de tal manera que las pocas enzimas que el organismo produce no ayudan a generar una mayor digestibilidad del alimento ofrecido.

II. REVISION DE LITERATURA

Las enzimas son compuestos orgánicos de origen proteico que actúan como catalizadores biológicos de los procesos digestivos y metabólicos del organismo, incluyendo las reacciones de síntesis y digestión–degradación que ocurren en el intestino y rumen del animal, teniendo las enzimas la función del motor que mueve la actividad en todas las células del organismo, y en consecuencia controlando las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de los animales (Cotta, 1998).

2.1 Funciones que desempeñan las enzimas

- Funciones de metabolismo endógeno, es decir la degradación de sustancias del propio organismo
- Síntesis de óxido nítrico gaseoso simple, usado entre otras funciones como toxina–antipatogeno
- Son un fuerte mecanismo de defensa ante el ataque de alcaloides tóxicos de plantas
- Eliminación de sustancias exógenas que no son sintetizadas en el propio organismo
- Liberación del fósforo encapsulado por el ácido fítico
- Mejora la digestibilidad de proteínas no aprovechables en los alimentos

- Acelera reacciones químicas que al animal le llevaría demasiado tiempo para realizarlas
- Las enzimas aceleran la ruptura de las moléculas grandes en moléculas mas pequeñas, las cuales son absorbidas a través de las membrana del intestino para ser utilizadas en funciones de crecimiento y engorde
- La digestión es una reacción química en la cual diferentes enzimas se unen a la molécula de alimento de alto peso molecular (substrato) para formar compuestos enzimáticos y de esta manera actuar para producir energía

Las enzimas son producidas de forma natural por el organismo en los seres vivos por lo que solo se tiene un interés específico en la utilización de enzimas exógenas que el organismo no segregue o que lo haga en pocas cantidades, como tal es el caso de celulasa, fitasa, B-glucanasas, etc. Siendo el propósito general de estas el mejorar la digestibilidad de los componentes poco o nada digestibles (Shugart 1996).

III. Suplementación enzimática en rumiantes

3.1. En bovinos de carne

Recientemente el uso de las enzimas como aditivos en la alimentación de los bovinos, como el caso de las enzimas microbianas celulolíticas y hemicelulolíticas exógenas para incrementar la digestibilidad de la fibra en diversos forrajes para bovinos, han arrojado muy buenos resultados mejorando la

digestibilidad de la fibra explotando de una manera más eficiente la energía de los pastos y con esto bajando los costos de las dietas de los animales, mejorando considerablemente la digestibilidad de un 85 % a un 95 % del alimento consumido (Mendoza, 2000).

3.1.1. Empleo de enzimas fibrolíticas exógenas

Generalmente estas enzimas provienen de microorganismos que han sido manipulados por mutaciones a través de la ingeniería genética con la finalidad de producir enzimas capaces de llevar a cabo grandes cambios en las actividades biológicas de los organismos (Sears y Walch 1998) aunque estas han sido usadas por lo general en la industria textil, farmacéutica, productora de vino, cervecería, etc.

En estudios realizados por Sosa y Cruz (2001) con enzimas celulolíticas en zonas tropicales, donde se emplearon 30 toretes distribuidos al azar en tres tratamientos; T1= Control pastoreo en *Bradliaria Humidícola* + sal mineral (C), T2= C + 0.33% del peso vivo de concentrado y T3= C + 0.33 % de peso vivo de concentrado + enzimas celulolíticas, esto con la finalidad de medir la respuesta en ganancia de peso.

Los resultados obtenidos en la investigación indican que los animales tratados con concentrado mas enzima fueron ligeramente superiores a los otros dos tratamientos superándolos a los 50 y 70 días de la prueba y desapareciendo su efecto a los 84 días de haber iniciado el tratamiento. Esto quizás debido a la preparación de la enzima (harina o líquida), fibra de los forrajes o la madurez de los animales (Beauchemin *et al.* 1995)

Un experimento realizado por Hunt, *et al.* (1995) para evaluar dos enzimas fibrolíticas Grasszyme (GZ) y Alfazyme (AZ) *in vitro* en la degradación de alfalfa en estado de floración maduro y tallos fibrosos donde fueron colocados 4 niveles de enzimas 0, 2, 4, 6 ml/ kg. de materia seca de GZ y AZ en el rumen inocuo e incrementando los niveles de fibra detergente neutro (FDN) del rumen. Encontrando que los niveles de fibra no digerible con la enzima GZ era la que tenía mayor resultado en los 4 niveles de enzimas, mientras que los tratados con AZ solo mostraron resultados en los niveles altos de la adición de enzimas incrementando la materia seca en 38 % y FDN en 4.5 % de esta manera se indica que las enzimas fibrolíticas tienen gran potencial en mejorar la digestibilidad del forraje aplicando las enzimas directamente al forraje.

Otro experimento *in vitro* que ha mostrado efecto benéfico en la digestión del forraje con una enzima comercial (Fibrozyme) extracto de enzimas fibrolíticas de *Aspergillus niger* y *Trichoderma viridi* donde se incubaron enzima Fibrocyme con una gramínea de clima templado encontrando que la adición del extracto incremento la solubilidad de la fibra en incubaciones de 15 minutos y la desaparición de la materia orgánica a las 12 horas. Las observaciones sugieren que las enzimas modifican la solubilidad de la fibra mejorando la actividad de los microorganismos.

Beauchemin *et al.* (1998) usaron como sustrato heno de alfalfa y cáscaras de semilla de algodón y asperjaron enzimas fibrolíticas al 10 % y encontraron que con

la adición de la enzima se mejoraba la desaparición de la materia orgánica *in vitro* a las 12, 24, y 36 horas mostrando un incremento de 4 a 5 % en la digestión de la FDN.

En otros estudios realizados por Beauchemin *et al.* (1995) usando como sustrato heno de alfalfa y pasto bromo, obtienen resultados *in vivo* que muestran un aumento en la digestión de la FDN de 2.3 unidades porcentuales. La digestibilidad de la materia fibrosa incrementa al adicionar enzimas al alimento previo a ofrecerlo al animal.

3.1.2. Enzimas proteolíticas

Experimentos realizados mayormente con la preparación de bases de proteasas y amilasas, adicionadas directamente al alimento del animal, tienen incrementos en el rumen y en la digestión del tracto digestivo de la materia orgánica y fibra detergente neutro. Estos estudios son basados en la hipótesis que indica que la digestibilidad de la fibra incrementa al aplicar la enzima antes del consumo, la degradación de los polisacáridos por la enzima podrían aumentar la digestión de la fibra (Lewis, *et al.*, 1996).

Hristov *et al.* (1998) al suplementar dos preparaciones de proteasas las cuales actúan como degradadores de polisacáridos en los complejos enzimáticos (EPDE), estudio *in vivo* donde se usaron 4 cánulas duodenales y ruminales a vaquillas dando 47.0 g/d de enzimas fibrolíticas al alimento asperjadas antes de ser ofrecidas, encontraron que las enzimas solo trabajan correctamente en niveles de pH bajos, incrementando el nivel de amoníaco en el rumen, en tanto que la carboximetilcelulasa y las xilanasas no

son afectadas en sus actividades por los tratamientos, solo existiendo una baja digestión. Los EPDE son inactivados a pH altos de la digestión del abomaso. Los resultados indican que las xilanasas exógenas son relativamente resistentes a la actividad del rumen, pero los incrementos de EPDE no tienen efectos benéficos en los nutrientes de la ración.

