

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
División de ciencia animal
Departamento de nutrición animal y alimentos



Enzimas Exógenas Utilizadas en la Alimentación de los Animales
Domésticos.

Por
Anadelia Antonio Medina

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
Septiembre del 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO “
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICION ANIMAL Y ALIMENTOS
Enzimas Exógenas Utilizadas en la Alimentación de los Animales
Domésticos.
Por:
Anadelia Antonio Medina
MONOGRAFÍA

Que Somete a Consideración el H. Jurado Examinador como
Requisito para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.

Aprobada.
Presidente del Jurado.

MC. J. Eduardo García Martínez.
Sinodal. Sinodal.

MC. Camelia Cruz Rodríguez. Ing. Serjio Rodríguez
Alemán

Coordinador de la División de Ciencia Animal.

Ing. José R. Peña Oranday.

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
Septiembre, 2003

INDICE DEL CONTENIDO
PÁGINA

INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIAS	viii
1. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Antecedentes	03
1.2 Objetivo	05
1.3 Justificación	05
2. REVISIÓN DE LITERATURA	06
2.1 Definición de Enzima	06
2.2 Aspectos Generales de las Enzimas	08

2.3 Factores que Afectan la Actividad de las Enzimas	12
2.4 Clasificación de las Enzimas	16
2.5 Modo de Acción de las Enzimas	17
2.6 Utilización de las Enzimas en la Alimentación Animal	18
2.7 Beneficios del Uso de Enzimas	20
2.8 Enzimas Exógenas	23
2.9 Proteasas	30
2.10 Lipasas	31
2.11 Amilasas	33
2.12 Enzimas Exógenas en Aves	35
2.13 Enzimas Exógenas en Cerdos	45
2.14 Enzimas Exógenas en Rumiantes	53
3. CONCLUSIONES	59
4. RESUMEN	61
5. LITERATURA CITADA	68

INDICE DE CUADROS

PÁGINA

2.1 Valores óptimos del pH para algunas enzimas hidrolíticas	15
2.2 Contenidos de PNA algunos ingredientes (%MS)	22
2.3 Niveles óptimos de pH y temperatura a los que actúa la fitasa en algunos cereales	27
2.4 Enzimas digestivas producidas por el cerdo	47

INDICE DE FIGURAS
PÁGINA

2.1	Reacción catalizada por una enzima	07
2.2	Formula esquemática donde se representa la acción de una enzima: Enzima + Sustrato	10
2.3	Representación esquemática de la acción de un Cofactor	11
2.4	Esquema donde se muestran los componentes de una enzima Compleja	11
2.5	Efecto de la concentración de una enzima sobre el tiempo en que reacciona, en la cantidad del sustrato	12
2.6	Grafica donde se muestra como es el efecto de la temperatura y el pH, en una enzima	14
2.7	Actividad enzimática conforme a la edad en semanas del lechón	46
2.8	Desarrollo de los sistemas enzimáticos digestivos del lechón	49

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor Dios por haberme dado la vida y la fortaleza cuando mas lo necesitaba, cuando sentía desfallecer encontraba en el la tranquilidad y la fuerza para seguir adelante. Gracias por tanto amor que me das Señor Dios.

A mi ALMA MATER: LA Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme recibido y formado como una gran profesionista, por darme la oportunidad de adquirir conocimientos firmes que en un futuro aplicare en mi trabajo. Gracias Antonio Narro.

A mis Apreciables Asesores:

MC. José Eduardo García Martínez.
MC. Camelia Cruz Rodríguez
Ing. Serjio Rodríguez Alemán.

Por la asesoría, su apoyo, conocimientos y su tiempo que siempre me brindaron durante la realización de este trabajo; ya que sin su ayuda y colaboración este trabajo no hubiera sido posible. A mi asesor principal gracias por brindarme su Amistad, sus Consejos y sobre todo por el tiempo que siempre me brindo en la realización de este trabajo.

A mis Maestros: Por que gracias a ellos que me transmitieron sus conocimientos ahora tendré la dicha de realizarme como profesionista. No los defraudare.

A mi Maestro y Amigo: Eduardo Landeros, por brindarme su sincera amistad, consejos y por sus enseñanzas, gracias.

A los Ing. Hugo Meza, Gilberto Rodríguez, Héctor Ortiz por sus consejos, por brindarme su amistad y la oportunidad de aprender de ellos.

A mis compañeros : De la generación 94 de la especialidad de Zootecnia, que con ellos pase muchos ratos de alegría, felicidad, y en

especial a todos mis amigos que no los olvidare por que siempre me brindaron su amistad desinteresada: Nora Edith, Maribel, Martha, Julia, Fabiola, Marlen, Eva D., Vickí, Marco A. C, (Gracias amigo por tantos consejos y por esa linda amistad que siempre me brindaste), Xicotencatl, Juan Carlos A., J. Carlos, Crisoforo C, Eduardo, Adrián, José Luis, Luis A., Roberto Ángel, Andrés, Calixto, Carlitos, y mas que de antemano pido disculpas por no terminar mencionar a todos.

DEDICATORIAS

Con todo mi amor y cariño: A mis adorados padres, Agustín Antonio del Ángel, y Fortunata Medina Medina. Primero por haberme dado la vida y por haberme inculcado el amor a la educación, por creer que podía lograr ser una profesionista.

Gracias a ti papá: por que me cuidaste, me diste tus consejos, tu cariño, confianza, apoyo y por que me ayudaste a seguir, pero sobre todo por haberme brindado la oportunidad de la educación. Te quiero mucho.

Gracias a ti mamá: por que siempre me impulsaste seguir adelante, por cuidar de mi y no soltarme de tu mano, por confiar en mi, por

brindarme tu amor, cariño, comprensión, apoyo moral, por tus
consejos. Te quiero mucho.
Con todo mi amor y respeto a ustedes mis querido padres. Los Amo.

A mis hermanos:
Valentina.
Juanita.
José Agustín.

Ya que son los mejores hermanos que pude haber tenido, Gracias a ti,
Vale, por que siempre cuidaste de mí, por que siempre me
aconsejaste, por creer en mí, por tu alegría, por impulsarme a tomar
decisiones. A ti Juanita, por tantos momentos de alegría, juegos, por
escucharme y también aconsejarme. A ti mi hermanito José Agustín,
Por ser un gran ser humano por haberme ayudado cuando mas lo
necesité, por cuidarme y nunca me dejaste sola, por compartir
conmigo tristezas y alegrías y enojos. Los adoro con todo mi corazón
por que los tres son las personas más adorables.

A mí apreciable cuñada Josefa y a mi niño José Agustín: por sus
muestras de cariño, y apoyo, en especial a mi niño por que siempre
me brindo su sonrisa tan dulce y tierna.

A mi mejor amiga: Por saberme brindar tu amistad incondicional, por tu
apoyo, por tantos consejos que me has dado, por tantos momentos
de felicidad y alegría que compartimos, por ser tan buena amiga, por
comprenderme. Por ser mi amiga de ayer hoy y siempre. Gracias
querida Hermana y amiga: Nora Edith. V. T.

Especialmente al Amor de mi vida: Por creer en mi , por hacerme la
mujer mas feliz y dichosa, por que en ti encontré apoyo, comprensión
sincera, amor, ternura, felicidad, paz, tranquilidad. Gracias amor mío
por que siempre sabias escucharme y me supiste aconsejar, por que
cuando sentía que no podía tu siempre estabas hay para impulsarme
a seguir adelante, por que nunca dejaste que me venciera, por saber
tolerarme, y comprenderme, por cuidar de mi, por que siempre llenaste
mi vida de alegría, de sonrisas, de una inmensa ternura. Eres y serás
siempre el amor más grande de mi vida. Gracias por tanto amor que
me has brindado. Con amor y respeto para el amor de mi vida: Fabián
G. C.