En una investigación realizada por Krause, *et al.* (1998) utilizando raciones basadas en silo de cebada y paja de cebada, donde la proporción forraje concentrado fue de 5 % y 95 % respectivamente usando 4 dietas donde; T1= Concentrado y ensilado de cebada, T2= Concentrado y paja de cebada, T3= Concentrado + enzimas y ensilado de cebada; T4= concentrado + enzimas y paja de cebada, donde la enzima contiene activadores de celulasas y xilanasas con el propósito de observar el comportamiento de la fibra detergente neutro y fibra detergente ácida. Los resultados arrojados por este estudio indican que las concentraciones de la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) bajaban en 1.8 unidades porcentuales y 2.1 unidades porcentuales respectivamente para el tratamiento T3 y el T4 con la aplicación de la mezcla de enzimas; en cuanto al contenido de materia orgánica, es relativamente poco pero significativo, quedando un ahorro del concentrado de maíz el cual va a ser suplido por el grano de cebada más barato en el mercado que el concentrado de maíz.

Aunque al aplicar concentraciones de concentrado y suplementando enzimas fibrolíticas, se logró una buena digestibilidad de los alimentos ofrecidos.

3.2. En bovinos lecheros

La composición, digestión, absorción y mejoramiento de la eficiencia metabólica de los diferentes ingredientes de la dieta son los factores de mayor importancia que contribuyen al desempeño productivo de los bovinos lecheros, los cuales dependen de las fuentes energéticas y proteicas para su mejor desempeño. El forraje es el alimento que más consume el ganado productor de leche y es el más barato dentro de la tabla de alimentos, desafortunadamente este no es aprovechado al 100 % por las vacas.

El empleo de enzimas ayuda a mejorar el potencial de granos y forrajes ya que tienen la habilidad de hidrolizar los alimentos en el rumen, generando así una extra energética, la cual es utilizada en la producción láctea (Basurto, 2001).

3.2.1 Uso de enzimas fibrolíticas

El grupo de Stoker y Zheng (1995) citado por Basurto (2001), utilizaron dietas con un 55% de forraje y 45 % de ensilado de heno, 55 % de heno de alfalfa y 45 % de concentrado en base a materia seca ofrecido a libre acceso al animal, adicionando a un tratamiento una enzima fibrolítica por 16 semanas, encontraron que hubo un incremento en el consumo de materia seca del 12 % y una mayor producción de leche en casi un 14.8 %, además se observó que los animales tratados con enzima mantuvieron mejor condición física.

Dawson y Tricarico (1999) utilizaron Fibrozyme en un experimento realizado con un 60 % de forraje y 40 % de emplearon 1 gr/kg de alimento concentrado donde observaron un incremento en la producción de leche 0.28 a 2.8 kg/día, lo cual asociaron a un mayor consumo de materia seca y a su vez de nutrientes digestibles.

Hui, *et al.* (1997) emplearon 30 vacas de pariciones similares al inicio de la fecha de lactación y similares en producción de leche, formando dos grupos casi homogéneos (testigo y prueba); las vacas fueron alimentadas normalmente con el mismo alimento (testigo y prueba) a la prueba se le suplenemtó con celulasas en proporción de 50 gr/vaca/día durante 68 días. Encontraron que el rendimiento de la producción de leche, en promedio del hato, se incremento en un 6.33 %, más alto que antes de la prueba y 6.17 % más alto que para el testigo. El porcentaje de la grasa en la leche y densidad no sufrieron cambio alguno, solo se incrementó la producción láctea con el empleo de la celulasa.

3.2.2 Uso de enzimas celulolíticas

Schingoethe *et al.* (1999) usaron una mezcla de celulasas y xilanasas donde emplearon una proporción de 450 y 600 unidades porcentuales por kilogramo de alimento. Encontraron un incremento en la producción de leche de 3.6 a 10.8 % con una proporción forraje:concentrado de 55:45 la cual después de emplear la enzima fue modificada a una proporción 45:55 forraje:concentrado; los resultados indicaron que con el uso de enzimas es posible reducir la cantidad de granos en la ración. Esto al

aprovechar una mayor cantidad de energía, la cual es proporcionada por la fracción de la fibra potencialmente digestible en el rumen con beneficios económicos para el productor.

Sánchez (1996) utiliza un suplemento enzimático que fue aplicado por spray directo a la ración antes de ser proporcionado al animal, basada en alfalfa en vacas Holstein a inicio de lactancia. Tras un periodo de adaptación de dos semanas, encontró que existían diferencias significativas en el incremento de ingestión de sustancia seca con respecto a la ración control, la producción de leche se incrementó significativamente, con respecto al testigo.

Lewis *et al.* (1995) aplicaron enzimas fibrolíticas durante el ensilado de los forrajes, observando que agregando la enzima al alimento, previo a ser ofrecido al animal se incrementa la proporción de materia seca, materia digestible, fibra detergente neutro. Las enzimas fueron agregadas al forraje en el ensilado y ofrecido a vacas Holstein en los primeros inicios de la lactación, las enzimas contenían proporciones de xilanasas y celulasas (Cornzyme); el alimento ofrecido fue el mismo, lo que cambió en las raciones fue el aumento de la cantidad de enzima fibrolítica de 400 ml/kg. a 1065 ml/kg. de alimento. Se midió el rendimiento de la leche y la digestibilidad de la fibra. Encontrando como respuesta que las vacas que fueron alimentadas con altos niveles de enzimas producían mayor cantidad de leche y tenían una mayor digestibilidad de los forrajes ofrecidos; además las vacas a las que se les adicionó la enzima y mantuvieron su condición corporal en el pico de lactancia, superior a las vacas que no recibieron enzimas o con poca proporción de estas.

Existen muchas investigaciones donde se han empleado enzimas y estoas no han tenido gran éxito ya que en la mayoría de las investigaciones los resultados no son significativos, lo cual es atribuido a muchos factores relacionados con el sustrato de la enzima, pH del rumen por mencionar algunos donde las condiciones de acidez limitan la actividad de las enzimas o quizás a que los cambios son poco relevantes por la cantidad de la fibra de la ración.

Sheperd (1996) condujo dos ensayos, empleando un producto enzimático comercial con actividad celulasa y hemicelulosa en proporción de 200, 250, 300 y 500 unidades porcentuales por kilogramo de alimento con la finalidad de observar el efecto de los niveles de enzimas, previo al ensilaje del forraje de maíz. Observó que la adición de la enzima no tuvo efecto significativo, a la vez que decrecía linealmente el contenido de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) y hemicelulosa a medida que se incrementaba la dosis.