1. INTRODUCCIÓN

Para lograr el mantenimiento de la vida existe una gran actividad química. Desde épocas pasadas se han venido usando las enzimas como ayuda para lograr acelerar la velocidad en la fermentación y elaboración de productos. Hoy en día el uso de las enzimas ha logrado abaratar costos y ha mejorado la calidad de éstos ya que con su capacidad de acelerar las reacciones químicas se logró que productos que no eran fácilmente asimilados o digeridos por el organismo de los animales en la actualidad sean más fácilmente digeridos y absorbidos.

Las enzimas son catalizadores de naturaleza orgánica que pueden aumentar el ritmo de las reacciones hasta al menos un millón de veces y no sufrir cambio alguno; además que también ayudan a sobrevalorar la energía en diferentes granos como es el caso de la cebada y el trigo; hacer un mejor uso de éstos, a la vez ahorrando costos en la alimentación.

En la ganadería de México y el mundo entero se ha venido usando aditivos en la suplementación de los animales; como es el caso de las enzimas exógenas las cuales ayudan a mejorar la digestión y el desdoblamiento de los nutrientes, además se sabe que los rumiantes no tienen buena digestión en cuanto a la fibra y con la ayuda de las enzimas celulolíticas se incrementa la digestión ruminal y ello conlleva a un mejor desempeño en cuanto a la producción.

Con lo que respecta a las aves se sabe que cuando éstas son jóvenes el aparato digestivo no está totalmente desarrollado; lo que hace que la secreción de enzimas en los pollos no sean suficientes, incluso se ha logrado un gran avance en la nutrición de éstas ya que los productores han logrado un ahorro en el consumo del maíz por que éste bajo su consumo y se ve beneficiado con el mejor uso de las dietas.

Las enzimas permiten al animal ingerir de un 15 a un 25% que éste de otra forma no aprovecharía, como es el caso de los cerdos ya que no producen enzimas suficientes para poder digerir; en este caso se ve más influenciado cuando el animal aun es joven y sobre todo cuando está en el período del destete.

En la actualidad existe un difícil acceso a la información sobre las funciones que realizan cada una de las diferentes enzimas; esto tiene como consecuencia un atraso en las producciones pecuarias ya que con la ayuda de las enzimas se tendría una mejor digestibilidad de los alimentos por que ayudan en los procesos de degradación y absorción de los nutrientes.

1.1. Antecedentes

Las reacciones enzimáticas fueron utilizadas por el hombre mucho antes de escribirse su historia. Los griegos atribuyeron a Baco el descubrimiento de la fermentación para producir vino. En 1860 Luis Pasteur dijo que las enzimas estaban íntimamente ligadas con la estructura vital de las células de la levadura. Desde luego, la denominación de enzima atribuida a W. Kühne (1876), significa, “en levadura”, pero la palabra se utiliza ahora para determinar una catálisis biológica independiente del origen (*White, et al., 1983*).

La enzimología recibió un gran impulso en 1897 cuando los hermanos Búchner demostraron que un extracto de levadura libre de células era capaz de fermentar el azúcar con producción de alcohol y O₂. No obstante, se conocía poco acerca de la naturaleza química de las enzimas, siendo en los comienzos de este siglo cuando hubo una convicción creciente de que las enzimas tenían probablemente una naturaleza proteica.

A partir de este descubrimiento y de diversos sustratos se empezaron a extraer enzimas muy diversas y con destinos diferentes que hicieron

que su empleo se extendiera a diversas ramas de la industria, tales como: detergentes, fabricación de papel, fabricación de textil, tratamientos de cueros, farmacias, destilería, aceites y grasas, almidones y azucares, etc.

El anuncio por J. B. Summer en 1926 del aislamiento de la enzima ureasa, así como el hecho de que era una proteína cristalina fue considerado como un escepticismo, pero unos pocos años más tarde Northrop y Kunitz informaron sobre el aislamiento y cristalización de la pepsina, tripsina, y quimotipsina. Desde aquel tiempo se han obtenido cientos de enzimas con un alto grado de pureza y varios centenares de ellas en estado cristalino, probándose que todas eran proteínas.

En 1982 la compañía finlandesa Cultor comienza a desarrollar enzimas alimenticias para la nutrición animal quien pone en el mercado finlandés el primer producto enzimático y en 1986 se empieza a comercializar una enzima específica para las aves.

Hasta 1988 se desarrolla una enzima específica para cerdos que mejora la producción y absorción de nutrientes. Esta enzima comienza a emplearse para piensos de lechones para arranques muy precoces y destetes rápidos.

1.2. Objetivo

La finalidad y el objetivo trazado en este trabajo fue de realizar una revisión acerca de las enzimas exogenas utilizadas en la alimentación de los animales domésticos, con el fin de poner a disposición de los productores dicha información para ayudarles a disminuir costos de producción.

1.2. Justificación

En la actualidad existe muy poco acceso a la información sobre la utilización y la función que desempeñan los diferentes tipos de enzimas en la producción pecuaria, con la información recabada en este documental puede ser un medio de utilidad para grandes, medianos y pequeños productores que se encuentren dentro del área

de la explotación pecuaria, y a la vez con dicha información podrían disminuir costos por lo que se explicara mas adelante.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

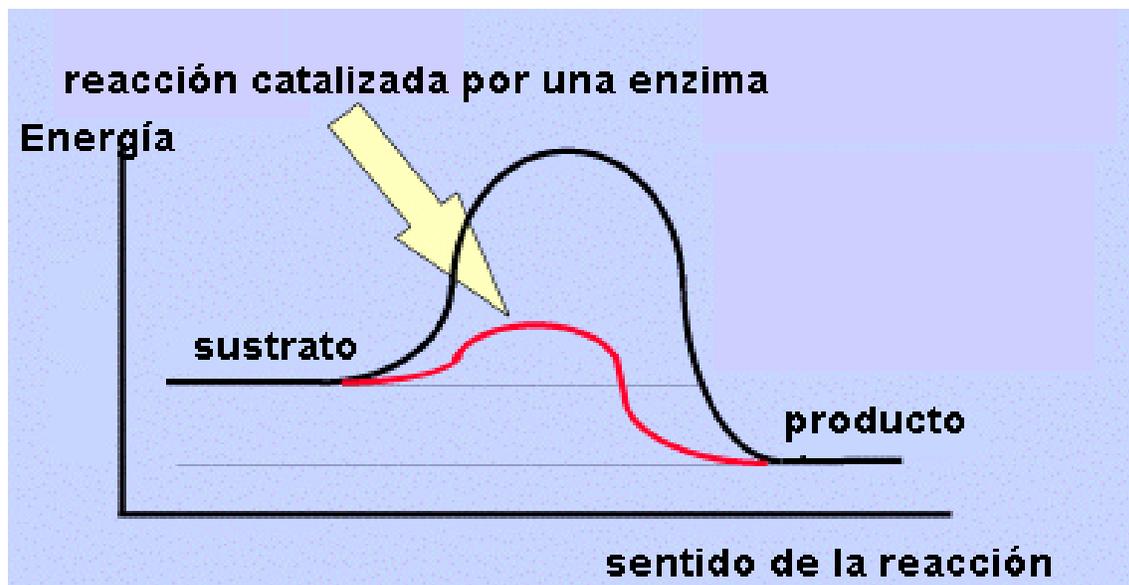
2.1. Definición de Enzimas

Una enzima es una proteína, sintetizada por la célula viva, que cataliza o acelera, una reacción termodinámicamente posible. Como son proteínas, los agentes que son capaces de desnaturalizar a estos compuestos son: el calor, ácidos, bases fuertes, solventes orgánicos y otros materiales. Éstos hacen perder a las enzimas sus propiedades catalíticas (*Conn, y Stumpf, 1977*).

Las enzimas son catalizadores muy potentes y eficaces, químicamente son proteínas. Como catalizadores, las enzimas actúan en pequeña cantidad y se recuperan indefinidamente. No llevan reacciones que sean energícamente desfavorables, no modifican el sentido de los equilibrios químicos si no que aceleran su consecución.

Las reacciones bioquímicas se realizan con gran rapidez por medio de catalizadores denominados enzimas (Figura 2.1.). El alto grado de especificidad y la gran eficiencia hace que mediante reacciones secuenciales definidas se efectúen transformaciones de compuestos orgánicos. Las enzimas están universalmente presentes en los organismos vivos, y la existencia de reacciones metabólicas comunes a todas las células refleja la especificidad de las enzimas responsables (*White, et al, 1983*).

Figura 2.1. Reacción catalizada por una enzima.



Fuente: (<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>)

Desde el punto de vista químico, los catalizadores son sustancias que modifican la velocidad de las reacciones químicas, sin aparecer en los productos finales; los catalizadores producidos y empleados por los seres vivos, son de naturaleza orgánica y reciben el nombre de enzimas, dichos compuestos pueden aumentar el ritmo de una reacción hasta, al menos, un millón de veces. Teóricamente, las reacciones catalizadas por las enzimas pueden ser reversibles y deberían de alcanzar un equilibrio (*McDonald, et al, 1999*). Las enzimas son compuestos inorgánicos, de origen proteico, que actúan como catalizadores biológicos de los procesos digestivos y metabólicos. Estos incluyen todas las reacciones de síntesis y digestión – degradación que ocurren en el animal, convirtiendo así a las enzimas en el motor que mueve la actividad de todas las células del organismo y, como consecuencia, estas controlan todas las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de los animales. Las enzimas se caracterizan por su marcada especificidad debido a que existe una forma de enzima particular para cada tipo de sustrato. Esto, ayuda de una manera muy importante a la ciencia de la nutrición animal ya que permite ejercer un efecto específico sobre la digestibilidad de los nutrientes (*Cervantes, 2000*).

2.2. Aspectos Generales De Las Enzimas

Prácticamente todas las reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos están catalizadas por enzimas. Las enzimas son catalizadores específicos: cada enzima cataliza un solo tipo de reacción, y casi siempre actúa sobre un único sustrato o sobre un grupo muy reducido de ellos. En una reacción catalizada por una enzima:

La sustancia sobre la que actúa la enzima se llama sustrato.

El sustrato se une a una región concreta de la enzima, llamada centro activo. El centro activo comprende:

un sitio de unión formado por los aminoácidos que están en contacto directo con el sustrato.

un sitio catalítico, formado por los aminoácidos directamente implicados en el mecanismo de la reacción.

Una vez formados los productos la enzima puede comenzar un nuevo ciclo de reacción.

Las
característi
cas más



sobresalientes de las enzimas es su elevada especificidad. Ésta es doble y explica que se formen subproductos:

Especificidad de sustrato. El sustrato (S) es la molécula sobre la que la enzima ejerce su acción catalítica.

Especificidad de acción. Cada reacción está catalizada por una enzima específica.

La acción enzimática se caracteriza por la formación de un complejo que representa el estado de transición. (Fig. 2.2)

Fig.2.2. Formula esquemática donde se representa la acción de una enzima: Enzima + Sustrato. Fuente

<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>

El sustrato se une a la enzima a través de numerosas interacciones débiles como son: puentes de hidrógeno, electrostáticos, hidrófobos, etc, en un lugar específico, el centro activo. Este centro es una pequeña porción de la enzima, constituida por una serie de [aminoácidos](#) que interaccionan con el sustrato.

Algunas enzimas actúan con la ayuda de estructuras no proteicas. En función de su naturaleza se denominan:

Cofactor. Cuando se trata de iones o moléculas inorgánicas. (Fig. 2.3)

Coenzima. Cuando es una molécula orgánica. Aquí se puede señalar, que muchas vitaminas funcionan como coenzimas; y realmente las deficiencias producidas por la falta de vitaminas responde más bien a que no se puede sintetizar una determinada enzima en el que la vitamina es la coenzima. (Fig.2.4)

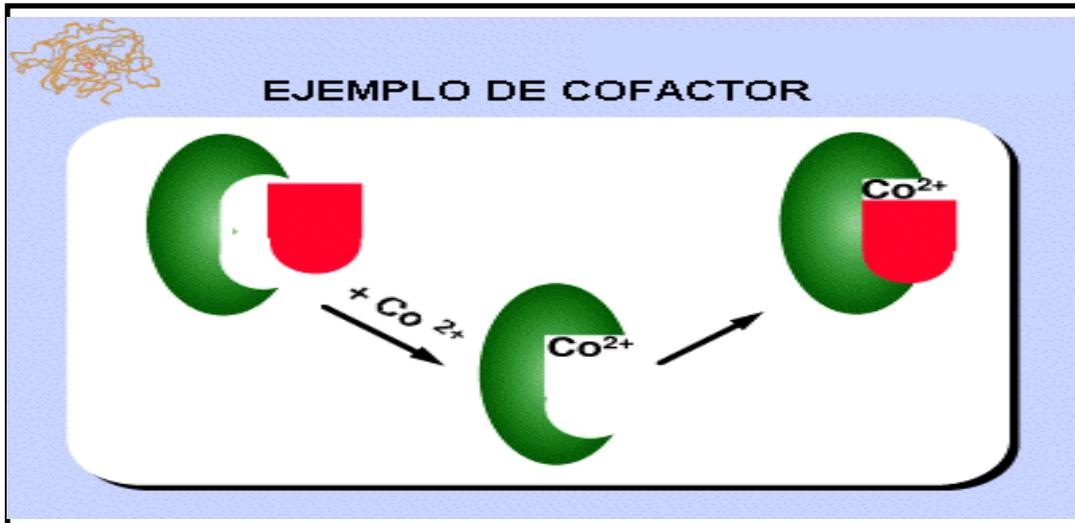
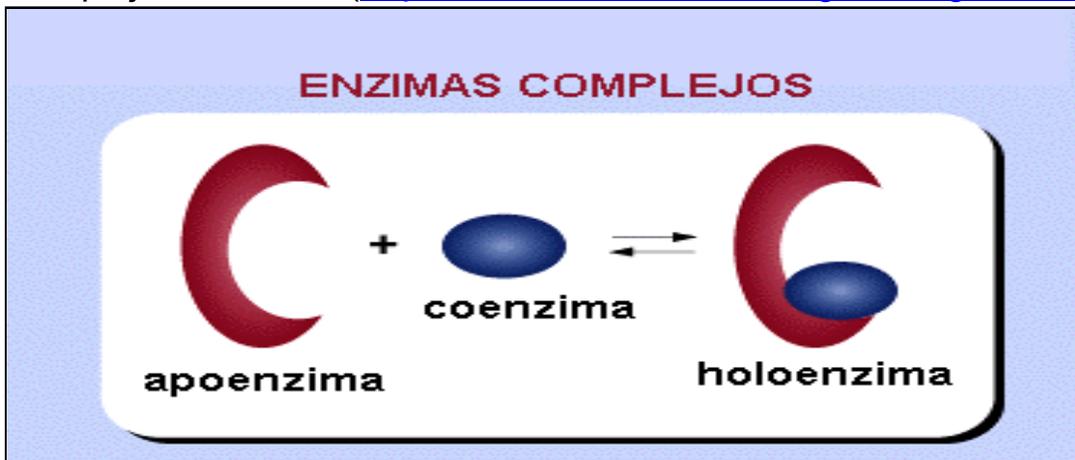


Fig. 2.3 Representación esquemática de la acción de un Cofactor.