3.3. En ovinos

Los forrajes son una fuente de energía abundante y barata para el consumo de cualquier especie herbívora, sus principales componentes celulosa y hemicelulosa pueden ser degradadas fácilmente por enzimas fibrolíticas de los microorganismos ruminales. La suplementación enzimática en dietas de ovinos se hace con la finalidad de mejorar la digestión de la fibra que aportan los forrajes (Feng *et al.*,1996).

Yescas et al. (2001) trabajaron con 4 borregos con una cánula ruminal y emplearon enzimas fibrolíticas (Fibrozyme) adicionadas a dos dietas una de 35 % de rastrojo de maíz y otra con paja de avena y un 65 % de concentrado. Las variables a determinar fueron materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) tomando muestras por cada 12 horas, solo encontraron resultados en la FDN, la cual solo incremento en un 1% aunque de poca relevancia, esto quizás debido a la cantidad de enzimas o a que los alimentos toscos requieren de mayor tiempo de contacto con el sustrato para manifestar su actividad fibrolítica.

Meneses (2001) utilizó una mezcla de enzimas fibrolíticas adicionada con enzimas amilolíticas, en cuatro tratamientos, para ver si es efectiva la enzima fibrolítica en raciones con altos niveles de concentrado y bajos niveles de forraje donde; 1). Testigo 35 % de rastrojo de maíz y 65 % de concentrado 2). Sorgo 65 % + enzima amilolítica, 3). Rastrojo de maíz en 35 % + enzima fibrolítica, 4). Sorgo 65 % más enzimas amilolíticas y 35 % de rastrojo más enzima fibrolítica. Los resultados indican que el tratamiento 3 fue el mas efectivo con respecto al resto de los tratamientos lo que sugiere que las enzimas fibrolíticas mejoran la digestibilidad *in situ* del almidón del sorgo, mostrando diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$).

Ventajas y desventajas del empleo de enzimas en rumiantes

Ventajas

- Se mejora la digestibilidad de la fibra
- Incrementan la digestión de forrajes tropicales
- Alternativa para incrementar la producción y reducir los costos en la alimentación
- Mejora el aporte de energía de los sustratos fibrosos
- Se puede incrementar la digestibilidad de la fibra permitiendo una mayor actividad de los microorganismos ruminales
- Aumenta la digestión de la fibra detergente neutro
- Se aprovechan mejor los forrajes de origen fibroso
- Mayor incremento de granos en concentrados al permitir una mayor digestibilidad del almidón
- Se incrementa el aprovechamiento de energía de granos y forrajes
- Aceleran químicamente las reacciones metabólicas del organismo
- Los resultados positivos de las investigaciones son una muestra clara de la efectividad de las enzimas al ser utilizadas en el alimento de los animales domésticos

Desventajas

- Los resultados negativos indican que si no se aplica de forma correcta pueden generar costos de producción superiores a los que se tenían anteriormente.
- En engordas pequeñas se complicaría el pesaje de la enzima por lo que su uso no sería del todo eficiente
- Se necesita de personal capacitado para tomar decisiones en cuanto a cantidades que se emplean en las dietas
- Algunos de los resultados indican que las enzimas exógenas no tienen justificación de ser empleadas en la alimentación animal

Con los resultados obtenidos en las investigaciones, se concluye que algunas posibles causas de que las enzimas no muestren resultados favorables pueden ser;

- El mal empleo de las enzimas o la mala aplicación de estas
- El funcionamiento correcto depende de la forma de aplicación de las enzimas en el alimento
- Las cantidades utilizadas son pequeñas y se complicaría el pesaje en cantidades de alimento pequeño (gramos)
- Es complicado conseguir enzimas específicas en el mercado
- No se asegura el contacto de la enzima con el sustrato

- En animales en pastoreo suplementados con enzimas incrementan el tono amarillo de la grasa de los animales, lo que ocasiona merma en el mercado (esto por la deposición de los carotenos provenientes de la ingesta).

IV. Empleo de enzimas en la suplementación (dietas) de monogástricos

4.1. En cerdos

El empleo de enzimas en dietas para cerdos es una técnica que ha causado un gran impacto en el mercado, pues con ello se ha logrado el abaratamiento de los costos de los alimentos compuestos y como consecuencia se mejora la producción.

El cerdo es un animal rústico que se puede alimentar tanto con granos y forrajes de calidad como de desperdicios de comida casera; sin embargo, el aparato digestivo de los cerdos no tiene la oportunidad para trabajar al 100 % en la digestión de las dietas ofrecidas y más en etapas tempranas de la vida, debido a que los lechones carecen de suficientes enzimas como para degradar los alimentos por completo. La suplementación enzimática, es una alternativa para mejorar los mecanismos de digestión de la dieta, además que en lechones no está trabajando completamente el organismo de estos por lo que en esta etapa es fundamental el empleo de enzimas con el fin de mejorar su crecimiento.

Las dietas ricas en trigo tienen un alto contenido en polisacáridos no amiláceos y arabinosilanos los cuales tienen capacidad de formar geles de elevada viscosidad y englobar otros nutrientes disminuyendo su coeficiente de digestibilidad ya que los cerdos carecen de enzimas apropiadas para hidrolizarlos.

La cebada es una alternativa de alimentación más barata que el maíz y el trigo, debido a que el maíz es un grano básico el cual es empleado mayormente en la como alimento para el hombre, con un costo superior al de la cebada, resultando de interés económico para el productor. Con el empleo de cebada y enzimas se incrementa el nivel de energía hasta en un 10 % pues la enzima evita que se formen geles de viscosidad en las dietas y el grano de cebada aporte mayor cantidad de energía que el grano de maíz (Lyngs, 1999).

El suplemento enzimático rompe la pared celular permitiendo que las enzimas endógenas del cerdo hidrolicen el contenido celular resultando una mejora digestiva, las enzimas responsables de la digestión del alimento se clasifican por su especificidad en (proteasas, peptidasas, carbohidrasas, y lipasas); producidas en su mayoría en el páncreas y pared intestinal (Gray, 1990) la producción y la actividad catalítica de las enzimas, depende de varios factores entre los que destacan la edad del animal, la composición de la dieta, el contenido de factores antinutricionales y el procesamiento de los ingredientes además de otras características internas en el animal como concentración del sustrato, temperatura y el pH del medio, la concentración de sustratos y

el pH es variable y depende del tipo y cantidad de alimento consumido(Williams *et al.*, 1989).

4.1.1 Uso de enzimas proteolíticas

Existe poca información relacionada con este concepto y los resultados arrojados en algunos experimentos no son consistentes por, esto el empleo de las enzimas en dietas de cerdos es relativamente poco profundizado.

En una prueba de digestión, la digestibilidad de aminoácidos se incrementó con la adición de una proteasa fungal, sin embargo, la adición de la enzima a dietas con base en sorgo, trigo, no hubo efecto significativo sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia (Cervantes *et al.*, 1999).