Fuente: (<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>)

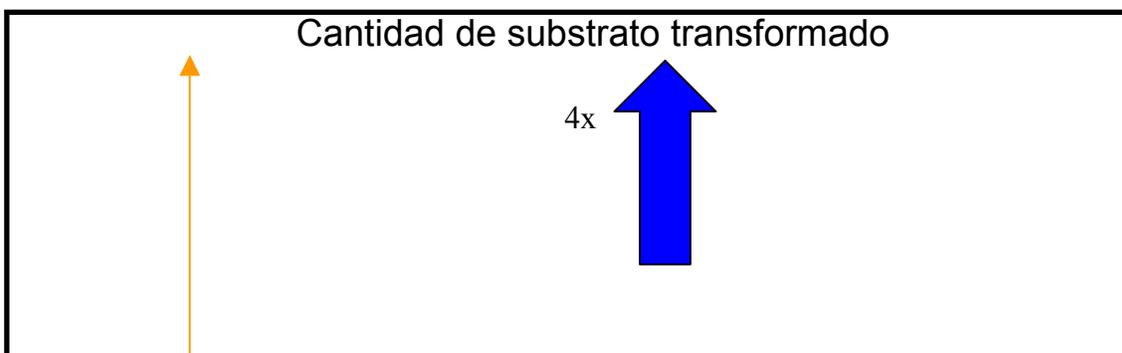
Fig. 2.4. Esquema donde se muestra los componentes de una enzima Compleja. Fuente: (<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>)



2.3. Factores Que Afectan La Actividad De Las Enzimas

Cantidad de sustrato

En cualquier sistema en que la enzima se encuentre en exceso y su concentración permanezca constante, el aumento en la cantidad de sustrato determina un incremento en la velocidad de la reacción (Fig.2.5), (McDonald, et al., 1999)



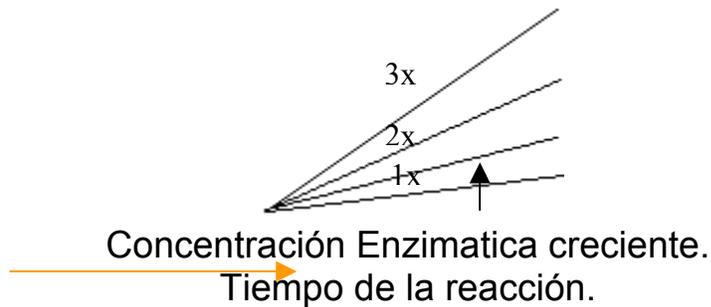


Fig.2.5 Efecto de la concentración de una enzima sobre el tiempo en que reacciona, en la cantidad del sustrato (Conn, y Stumpf, 1977).

Cantidad de enzimas

En los sistemas en que el sustrato se encuentra en exceso, el aumento en la cantidad de enzimas, determina un incremento lineal en la velocidad de la reacción, debido a la existencia de mayor cantidad de centros activos para la formación de los complejos enzima sustrato.

En condiciones fisiológicas, las enzimas rara vez se saturan de sustrato (McDonald, et al., 1999).

Inhibidores

La acción catalítica de las enzimas pueden inhibirse por sustancias que impidan la formación de un complejo enzima-sustrato normal. Dichas sustancias inhibidoras pueden ser de dos tipos principales, competitivas y no competitivas (McDonald, et al., 1999).

El efecto del pH

Al comprobar experimentalmente la influencia del pH en la velocidad de las reacciones enzimáticas se obtienen curvas que indican que las enzimas presentan un pH óptimo de actividad. El pH puede afectar de varias maneras:

El centro activo puede contener aminoácidos con grupos ionizados que pueden variar con el pH.

La ionización de aminoácidos que no están en el centro activo puede provocar modificaciones en la conformación de la enzima.

El sustrato puede verse afectado por las variaciones del pH.

Algunas enzimas presentan variaciones peculiares. La pepsina del estómago, presenta un óptimo a pH = 2, y la fosfatasa alcalina del intestino un pH = 12.

La temperatura

Influye en la actividad. El punto óptimo representa el máximo de actividad. A temperaturas bajas, las enzimas se hallan "muy rígidos" y

cuando se supera un valor considerable (mayor de 50:) la actividad cae bruscamente porque, como proteína, la enzima se desnaturaliza. (Fig. 2.6).

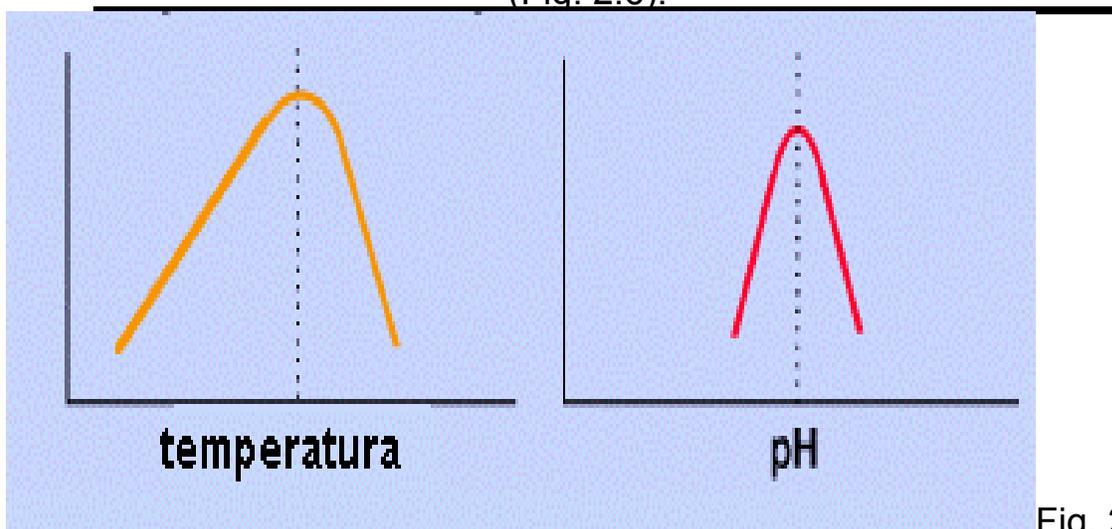


Fig. 2.6.

Grafica donde se muestra como es el efecto de la temperatura y el pH, en una enzima. Fuente:

(<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>)

Cuadro 2.1. Valores óptimos del pH para algunas enzimas hidrolíticas. (White, et al., 1977).

Enzima	Sustrato	PH optimo
Pepsina	Albúmina del huevo	1,5
Pepsina	Caseína	1,8
Pepsina	Hemoglobina	2,2
Pepsina	Carbobenzoxiglutamiltirosina	4,0
Alfa-glucosidasa	Alfa-Metilglucosido	5,4
Alfa-glucosidasa	Maltosa	7,0
Ureasa	Urea	6,4-6,9
Tripsina	Proteínas	7,8
Alfa-amilasa del páncreas	Almidón	6,7-7,2
B-amilasa de la malta	Almidón	4,5
Carboxipeptidasa	Sustratos diversos	7,5
Fosfatasa alcalina del plasma	B- glicerofosfato	9,10
Fosfatasa ácida del plasma	B- glicerofosfato	4,5-5,0
Arginasa	arginina	9,5-9,9

Cofactores

A veces, una enzima requiere para su función la presencia de sustancias no proteicas que colaboran en la catálisis: los cofactores. Los cofactores pueden ser iones inorgánicos como el Fe^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} etc. Casi un tercio de las enzimas conocidas requieren cofactores. Cuando el cofactor es una molécula orgánica se llama coenzima. (*White, et al., 1983*).

2.4. Clasificación De Las Enzimas

McDonald, et al., (1999) dice que de acuerdo con su mecanismo de acción las enzimas se clasifican en seis grandes grupos:

Las oxidorreductasas catalizan la transferencia de hidrógeno, oxígeno o electrones de unas moléculas a otras. Catalizan reacciones de oxidorreducción, es decir, transferencia de hidrógeno (H) o electrones (e^-) de un sustrato a otro.

Las transferasas constituyen un gran grupo de enzimas que catalizan la transferencia de grupos como acetileno, amino y fosfato, de unas moléculas a otras. Catalizan la transferencia de un grupo químico (distinto del hidrógeno) de un sustrato a otro.

Las hidrolasas catalizan las escisiones hidrolíticas. Son típicas las hidrolasas de grasas y proteínas, que son esenciales para el funcionamiento del organismo. Catalizan las reacciones de hidrólisis.

Las liasas son enzimas que catalizan degradaciones no hidrolíticas, como las decarboxilaciones y desaminaciones. Catalizan reacciones de ruptura o soldadura de sustratos.

Las isomerasas, son un grupo de enzimas que catalizan los cambios en la distribución intramolecular de los isómeros ópticos y de posición. Catalizan la interconversión de isómeros.

6.- Las ligasas son enzimas que catalizan ciertas síntesis en el organismo que suponen la degradación de ATP o trifosfatos similares que aportan la energía necesaria para la reacción. Catalizan la unión de dos sustratos con hidrólisis simultánea de un nucleótido trifosfato (ATP, GTP, etc.).

2.5. Modo De Acción De Las Enzimas

Las enzimas son proteínas que son producidas de manera natural por todos los seres vivos. Las enzimas aceleran las reacciones químicas del organismo. La digestión es una reacción química en la cual diferentes enzimas se unen a moléculas de alimento de alto peso molecular (substratos) para formar complejos enzimáticos. Aceleran la ruptura de esas moléculas grandes en moléculas más pequeñas las cuales son absorbidas a través de la membrana intestinal para ser utilizadas por el animal para el crecimiento. Cada enzima es especialmente específica a su sustrato.

2.6. Utilización De Las Enzimas En La Alimentación Animal

Según la (BASF, 2000). Las enzimas solamente se utilizan ampliamente en la alimentación animal desde hace poco tiempo, sobre todo en animales monogástricos como cerdos y aves. Administradas en el alimento, las enzimas suelen catalizar en el tracto gastrointestinal reacciones químicas que conducen a la degradación de nutrientes contenidos en el alimento. La denominación de una enzima se compone generalmente del nombre del sustrato que es el desdoblamiento bajo la acción de la enzima, al cual se añade la terminación “-asa”.

Enzimas y complejos enzimáticos que se obtienen por vía técnica fermentativa, se utilizan esencialmente para los fines siguientes:

Aumento de la disponibilidad / convertibilidad de componentes alimenticios.

Degradación respectivamente destrucción de sustancias antinutritivas.

Complementación / apoyo de enzimas propias del cuerpo.

Dado que las enzimas son compuestos proteicos con una reducida estabilidad hidrotérmica en comparación con otros aditivos, en la preparación técnica de otros alimentos balanceados y minerales para animales se deben aplicar procedimientos cuidadosos.

Las enzimas alimenticias funcionan como biocatalizadores del proceso digestivo e incrementan la utilización de nutrientes que normalmente no serían aprovechados en la dieta de animales monogástricos (aves

y cerdos). Pueden funcionar de dos maneras: mejorando la digestibilidad de los ingredientes de la ración o bien incrementando la productividad de la ración, ya que la dieta contiene ingredientes de menor costo o de un valor nutricional inferior

Las enzimas causan en el animal en primer lugar una mejor conversión de las sustancias minerales (p.ej. en la utilización de la fitasa), respectivamente una mejor conversión alimenticia, lo cual a su vez por regla general conduce a una reducción de la excreción de nutrientes. Esta mejor conversión de los nutrientes satisface a su vez el deseo expresado con cada vez mayor intensidad de una producción animal conservadora de los recursos naturales (Cuadro 2.3).

2.7. Beneficios Del Uso De Enzimas

De acuerdo a *Barderas, (1998)*. Las enzimas presentan los siguientes beneficios:

Evita la aparición de úlceras gástricas en dietas altas en trigo. Evita diarreas no específicas que suelen ir acompañadas de un empeoramiento en el crecimiento y en el índice de conversión. Las dietas ricas en trigo tienen un alto contenido en polisacáridos no amiláceos (PNA), especialmente arabinoxilanos, que debido a su estructura tienen capacidad de formar geles de elevada viscosidad y englobar otros nutrientes, disminuyendo por tanto su coeficiente de digestibilidad ya que los cerdos carecen de enzimas apropiadas para hidrolizarlos.

El uso de cebada en dietas de cerdos es una alternativa al empleo del trigo. La utilización de este cereal tiene un enorme interés económico en diversas zonas de España según la época del año, dado su menor costo respecto del trigo y el maíz. Sin embargo, el empleo de cebada presenta algunos aspectos negativos en los que la enzima adecuada influirá muy favorablemente, como son:

La cebada tiene un valor energético inferior al trigo y al maíz. Con el empleo de enzimas podremos sobrevalorar la energía en un 6%.

La cebada tiene un mayor contenido en fibra, parte de la cual es indigestible y a veces se encuentra ligada a proteínas. Esta fibra no es totalmente digerida y absorbida en los primeros tramos del tracto digestivo y llega al intestino grueso donde es susceptible de fermentar.

Empleando enzimas, esta fibra es absorbida en el tracto digestivo

evitando así diarreas no específicas y la creación de gases además de mejorar la absorción de nutrientes.

La cebada contiene compuestos solubles, en especial B-glucanos, los cuales forman geles de elevada viscosidad que dificultan el acceso de las enzimas del animal a los substratos y el transporte de los nutrientes hasta el limen intestinal para su posterior absorción. El empleo de enzimas adecuadas y específicas evita la formación de estos geles.