En una investigación llevada a cabo por Rodríguez *et al.* (2000) con la finalidad de determinar el nivel óptimo de hojuelas de avena en la dieta y evaluar el efecto de la adición del complejo enzimático Allzyme vegpro para cerdos en crecimiento y finalización sobre el comportamiento productivo y las características de la canal. Se alimentó con 0, 15, 30 y 45 % de hojuelas de avena en la dieta con y sin el compuesto enzimático a base de celulasas y proteasas. El resultado indica que al aumentar los niveles de hojuelas de avena en la dieta se incrementa la conversión alimenticia de los animales hasta en un 6 %, mientras que el compuesto enzimático no tuvo efecto significativo sobre el comportamiento de la engorda ($P < 0.05$), pero sí mejoró el rendimiento de la canal en los cerdos con un incremento significativo en la grasa dorsal de los animales.

4.1.2 Uso de fitasa en la dieta de cerdos

El fósforo es un elemento esencial para el crecimiento, desarrollo y reproducción de los animales, este actúa en toda reacción química directa o indirecta de las células del organismo, además de formar parte en la generación de energía, formación de huesos, formación del material genético heredado de una célula a otra, formación de músculo a través de la síntesis de proteína, síntesis de grasa, etc. Por lo que todos los animales deben de consumir cantidades adecuadas de este material elemental para todo el desarrollo de la vida. (Balderas,1997)

El fósforo contenido en los ingredientes (soya y cereales) se encuentra principalmente en forma de fitato. Aunque es muy abundante, su disponibilidad es muy baja debido a que el animal no produce ninguna enzima que rompa los enlaces P-fitato, el P disponible es apenas 10 a 15 % en maíz y sorgo, 25 a 30 % en pasta de soya y 50 % en trigo (Cromwell, 1991) al mezclarse el fósforo con otros minerales esenciales como Ca, Zn, Mg, Fe, forma quelados, disminuyendo la disponibilidad de nutrientes en la ración.

La fitasa representa una nueva e importante alternativa para eficientizar la producción animal, reducir costos de producción y evitar los problemas de contaminación ambiental debido a las actividades pecuarias.

La fitasa es una enzima producida por fermentación a partir de una cepa modificada de *Aspergillus Niger*, la cual actúa sobre los fitatos presentes en los ingredientes vegetales liberando los nutrimentos que se encuentran unidos al complejo.

La fitasa permite reducir la utilización de fósforo inorgánico en la ración, reduciendo la expresión del P hasta un 30 % este último representa un beneficio ecológico muy importante para el medio ambiente, ya que el P es el principal elemento contaminante de las excretas animales.

Una enzima exógena como la fitasa, hidroliza la molécula de fitato liberando el fósforo ligado a ella e incrementando la digestibilidad del mismo. Algunos estudios muestran cambios benéficos en cuanto a la aplicación de fitasa adicionada al alimento, incrementando la concentración de P en plasma y una reducción en la excreción en heces y orina (Lei et al., 1993).

Chiang *et al.* (1997) en un experimento donde utilizaron 48 cerdos cruzados Duroc X Landrace con un peso promedio de 20 Kg. distribuidos en 4 grupos se alimentaron con dietas de maíz, soya y frijol, complementando con P inorgánico a base de fosfato dicálcico empleado en un testigo con 0.50 y 0.40 % de P en el periodo de crecimiento y finalización respectivamente sin P inorgánico. Otro testigo solo que de forma negativa donde se empleó 0.34 y 0.32 % P en crecimiento y finalización respectivamente. El control se complementó con 1,000 U/kg. de fitasa y 0.08 % y 0.04 % P en el crecimiento y finalización, en el primer tratamiento se observó menor estatura y huesos

más débiles de los animales, en la dieta del segundo tratamiento al agregar fitasa a la dieta del control en el cual se mejoró la digestibilidad de Ca y P, además de mejorar la fuerza del hueso y el crecimiento de cerdos. Concluyeron que la suplementación de 1000 U/kg de fitasa podría permitir la suplementación de P en la dieta.

En un estudio realizado con fitasa donde la proporción de esta contenía *Aspergillus niger* en una preparación de 490 unidades por gramo de alimento. La fitasa fue ofrecida en concentraciones de 0, 50, 100, g/100 kg. de alimento a lechones, con la finalidad de determinar su concentración óptima en la mezcla del alimento para el destete temprano de lechones. En la dieta se privó por completo de fosfato dicalcico. Se encontró que la digestibilidad del fósforo era más alta para el grupo de las fitasas que el testigo siendo el mejor nivel el proporcionado en 100g/100 kg. de alimento siendo mayor que los otros con un 6 % . De igual manera el coeficiente de digestibilidad de Ca fue más alto en este grupo que en el resto del tratamiento, se disminuyó la excreción de Ca y P en las dietas que contenían el preparado enzimático.

En un estudio llevado a cabo para comprobar si los niveles elevados de P son necesarios en la dieta de los cerdos, donde emplearon fitasas, se alimentó a los cerdos con fósforo dicálcico de acuerdo al requerimiento del animal. Se usaron 5 raciones con 1). 100 % mezcla de fosfato dicalcico, 2). Al segundo y tercer grupo se dió el 50 % de fosfato dicalcico, 3). Al cuarto y quinto grupo se dieron dietas sin fosfato y se agregaron al tercero y quinto grupo una mezcla de 1500 U/kg. de alimento.

Se encontró que la conversión del alimento se mejoró con la enzima en un 7.9 % en la ración que contenía el 50 % de fosfato dicálcico del tratamiento 2, mientras que la

ración que contenía el 0 % de fosfato dicálcico se mejoro en un 9.5 %. Se nota en el experimento que al suministrar enzimas fitasas al alimento es necesario bajar los niveles de Ca y P en las dietas ofrecidas a los cerdos jóvenes.

4.1.3 Empleo de Beta-glucanasas

Por lo general la cebada no es incluida en dietas para cerdos en crecimiento debido a que tienen un alto contenido de fibra y es pobre en energía digestible, para esto se han desarrollado cultivos de cebada sin cáscara con altos contenidos de energía digestible y se han utilizado en dietas para cerdos, las cuales contienen mayores niveles de beta-glucanos que la cebada con cáscara. Los beta-glucanos intervienen en la digestión y absorción de nutrientes, debido a su habilidad para formar coloides en el quimo (Newman, 1992).

El papel que desempeñan las beta-glucanasas dentro de las dietas de este tipo es el de contrarrestar el efecto de los beta-glucanos.

Una suplementación con beta-glucanasas de un alimento con un 32 % de cebada, mejoro la velocidad de crecimiento y el índice de conversión entre los 4 y los 15 kg. de peso vivo aplicando el 1 % de enzimas en la dieta (Rodríguez y García, 1998) así mismo estos autores indican que una combinación de alfa-amilasa, beta-glucanasas y glucoamilasa redujó la incidencia de diarreas.

En una investigación conducida por Li et al. (1996) donde evaluaron la adición de beta-glucanasas a dietas con base de cebada, para determinar la digestibilidad de energía,

proteína, y aminoácidos, encontraron que con la adición de la enzima se incrementa la digestibilidad de energía, beta-glucanos y en su mayoría los aminoácidos.