Tabla 2.2. Contenido de PNA de algunos ingredientes (% MS).
(Camiragua, et al., 2001)

Ingrediente	PNA soluble	PNA insoluble	PNA total	PNA principales y concentración (% MS)
Trigo	2,4	9,0	11,4	Arabinosilano (6,05) B-D-glucanos (0,5) Celulosa (2,0)
Centeno	4,6	8,6	13,2	Arabinosilano (8,9) B-D-glucanos (1,2) Celulosa (1,5)
Cebada	4,5	12,2	16,7	Arabinosilano (3,3) B-D-glucanos (7,6) Celulosa (3,9)
Sorgo	3,7	10,5	14,2	Arabinosilano (2,8) B-D-glucanos (0,1) Celulosa (3,0)

Maiz	2,8	10,3	13,1	Arabinosilano (4,2) B-D-glucanos (0,1) Celulosa (2,4)
Triticale	4,7	12,2	16,9	Arabinosilano (7,0) B-D-glucanos (0,7) Celulosa (2,6)
Lupino	4,0	34,0	38,0	Polimero complejo
Harina de soya	13,9	16,4	30,3	Polimero complejo

2.8 Enzimas Exógenas

Casi a partir de la primera apreciación de los procesos digestivos de todos los animales involucran el desdoblamiento de los nutrientes por enzimas endógenas, los nutricionistas han intentado mejorarlo a través de la aplicación de enzimas exógenas (*Martínez, 1997*).

Durante las últimas dos décadas el conocimiento en tecnología de enzimas se ha desarrollado notablemente, al punto que estas nuevas enzimas están siendo estudiadas y otras han sido comercializadas para diversos usos industriales. Se estima que de las 200 enzimas conocidas, solo 20 están siendo utilizadas en forma comercial (*Mendoza, 2000*)

Uno de los mayores impactos en la nutrición animal durante las últimas dos décadas ha sido el uso de enzimas exógenas. Históricamente, la aplicación se inició en la región Escandinava y más tarde ha sido introducida donde la avicultura se basa en uso de proporciones elevadas de cebada y trigo. Por lo tanto, Canadá, Australia, Reino Unido, Holanda, y España son países con un gran interés en el uso de esta tecnología. El propósito de usar estas preparaciones enzimáticas es reducir el efecto de compuestos antinutricionales presentes en los ingredientes. NSP, mayormente b-glucanos y xilanos, están presentes en cereales viscosos (cebada, trigo, centeno, etc.) estos compuestos no son modificados de manera

considerable en el tracto de monogástricos y por lo tanto afecta la viscosidad de la ingesta y de la microflora intestinal. Las enzimas exógenas incrementan la digestibilidad y reducen problemas como heces líquidas en pollos y la consistencia de las heces en cerdos (http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scan/out32_en.html).

Dentro de los ingredientes que se utilizan rutinariamente en la formulación de las dietas de los animales se encuentran las altas concentraciones de celulosas, hemicelulosas, pectinas, B-glucanos, y los arabinosilanos. En el caso de los rumiantes pueden utilizar parcialmente estos compuestos debido a los sistemas enzimáticos de los microorganismos presentes en el rumen. Sin embargo en los no rumiantes estos no tienen sistemas enzimáticos para la degradación de estos compuestos (*González, 2001*).

Es por eso que las enzimas se emplean con el objeto de complementar la acción de las enzimas que se producen en el aparato digestivo, así se digieren los nutrientes específicos que los animales no desdoblan eficientemente. Aunque a nivel comercial existen enzimas alimenticias de varios tipos (Amilolíticas, Proteolíticas, etc.) para uso animal, se han promovido especialmente las celulolíticas para tratar alimentos fibrosos y destinarlos a animales incapaces de digerir la fibra como los cerdos y las aves (*Shimada, 2003*).

Las enzimas exógenas se pueden considerar como aditivos biotecnológicos, estas se pueden extraer mediante fermentaciones con bacterias, levaduras, u hongos; pueden producirse amilasas, lipasas, proteasas, y celulasas, dichas enzimas pueden ayudar a utilizar y mejorar eficientemente los alimentos; ya que ayudan a acelerar las reacciones en el animal (*Rodríguez, 2000*).

De entre todos estos aditivos, las enzimas pueden considerarse como uno de los que más progresos que se ha realizado, junto al masivo empleo de aminoácidos industriales obtenidos; como las enzimas, a partir de fermentaciones controladas de manera industrial. El amplio número de aplicaciones que de las enzimas exógenas podemos hacer: mejora de la digestibilidad de los nutrientes del alimento; inactivación y/o destrucción de determinados factores antinutricionales (FAN); aumento de la digestibilidad de los polisacáridos no almidones (PNA); en cuanto a cerdos complementan las enzimas propias del lechón;

reducción de las pérdidas a través de las mezclas. (*Duran, y Jmenez., 2002*).

La fitasa es una enzima producida por fermentación a partir de una cepa modificada de *Aspergillus niger*. 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, y por lo tanto, la excreción de fósforo disminuye hasta en un 30%. Por otro lado, la fitasa al actuar sobre los complejos fitatos: proteína, mejora notablemente el aprovechamiento de la proteína de la dieta, reduciendo la cantidad de nitrógeno excretado hasta en un 5% (*Cuadro 2.3*), (*BASF, 2000*).

Cuadro 2.3. Niveles óptimos de pH y temperatura a los que actúa la fitasa en algunos cereales. (*Camiragua, et al., 2001*)

Fuente de fitasa	PH optimo	Temperatura (°C)
Triticale	5, 4	45
Maíz	5,6	50
Harina de trigo	5,2	55
Afrecillo de trigo	5,0	50
Aleurona de arroz.	4,0 – 5,0	45

Estudios recientes muestran que incluir suplementos como proteasas, alfa-amilasas, B-glucanasas, y mezcla de enzimas puede influenciar positivamente en el crecimiento animal. Pero hasta el momento, no se ha reportado ningún método generalmente aceptable que facilite la detección y la cuantificación de la actividad enzimática al suplementar en el alimento del animal (*Walsh, et al., 1995*).

La mezcla de enzimas es más beneficiosa cuando se usan altas concentraciones en las dietas. Las enzimas fibrolíticas exógenas han ayudado a sobreponer la depresión en la digestión de la fibra esto ocurre cuando se usan altas concentraciones en las dietas (*Krause, et al., 1998*)

Desde 1990 se vienen realizando trabajos en los que se estudia el empleo de enzimas exógenas en cerdos y pollos, alimentados con cereales “viscosos” (trigo, cebada, centeno). Es precisamente el alto contenido del endospermo de la cebada en betaglucanos solubles, lo que le confiere esa naturaleza viscosa; es también verdad, que este fenómeno es muy claro en pollos y no tanto en lechones (cerdos), por tener éstos un contenido digestivo con mayor humedad (entorno a 10% más) (*Duran, y Jiménez, 2002*).

Diversos estudios han demostrado que la mezcla de enzimas exógenas fibrolíticas junto con las enzimas amilolíticas se han obtenido buenos resultados ya que las enzimas amilolíticas ayudan a aumentar la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica; y a su vez las enzimas fibrolíticas en el forraje ayudan a mejorar la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) y materia seca (MS). Estos resultados serán positivos siempre y cuando tomemos en cuenta la cantidad de inclusión de enzimas el tipo de forraje y grano (*Meneses, et al., 2001*).

El uso de enzimas fibrolíticas en dietas altas en granos, conteniendo principalmente cebada en grano pueden mejorar la digestión de la fibra y la utilización del grano, pero el modo de acción es aun confusa (*Krause, et al., 1998*).

Adicionando celulasas y xilanasas se puede mejorar la digestión de la fibra; así de igual manera el uso de enzimas fibrolíticas exógenas mejora la digestión de la MS y FDN en los forrajes (*Yescas, et al., 2001*)

Algunos beneficios que muestra el suplementar enzimas exogenas a dietas en pollos de engorda son: (*SturKie, 1976*), citado por *Montesinoz, 1999*.

Resultan con una mejor conversión alimenticia.

Aumento de la ganancia de peso.

Mejoraría la calidad de la parvada

Habría menores pérdidas en la canal.

Esto se debería principalmente a que estas reducirían la viscosidad de la digesta y aumentaría la digestión de los nutrientes, (la viscosidad es grandemente debido a la solubilidad de polisacáridos no almidones).

Para poder hacer un uso o aplicación de las enzimas se requiere un conocimiento de la utilidad y de las limitaciones de los productos enzimáticos, además de determinar las circunstancias productivas donde las enzimas son beneficiosas (*Campbell, 1993*).

El conocimiento básico de los mecanismos de acción de las enzimas así como los factores que modifican su actividad pueden ser la clave para obtener mayor cantidad de energía de los alimentos que actualmente se utilizan y poder incrementar la producción de los alimentos de origen animal para satisfacer la demanda de alimentos de origen animal (*Mendoza, 2000*).

Proteasas

Las proteasas son un grupo de enzimas que tienen la capacidad de degradar total o parcialmente las proteínas. Estas enzimas son responsables de múltiples funciones biológicas, de tal suerte que podemos afirmar que la vida sin proteasas sería imposible. Las primeras funciones adscritas a las enzimas proteolíticas derivaron de su implicación en la digestión de las proteínas de la dieta. Con el tiempo su significado se ha ampliado notablemente y se ha reconocido su papel central y específico en múltiples procesos, como la coagulación sanguínea y la cicatrización de las heridas, la ovulación y la fertilización, la implantación y el desarrollo de embriones, la formación de los huesos, la adquisición de recuerdos. Esta impresionante diversidad funcional se ha conseguido a lo largo de los miles de años de evolución biológica, a través del diseño y creación de una gran variedad de proteasas que actúan mediante sistemas en cascadas, combinándose de distintas maneras y ampliando sus efectos biológicos (<http://alquimicos.com/quimp.rin/41/proteasas.html>).

Las proteasas, (enzimas proteolíticas) son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas y de los péptidos. Se suele distinguir entre las proteinasas (endopeptidasas) y las peptidasas (exopeptidasas) (*white, et al., 1977*).

Lipasas

La acción de una enzima capaz de hidrolizar las grasas naturales y los aceites, fue descrita ya por Claude Bernard en 1846, pero el nombre de lipasa fue usado por primera vez por Arito cincuenta años más tarde. Las lipasas son esterasas cuyas especificidades abarcan los ésteres de los ácidos grasos de cadena más larga y cuya acción hidroliza activamente a las grasas neutras superiores y los aceites, o sea a los triglicéridos de los ácidos palmíticos, esteárico y oleico. El PH óptimo para las lipasas oscila de 7,0 a 9,0, dependiendo del sustrato y de la presencia de los aceleradores (*King, 1968*).

Las verdaderas lipasas hidrolisan las grasas en ácidos grasos de cadena largas y glicerina. Por ejemplo, la lipasa del páncreas y muchas lipasas de plantas (*White, et al., 1977*).

La lipasa pancreática, en la que se ha concentrado el interés clínico, se diferencia de otras esterasas en que solo actúa en la interfase Ester-agua y en que es relativamente ineficaz frente a sustratos hidrosolubles. Los ésteres de la glicerina son hidrolizados preferentemente en alfa-posición, liberando un beta-monoglicérido. Es significativo que el complejo triple "sales biliares: ácido graso: monoglicérido" forme un sistema emulgente espontáneamente, en la mucosa intestinal de los animales, de lipasas que son igualmente activas, o solo, frente a beta-monoglicéridos. Generalmente, las lipasas son intensamente inhibidas por la quinina, por muchos aldehídos y por los inhibidores de esterasas (*King, 1968*).

Los ácidos grasos libres también son inhibitorios, mientras que los iones de calcio, que precipitan a los grasos como jabones insolubles, son tenidos como potenciadores de la actividad lipásica. Las sales biliares, que inhiben algo a otras esterasas, aceleran la velocidad de hidrólisis a cargo de las lipasas. Esta acción se debe más bien a la emulsificación del sustrato y a la formación de complejos con los productos de la reacción, que a la activación del enzima, pues con algunos detergentes catiónicos se producen acciones similares (*King, 1968*).

2.11. Amilasas

Se atribuye a Leuchs, en 1831, el descubrimiento de un fermento en la saliva que hidrolizaba el almidón. Payen y Persoz, en 1833, dieron el nombre de “diastasa”- con el significado de “separación”-ala enzima del extracto de malta, pero este nombre acabo convirtiéndose en un termino general para la designación de enzimas y ya no se aplica en los fermentos que hidrolizan al almidón (*King. 1968*).

La actividad amilasica resulta muy afectada por la presencia de iones cloruro. Se trata de una activación aniónica inespecífica, pues otros iones monovalentes, como bromuro, yoduro y nitrato, también afectan la actividad. Esta activación va acompañada por un traslado en el pH hacia el lado alcalino y por cambios en las propiedades físicas de la enzima. La amilasa serica tiene un pH optimo notablemente amplio, que abarca desde 6, 8 a 7,4 cuando esta totalmente activada. Dicha inhibición quedaba abolida por la adicción de iones calcio que, además, incrementaban la resistencia de la enzima frente al ataque proteolitico. Un inhibidor, no dializable, de la amilasa se allá presente en el suero humano normal, pero no en el suero de pacientes con pancreatitis (*King, 1968*).

Algunas enzimas amiloliticas industriales pueden incrementar la digestibilidad in Vitro del almidón y es posible usarlas como aditivos en dietas con una concentración mediana o alta de granos para rumiantes. Algunas enzimas amiloliticas exógenas provienen de la fermentación controlada de bacterias u hongos y se utilizan en la industria alimentaría para la hidrólisis del almidón (*Mora, et al., 2002*).

Enzimas Exógenas En Aves

En la actualidad la suplementacion con enzimas comerciales en la dieta para pollos se ha convertido en una práctica común. La suministración de preparaciones enzimaticas al alimento de las aves ha contribuido a tener un mejor crecimiento, desarrollo y producción así mismo a mejorar su conversión alimenticia (*Cancino, 2001*).

Al emplear enzimas exógenas en las dietas para pollos, se mejoraría notablemente la digestibilidad de la proteína, grasa y la energía

metabolizable, observándose una mejor conversión alimenticia más eficiente (*Peña, 1998*).

El uso de enzimas comerciales en los alimentos para aves puede complementar a las enzimas endógenas del tracto intestinal e incrementar la digestibilidad de los granos y de la pasta de soya por lo que son consideradas promotoras del crecimiento (*Ávila, 2000*)

La suplementación con enzimas en alimentos para aves es necesaria, en algunos casos para eliminar factores antinutricionales de los cereales y así mejorar, por ejemplo, la digestión y absorción del fósforo de dietas en inicio. Desafortunadamente, muchos granos presentan altas concentraciones de ácido fitico conteniendo, entre el 60-80% del fósforo total. El fósforo fitato no es utilizable por los pollos debido a la falta de enzimas necesarias para hidrolizar el fitato en fósforo inorgánico e inositol. Esta limitación presenta 2 problemas: el primero radica en la formulación adecuada de dietas que satisfagan los requerimientos de fósforo de los animales y el segundo, en el impacto ambiental del fósforo no utilizado y excretado en las heces. La adición de fitasa mejora la utilización del fósforo presente en los alimentos al reducir la necesidad de suplementar la dieta con fósforo inorgánico (*Camiruaga, et al., 2001*).