4.2. **En aves**

Como ya se dijo, la dieta es el principal elemento que influye en la producción de las aves, pues la alimentación es la clave para un funcionamiento óptimo y adecuado de las funciones de los animales.

Los ingredientes utilizados como alimento para las aves no son utilizados al 100 %, provocando un gran desperdicio de la materia prima. Esto se debe principalmente a que las aves jóvenes no tienen el aparato digestivo completamente desarrollado y por lo tanto la producción de enzimas del organismo que ayuden a la digestión de los alimentos no son suficientes para llevar a cabo la absorción de nutrientes.

El empleo de enzimas en la alimentación de las aves ayuda considerablemente a mejorar los parámetros productivos del animal, haciendo más disponibles algunos compuestos nutritivos que aporta el alimento.

Estudios realizados en esta área, sugieren que la suplementación enzimática mejora considerablemente el uso de granos, se mejora la digestibilidad del alimento, conversión alimenticia y aumento de peso. Lo que indica que el animal tiene un mejor comportamiento, disminuyendo con esto los costos de producción (Gentesse, 1994)

En aves

Méndez (1998) indica que se deben tener en cuenta algunos factores para tener un uso más adecuado de las enzimas fitasas como:

- Precio de la unidad de fósforo disponible de las fuentes minerales
- Precio de la fitasa
- Cantidad de fósforo fitico de la dieta
- Temperatura de granulación
- Tecnología precisa para aplicación líquida
- Problemas medio ambientales
- Cuantificar la posible mejora de otros nutrientes

Muchas investigaciones realizadas en aves jóvenes, la mayoría de hasta 3 semanas de edad, han mostrados resultados positivos al suplementar fitasa microbiana en proporciones que van de 250 U/kg a 600 U/kg . La fitasa microbiana tiene la capacidad de hidrolizar el fitato, lo que mejora la disponibilidad de fósforo y de otros minerales.

4.2.1 **Uso de fitasa**

Debido a que el P es un contaminante fuerte en los mantos freáticos, al reducir el nivel de éste en la dieta de los animales, se asegura que las excretas de los animales reduzcan la contaminación de los ríos y lagunas, lugares donde se depositan los desperdicios orgánicos de las granjas, mejorando la calidad del medio ambiente (Touchburn et al. 1999).

Zobac et al. (1997) experimentaron con una preparación de fitasa en proporciones de 490 U/gr, del género *Aspergillus Níger*, la cual fue empleada en un análisis comparativo en 240 pollos de 1 a 21 y 22 a 42 días de edad respectivamente, los cuales fueron alimentados en proporciones de 0 a 150 g/cada 100 kilogramos de alimento. Las variables medidas fueron ganancia de peso del animal y eficacia de la utilización del alimento. Concluyen que los niveles óptimos de la preparación de enzima fitasa es de 118 y 160 g/cada 100 kg. de alimento del primero hasta los 22 días de edad, esto en las dietas donde se manejaron altos niveles de enzimas, de los 22 a los 42 días de edad los pollos no se observaron resultados significativos ($P < 0.05$).

En un experimento llevado a cabo por Rutkowski (1997) con la finalidad de determinar la posibilidad de disminuir la cantidad de fosfatos dentro de la fibra en dietas para pollos de engorda alimentados con maíz, soya y fitasa. Colocaron los pollos en 10 grupos de 46 pollos por grupo, los cuales se alimentaron por 6 semanas con las dietas siguientes; molido de maíz, soya y frijol (MSBM) + 0.77 % P total, las dietas 2, 3, y 4 contenían MSBM + 0.58 % P y fitasa y 750 U/kg. respectivamente mientras que la dieta 5 contenía 0.85 % P, las dietas 6, 7 y 8 contenían 0.65 % P y 750 U/kg. El uso de fitasa mejoró la absorción del alimento y ganancia de peso en los tratamientos 2, 3 y 4,

donde los niveles de P inorgánico son bajos. Los resultados indican que con la suplementación de fitasa se mejoran los porcentajes de engorda debido a que hay una mayor absorción del fósforo del alimento.

En otro proyecto llevado a cabo en 8 grupos de 10 pollos por grupo y alimentados a las tres semanas de edad, con la finalidad de determinar la disponibilidad de Ca y P, alimentados con dos dietas distintas, una a base de harina de soya y otra a base de cebada. Se encontró que el empleo de fitasa aumento la disponibilidad de fósforo por 24 % en el caso de las dietas que contenían harina de soya, y hasta por 29 % en el caso de dietas de cebada.

Se concluyó que el uso de fitasa en las dietas para pollos de engorda reduce el nivel de fósforo hasta por un 30 % de la ración.

Vargas *et al.* (2001) estudiaron el efecto de la fitasa y ácido cítrico en la excreción y retención de nutrientes en gallinas de postura de 80 semanas de edad recién pelechadas. Se emplearon 0, 0.6 y 2 % de ácido cítrico, y 0 y 600 unidades de fitasa con 5 repeticiones en cada tratamiento, con una dieta base de 2700 kcal de energía metabolizable, 13 % de proteína, 4% Ca, 0.4 % de P disponible en la dieta.

Los resultados que se encontraron en la investigación indican que el contenido de nitrógeno disminuyó, la excreción de P fue menor en mas de 50 % en las aves alimentadas con 2 % de ácido cítrico y 600 unidades de fitasa al ser comparada con el testigo; se encontró una interacción de fitasa por ácido cítrico, manifestándose en una mayor

retención de P al incrementar los niveles de ácido cítrico, se reduce la excreción de N y P por los animales.

En un experimento basado en la suplementación enzimática de fitasas y xilanasas conducido por Krzyztof *et al.* (1999), empleando 800 unidades de fitasa y 300 unidades de xilanasas, donde se estudió cómo afectaba las dietas basadas en trigo al crecimiento y a la mineralización ósea en los pollos de engorda se indica que el trigo es usado en climas fríos como sustituto de maíz ya que este representa mayores ventajas sobre el maíz, mayor contenido de proteína bruta y lisina, sin embargo eleva la viscosidad intestinal, perjudica la disponibilidad de los nutrientes y disminuye la energía metabolizable. Sin embargo estas desventajas son neutralizadas con la adición de fitasa a la dieta de los pollos de engorda con el encapsulamiento del fitato. Las fitasas son aplicadas a una proporción de 800 unidades en la dieta y 300 unidades de xilanasas.

Los resultados indican que:

- La aplicación de la xilanasas da como resultado una mejora del crecimiento principalmente debido al aumento de la eficiencia alimentaria al reducir la viscosidad de los compuestos nutritivos, formados en el intestino y rumen.
- Se incrementa la mineralización ósea en pollos de engorda debido a una mayor absorción de P de la dieta
- En presencia de xilanasas la fitasa no mostró ningún efecto en la reducción de la viscosidad intestinal

Finalidad del empleo de fitasas (Leeson, 1999).

- Se emplea fitasa en la dieta de las aves con la finalidad de mejorar los factores de digestión de los alimentos
- Bajar los niveles de Ca y P en la ración de las aves
- Apoyar a las aves jóvenes en la digestión ya que no producen las enzimas suficientes para llevar a cabo una adecuada absorción
- Bajar los costos de producción al incrementar los aminoácidos disponibles
- Evitar el mayor desperdicio de nutrientes de las dietas

4.2.2. Empleo de enzimas comerciales

En un trabajo realizado por Hernández *et al.* (2000) con la finalidad de evaluar un preparado enzimático comercial (Allzyme vegpro) en el comportamiento productivo y evaluación económica de pollos de engorda, donde se usaron 80 pollos de un día de edad empleando una fuente de fibra con 4 y 8 % de fibra, además de avena y sorgo escobero molidos y 0 y 1 kg de enzimas por tonelada de alimento ofreciendo agua y alimento a libre acceso. Se concluyó que las dietas con la adición de enzimas incrementan los consumos de alimento reduciendo el costo de producción.

Peña (1998) llevó a cabo un experimento con la finalidad de determinar el nivel de enzimas que mejora la eficiencia de la energía metabolizable y las proteínas digestibles y evaluar el comportamiento de pollos, utilizando estos con un día de nacidos de la raza avian y empleando 4 niveles de enzimas (0, 0.5, 0.10 y 0.15 unidades de fitasa). Encontrando como resultado que el consumo de alimento no tuvo grandes variaciones con respecto a los niveles de enzimas se incremento la conversión de eficiencia, siendo más efectiva a medida que incrementaban los niveles de enzimas, el valor de la utilización de energía metabolizable se incremento notablemente elevándose a medida que se incrementan el nivel de enzimas en la dieta.

Montesinos (1999) investigó con el objetivo el rendimiento en canal del pollo de engorda alimentado con dietas a base de sorgo y soya suplementados con diferentes niveles de enzimas. Uso una dieta isoproteica (22 %PC) e isoenergética (3,000 kcal EM/kg de MS) suplementa 4 diferentes niveles de enzimas (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 %) a pollos de iniciación (4 semanas) de la raza Avian.

En este trabajo se concluyo que la suplementación de enzimas en dietas a base de sorgo y soya para pollos de engorda en el periodo de iniciación no mejora el rendimiento en canal y sus partes.

Otra investigación donde al aumentar el nivel de la enzima fitasa en la ración la correlación entre las variables se pierde(pierna, pechuga y muslos) lo que indica que el aumento de enzimas en etapas adultas no resulta del todo satisfactorio, esto quizás debido al bajo nivel de las enzimas, forma el ofrecer al alimento a que los pollos están desarrollando completamente el sistema enzimático producido por el organismo.

4.2.3. Uso de Beta-glucanasas en la dieta de las aves

En una investigación llevada a cabo con la finalidad de sustituir el maíz por la cebada, donde se sustituyó 0, 125, 250, 500 y 100 g/kg de alimento, se suplementó con 0.0, 0.5 g/kg de alimento de Beta-glucanasas. Se alimentó a los pollos por las primeras 6 semanas. Los resultados indican que al sustituir 125 g de maíz en el alimento, los pollos desarrollaron más lentamente durante el periodo de crecimiento mostrando que no mejoró al emplear las B-glucanasas; siguiendo la misma tendencia, se incrementó la viscosidad intestinal pero no tuvo mayores problemas y al sustituir al 100 % la cebada se mejoró el peso de animales al llegar a estas 6 semanas y la viscosidad de la digestión no mostró problemas significativos.

Ventajas del empleo de enzimas en aves

- Mejora la digestibilidad de los nutrientes
- Las enzimas mejoran la absorción de los minerales y aminoácidos esenciales
- Se incrementan los niveles de P disponible en las dietas al eficientizar la digestión de los alimentos ofrecidos a los animales y utilizar mejor el fósforo de estos
- Se disminuye los niveles de contaminación por P y Ca al reducir los niveles proporcionados en la dieta

- Abarata los niveles costos de producción al reducir el nivel de Ca y P de la dieta
- Con la adición de enzimas se mejora la conversión alimenticia
- Se puede sustituir alimentos de alto costo por alimentos de más bajo costo (esto dependiendo de la época del año)

V. Otras especies

5.1. En acuicultura en México

En México, una de las actividades que ha adquirido mayor importancia es la acuicultura arrojando beneficios sociales y económicos importantes, formando con ella una fuente de alimentación con un elevado valor nutritivo.

En la acuicultura al igual que en los mamíferos, la dieta representa un 60 % del costo total de producción, por lo cual nuevamente el empleo de enzimas con la finalidad de mejorar la digestibilidad de los alimentos y bajar los costos de alimentación significa una buena alternativa de solución.

En peces

5.2. Fitasas en la alimentación de peces

En un estudio realizado por Lanari et al. (1998) para determinar los efectos de tratamiento con enzimas fitasa dietética y distintos niveles de la ración con el fin de determinar los cambios en la modificación corporal y digestibilidad de nutrientes, estos aspectos fueron estudiados en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*) donde se utilizaron dos dietas experimentales molido de molido de maíz y soya (A) y desecho de panadería y molido de maíz (B). Fueron alimentados con niveles de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 % del peso de los animales por 49 días ambas dietas contenían el 33 % de harina de soya y estas solo cambiaron en la cantidad de fitasa 1,000 U/kg. de la dieta A a la dieta B. Los coeficientes de digestibilidad, materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípidos, energía total y cenizas de las dos dietas. La dieta que contenía la fitasa incrementó considerablemente la digestibilidad de P de 58.6 a 68.1 % ($P < 0.01$), a medida que se incrementó el alimento se elevó la ganancia de peso pero en mayor medida en las dietas que contenían la fitasa.

Vielma et al. (1998) con el fin de determinar la influencia de fitasa y niveles de colecalciferol en el fitato de P en truchas arco iris. Llevo a cabo un trabajo en el cual se agruparon 3 grupos de un peso promedio de 51.6 gramos, se alimentó a libre acceso con dietas que contenían 0 y 1.500 U/kg. y colecalciferol 2,500, 25,000 U/kg. Por 12 semanas. A la dieta básica total se le proporcionó fósforo fitico 5.8 y 3.2 g/kg de materia seca, lo demás fue proporcionado por la proteína de soya.

La ganancia de peso de las truchas se aumentó por la suplementación de fitasa, pero no disminuyó por concentraciones del colecalciferol. El colecalciferol no mostro resultado significativo al emplear el P, pero los niveles altos de colecalciferol si influenciaron el nivel de Ca, encontrando un ligero aumento en la deposición del mismo ($P < 0.05$).

En resumen, la adición de fitasa en la dieta fue eficaz en reducir la carga de P de la trucha arco iris alimentados con harina de soya. Los niveles altos de colecalciferol no tuvieron efecto en la utilización del P.

5.3 Empleo de enzimas en la alimentación del camarón

Las enzimas proteolíticas y amilolíticas se han utilizado como estimuladores del crecimiento en la dieta de diversas especies animales bajo los supuestos de que aumentan la actividad enzimática del tracto digestivo, activan los zimogenos de las proteasas endógenas, etc. Con estos fines se han utilizado enzimas en forma pura y en forma de mezcla.

Algunos estudios sobre el comportamiento de los camarones utilizando enzimas han dejado muy buenos resultados mejorando los rendimientos de las explotaciones camaroneras.

Maugle *et al.* (1982). Adicionaron tripsina y amilasa micro encapsulada a la dieta de postlarvas de *penaeus japonicus* y encontraron que estas adiciones mejoraban la ganancia de peso de los camarones y aumentaban la frecuencia de las mudas.

Chen y Lin (1990) donde mezclaron la dieta de postlarvas de *Penaeus monadon* con una enzima fitasa en polvo obtenido por extracción con acetona del hepató páncreas de la misma especie. Las postlarvas que ingirieron la dieta enriquecida con la mezcla enzimática crecieron mas rápidamente que los no suplementados.

Forrellat (1998) utilizó un producto multienzimático obtenido de hepató páncreas de camarón como aditivo alimenticio en dietas para *Litopenaeus schmitti* y logró mejorar la velocidad de crecimiento de postlarvas.

El suplemento de enzimas, en este caso el nivel de tripsina debe de hacerse con mucho cuidado ya que en animales el nivel de la tripsina es regulado en el tracto digestivo por la acción de la colecistoquinina, es decir que las enzimas exógenas podrían inhibir la secreción de la endógena mediante el mecanismo de retroalimentación.

Finalidades del empleo de enzima en camarón

- Se emplea en su mayoría a las enzimas en las especies acuáticas con la finalidad de incrementar o acelerar la velocidad de crecimiento de las especies.
- Incrementar la productividad de los camarones
- Incrementar las actividades reproductivas por que la nutrición juega un papel importante en la reproducción de las especies
- Mejorar el aprovechamiento de los minerales que requiere el animal mejorando con esto la calidad del alimento

Ventajas

- Acelera el crecimiento de los camarones
- Mejora la calidad del alimento

- Disminuye el nivel de alimento bajando el costo de las engordas

Desventajas

- Es necesario utilizar accesorio técnico para controlar la alimentación y la administración de la enzima, así como la toma de decisiones prácticas para mejorar la eficiencia de crecimiento.

VI. RESUMEN

En los últimos años se han estado empleando enzimas endógenas y exógenas para mejorar la digestibilidad de los alimentos que son ofrecidos a los animales rumiantes, monogástricos y algunas especies acuícolas, los cuales son una fuente importante de alimento cotidiano para la sociedad humana. Algunos experimentos realizados con este tipo de especies, han mostrado que con la utilización de enzimas dentro de la alimentación animal, se puede mejorar la digestibilidad y el crecimiento de los animales, además de reducir considerablemente los costos de producción haciendo más atractiva la explotación de estas especies.

Todos los animales generan enzimas de forma natural solo que en ocasiones estas no son suficientes para degradar los compuestos nutritivos de los alimentos, en animales jóvenes no está desarrollado por completo el sistema enzimático por lo que es factible el empleo de enzimas en la primera etapa de vida de los animales (monogástricos, rumiantes, peces etc.).

Las enzimas derivadas de la ingeniería genética representan una importante alternativa de solución para reducir los costos de producción en la alimentación de las especies mejorando la digestión del alimento ofrecido.

Las enzimas pueden actuar de manera normal tanto en PH bajos como en PH altos y soportan temperaturas altas propiciando que las enzimas sean una buena opción para ser usadas en las distintas especies de animales. El conocimiento de la tecnología de la enzima se ha desarrollado considerablemente al punto de que muchas enzimas son estudiadas y comercializadas para diversos usos.

Con el empleo de enzimas se mejora la eficiencia productiva y la relación costo beneficio, además de que con esto se protege la degradación y la contaminación del medio ambiente al ser más efectivo el uso de nutrientes que contienen los granos y forrajes ofrecidos como alimento.

VII. LITERATURA CITADA

- Balderas, J. L. 1999. Empleo de enzimas en nutrición animal. Primera conferencia del encuentro de Biotecnología en Nutrición Animal. Madrid España
- Basurto, K. V. M. 2001. Impacto de las enzimas en la producción Lechera. México Holstein Pp. 30-33
- Beauchemin, K. A., L. M. Rode y V. J. Sewalt 1995. Fibrolytic Enzymes Increase Fiber Digestibility and Growth Rate of Steers feed Dry Forages. Can. J. Anim. Sci. 75: 641-644
- Beauchemin, K.A., W. Z. Yang y L. M. Rode. 1998. Effects of fibrolytic Enzymes Additive on Extent of Digestion and Milk Production of lactating Cows. J. Dairy Sci. 81 (suppl. 1): 358 (Abstr.)
- Cervantes, R. M. 2000. Utilización de Enzimas Exógenas en Dietas para Cerdos. Memorias del VIII Congreso Internacional de Nutrición animal. Universidad Autonoma de Chihuahua. Pp. 3 – 21
- Cervantes, R. M., J. Gonzales, N. Torrentera, V. Gonzales, y M. Cuca. 1999. Ideal aminoacid digestibility of low and high protein, grain Sorghum-Soybean meal diets added with a fungal protease in growing pigs. Proc. W. S. Amer. Soc. Anim. Sci. 50: 297-300

Chiang, S., H. BorRem, S. Chiang, B. Hwang. 1997. The efficacy of phytase in replacing inorganic phosphorus supplementation in a corn-soybean meal based growing-finishing pig diet. Society of Animal Science. Journal Article. 26: 1, 1-14; 24 ref.

Cotta, M. R. 1999. Employment of Enzymes in Animal Nutrition Studijni – Informace-Zivocicna – Vyrova. No. 1 (39):60 – 64

Dawson, K. A. and J. M. Tricarico 1999. The Exogenous Fibrolytic Enzymes to enhance Microbial Activities in the rumen and the Performance of Ruminant animal, in; Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of the Fifteenth Annual Symposium. Leics. Uk. Pp303-312

Feng, P., C. W. Hunt, G. t. Pritchard y W. E. Julien. 1996. Effect of Enzyme Preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo Digestive Characteristics of Mature Cool-Season Grass Forage in Beef Steers. J. Anim. Sci. 74: 1349-1357

Forrellat, A., 1998. El epatopáncreas de camarón: fuente de enzimas digestivas para la camaronicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana Cuba.

Gentesse, N., 1994. Effect of dietary citric acid on diet metabolizability, blood acid-base balance and abdominal fat deposition in broilers. Poul. Sci. 73 (1):34

Gray, G. M. 1990. Dietary protein processing: intra luminal and enterocyte surface events.

Anim. J. of Physiol. 261:866

Hernández, J. R., L. A. Duran y J. Martínez. 2000. Efecto del nivel y fuente de fibra en

dietas con allzyme Vegpro en comportamiento productivo y económico en

pollos de engorda. URUS. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 54-61

Hristav, N. A., A.T. McAllster y J. K. Cheng. 1998. Effect of Dietary or Abomasal

Supplementation of exogenous polysaccharide-Degrading Nutrient Digestibility J.

Anim. Sci. 76: 3146-3456

Hui. S., W. Minglou, C. Bichun, Z. S. Yin, S. Zhanjun, H. Su, B. Fang. Increasing milk

yield by adding cellulase to cow's ration. Dairy Cattle. Journal Article. No. 3,

25-26

Hunt, C. W., P. Feng, R. Treacher, y G. T. Pritchhead. 1995. Effect of Fibrolytic. Enzyme

Additives on in vitro Degradability of Alfalfa and tall fescue. J. Anim. Sci. 73

(suppl.1): 341 (Abstr.)

Krause, M., K. A. Beuchemin, L. M. Rode B. I. Farr, y P. Norgaard.1998. Fibrolytic

Enzymes Treatment of Barley Grain and Source of Forege in High-Grain Diets Fed

to Growing Cattle. J. Anim. Sci. 76: 2920

Krzyzstof, Z., D. Gogol, J. Koreleski, S. Swiatkiewicz y D. R. Ledoux. 1999. Aplicación simultanea de Fitasa y Xilanas a dietas de trigo para pollos broiler. Publicado en Journal of the Science of food and Agriculture.

Lanari, D, E. Argaro, C.Turri y R. P. Wilson. 1998. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). University of Udine, Via S. Mauro 2, 33010 Pagnacco, Udine, Italy. *Aquaculture* , 161: (1-4); 345-356

Leeson S., 1999. Effect of pitase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chcks. *Poul. Sci.* 78: 1317-1319

Lei, X. G., P. K. Kun, E. R. Miller, M. T. Yokoyama, y D. E. Ullrey. 1993. Supplementation corn- soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71.3368-3375

Lewis, G. E., W. K. Sanchez, R. Treacher, C. W. Hunt, y G. T. Pritchard. 1995. Effects of Direct Fed Fibrolytic Enzymes on the Digestive Characteristics of a Forage- Based Diets Fed to Beef Steers. *J Anim. Sci.* 74: 3020-3028

Li, S., C. Saber. S. X. Huang, y V. M. Gabert. 1996. Effect of B-glucanase supplementation to hules barley-or weatsoyabean meal diet. *Br. J. Nutr.* 75: 563-578

- Lyngs, B. y J. E. Nielsen. 1999. La adición de enzimas en la alimentación porcina. Pig International, Volumen 29, No. 10
- Méndez, C. J. 1998. Fitasas en la avicultura. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FIRA, Barcelona, España. Pp. 109-116
- Mendoza, M. G. D. 2000. Uso de Enzimas Exogenas en la Alimentación de Rumiantes. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. Pp. 2 - 5
- Meneses, E., J. R. Barcena; R. Yescas M. Cordoba. 2001. Empleo de Enzimas Fibrolíticas y Amilolíticas en la Degradación del Almidón y Fibra en Raciones Para Ovinos. Memoria, XXIX Reunión AMPA, UAM Agronomía y Ciencias UAT. Memorias. Pp. 203-207
- Mougle, R. R., O. T. Deshimaru y K. L. Simpson, 1982. Characteristics of amylase and protease of the shrimp *Penaeus japonicus*. Bull Jpn. Soc. Sci. Fish., 48, 1753-1757
- Montesino, S. S. 1999. Comportamiento de pollos de engorda alimentados con dietas a base de Sorgo-Soya suplementados con enzimas. Tesis. Licenciatura UAAAN. Pp. 11-40
- Newman, K. 1992. The enzyme, its origin and characteristics: Impact and potential for increasing phosphorus availability. In T. P. Lyons (Ed.) Biotechnology in the feed Industry. P 169. Alltech Technical Publications. Nicholasville, KY.

Peña, M. L. 1998. Utilización de enzimas para incrementar la energía metabolizable y proteína digestible en dietas para pollos de engorda. Tesis. Maestría en ciencias, Dpto. de Producción Animal. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México Pp. 14-20

Rodríguez, M. C., F. Salvador, F Nuñez y J. Jiménez. 2000. Uso de enzimas y hojuelas de avena en la alimentación de cerdos. Memoria. VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal. Chihuahua, Mexico. Pp.53 (cart.)

Rodríguez, P. P., J. García y C. de Blas 1998. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal; Enzimas y Probioticos. 227-240

Rutkowski, A., B. Sliwinski y M. Wiaz. 1997. The use of phytase in broiler chicken diets containing maize and soyabean or rapeseed meal. Journal of Animal and Feed Sciences. 6(4): 533-540

Sanchez, W. K. 1997. Influence of yeast on lactation performance and blood mineral concentration of high producing dairy cows on a commercial dairy. J. Dairy Sci Vol 80: 263

Sears, A. y G. Walsh. 1998. Industrial Enzymes Applications, Using these Concepts to match Animal Enzyme and Substrate in Feed Industry Applications. Biotechnology in the Feed Industry Pp. 373 – 394

- Sheperd, A. C. y L. Kung, JR 1996. An enzyme additive for corn silage: effects on silage composition and animal performance. *J. Dairy Sci.* 79:1760-1766 pp
- Shugart, A. I. 1996. How do Feed Enzymes on Animal Nutrition International. *International Poultry Production. Journal-Article* 6(4) 11 – 13
- Sosa, M. C. y S. R. Cruz. 2001. Respuestas de Toretos en Pastoreo a la Suplementación de un Concentrado Adicionado con Enzimas Celulolíticas en el Trópico. *Memorias. XXIX Reunión AMPA. Ciudad Victoria Tamaulipas.* 220-223
- Touchburn, S. P., S. Sebastian y E. R. Chavez. 1999. Las fitasas en la nutrición avícola Publicado en *Recent Advances in Animal Nutrition, University of Nottingham.* Capitulo 7 pp. 147-164,
- Vargas, R. L. M., J. G. Herrera, M. A. González, E. Barrera y O. Suárez. 2001. Fitasa microbiana y ácido cítrico en la excreción y retención de minerales en dietas para gallinas de postura.
- Vielma, J., S. P. Lall, J. Koskela, J. F. Schoner y P. Mattila. 1998. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Finnish Game and Fisheries Research Institute, Laukaa Fisheries Research and Aquaculture, FIN-41360 Valkola, Finland. 163: 3-4, 309-323

Williams, J. A., D. B. Burnham y S. R. Hootman. 1989. Cellular regulation of pancreatic secretion in: Handbook of physiology, the gastrointestinal System. S. G. Shultz, J. G. Forte. and B. B. Rauner (eds). Amer. Physiol. Society

Yescas, Y. R., Meneses S. E. Barcena Gama J. R. Cordero M. J. L. y H. P. A. Martinez 2001. Digestibilidad in situ de Dietas para Ovinos con paja de Avena, Rastrojo de Maíz y con un producto Enzimático Fibrolítico. Memorias. XXIX Reunión AMPA, UAM, Agronomía Y Ciencia UAT. Pp. 212-214

Zobac, P., L. Kumprech, O. Volfova, K. Simecek y J. Dvorakova. 1997. The effect of microbial phytase applied in feed mixture on phosphorus and calcium utilization in chicken broilers. Journal Article Zivocisna-vyroba. 42 (1): 13-22;