La adición de enzimas exógenas (beta glucanasas, xilanasas) en dietas para aves se ha convertido en una práctica común en los últimos años, como complemento a las que el tracto gastrointestinal produce (*Cortés, et al., 2002*).

El cereal en grano es el mayor contribuidor de energía en las raciones para pollos. Sin embargo el centeno no es comúnmente usado porque contiene factores antinutricionales tales como las pentosas que reducen los valores nutritivos. Algunos autores demostraron que dietas altas en centeno para aves ponedoras tuvieron efectos adversos en la producción de huevo y la eficiencia alimenticia. Para poder mejorar el desempeño de los pollos se han realizado estudios con la suplementación de enzimas crudas fungoides (celulasa), los resultados que se obtuvieron disminuyó la viscosidad y hubo mejor absorción de los nutrientes así también se observó una mejor excreción (*Pan, et al., 1998*).

La cebada en la actualidad es usada como un componente en la dieta para pollos, sin embargo se sabe que la cebada contiene un factor antinutritivo (B-glucanasa) este es responsable de elevar la viscosidad en el intestino, y de alguna manera conlleva a deteriorar la digestibilidad del nutriente (*Fuente, et al., 1998*)

Adicionar enzimas en dietas para pollos de engorda a base de cebada, se han obtenido resultados positivos ya que han incrementado la digestibilidad del alimento y además mejora la absorción del almidón, grasa (*Cancino, 2001*).

Hasta hace algunos años, se suponía que el maíz, la pasta de soya, y el sorgo, no ocasionaban problemas digestivos; sin embargo, se producen cantidades considerables de material viscoso que afectan la digestión y la absorción. Con la utilización de enzimas en las dietas se mejora la productividad de las aves (*Cortés, et al., 2002*).

El sorgo es también un cereal frecuentemente utilizado como fuente de energía en dietas de aves. Su disponibilidad de fósforo es también baja. Otra característica del sorgo es la presencia de taninos que reducen su valor nutricional para animales no rumiantes disminuyendo la digestibilidad de la materia seca y la proteína al enlazarse con alguna de sus fracciones. Los taninos también inhiben las enzimas digestivas in vivo e in Vitro. Al reemplazar el maíz por sorgo con gran cantidad de taninos se afecta adversamente el crecimiento y la eficiencia alimenticia (*Camiruaga, et al., 2001*).

Cuando las dietas son a base de trigo, cebada, avena o triticale, las enzimas reducen la incidencia de camas húmedas, como resultado de una incidencia en la producción de material viscoso proveniente de los polisacáridos no almidonados contenidos en estos granos, los cuales reducen la absorción de nutrimentos y son depositados en las excretas (*Cortés, et al., 2002*)

El triticale se presenta como una alternativa de sustitución al maíz gracias a sus características agronómicas y composición química muy parecidas a éste. Su digestibilidad es igual o más alta que la del trigo. Los niveles óptimos de inclusión de triticale en dietas de broilers son de 0-50% de reemplazo del maíz. Con porcentajes superiores se

observan disminuciones en los parámetros productivos de los animales (*Camiruaga, et al., 2001*).

La cebada, el centeno, la avena, el trigo, se ha encontrado que el uso de estos cereales reduce los parámetros productivos como consecuencia directa o indirecta de un aumento de la viscosidad intestinal lo cual, entre otras cosas, reduce la digestibilidad de los nutrientes de la dieta, y en consecuencia, el valor energético de la misma. No obstante numerosos trabajos han demostrado que la adición de enzimas ha disminuido estos efectos, permitiendo así una mayor utilización de estos cereales (*Álvarez, 1999.*)

La selección apropiada de las enzimas con que se suplementará la dieta dependerá de su sitio de actividad, Las características del substrato, del rango de actividad enzimática y del estado fisiológico del animal. Los efectos benéficos de muchas enzimas alimenticias son mayores en aves jóvenes que en adultas (*Camiragua, et al., 2001*). Varios autores han investigado sobre la respuesta productiva de los no rumiantes frente a una suplementación enzimática en las dietas, midiendo las variables como peso vivo, consumo alimenticio, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso de canal, tamaño y peso de órganos internos, porcentaje de retención de calcio y fósforo en las tibias, mediante la obtención de cenizas, cantidad de fósforo eliminado en las heces y cantidad de fósforo y calcio en la sangre. Los resultados son variables y dependen del tipo de enzima aplicado (*Camiruaga, et al., 2001*).

Las enzimas β -glucanasa celulasa y proteasa se han usado como suplemento con buenos resultados especialmente en dietas basadas en trigo, triticale, cebada (10-50%) y centeno. Ellas actúan sobre los presentes en la pared celular de las plantas disminuyendo la viscosidad de tracto gastrointestinal, aumentando la digestibilidad de la materia seca, proteína y aminoácidos (met, cis, y lis), incrementando el contenido de energía metabolizable en la dieta, reduciendo la retención de grasa, tamaño y peso del duodeno, yeyuno, ileon, colon, páncreas, hígado y proventrículo y de esta manera reduciendo el consumo de alimento, mejorando la ganancia de peso y conversión alimenticia. Se han obtenido resultados, confirmado que la suplementación enzimática es necesaria en dietas de broilers que

contienen altos niveles de PNA y grasa animal saturada (*Camiruaga, et al., 2001*).

La adición de la enzima proteasa y celulasa a dietas de broilers basadas en maíz y harinolina o maíz y pasta de soya, mejora el peso corporal promedio y la eficiencia alimenticia a los 42 días de edad pero disminuye los niveles de albúmina sérica, triglicéridos, colesterol y calcio, incrementando los de gama glutamil transaminasa y aspartato aminotransferasa. La proteasa y celulasa usadas en leguminosas actúan básicamente en el ámbito de polisacáridos distintos al almidón ofreciendo más energía al sistema. Se ha calculado que para la soya se obtiene un incremento de energía metabolizable entre 5 a 8% dependiendo si tiene grasa completa. También se ha observado un aumento del 5% en la disponibilidad de metionina-cistina y lisina (*Camiruaga, et al., 2001*).

La celulasa mantiene su actividad aún cuando es sometida a temperaturas de peletizado de 80°C, disminuyendo la viscosidad a cualquier nivel de temperatura algunos trabajos obtuvieron una mejora de la conversión alimenticia en 6,5% al utilizar enzimas, afirmando que son suficientes las dosis de 350 gr. de B-glucanasa/ 1000 Kg. de dieta y 200 gr. de proteasa/1000 Kg. de dieta para obtener óptimos resultados. El peletizado puede causar la ruptura de la pared celular del endosperma, incrementando la utilidad de los nutrientes, probablemente en forma similar al efecto por la suplementación enzimática, excepto en que el peletizado no reduce la viscosidad intestinal (*Camiruaga, et al., 2001*).

La fitasa, al hidrolizar el fitato a inositol y fosfato inorgánico, mejora la utilidad de la proteína, aminoácidos y nitrógeno en cerdos y aves. Esta enzima puede ser aplicada a dietas basadas en harina de soya, sorgo, avena y maíz y puede producir diversas acciones benéficas en los animales no rumiantes como aumentar el consumo alimenticio y ganancia de peso vivo, mejorar la digestibilidad de la materia seca, del nitrógeno y de los aminoácidos, reducir el contenido de fósforo en las heces hasta en un 50%, mejorar la utilización de Ca: P (1,3:1), disminuir la fosfatasa alcalina de la sangre, aumentar el fósforo sérico y la concentración de magnesio y zinc en la tibia, incrementar el fósforo metatarsal y la concentración de Ca y P tibial al agrandar las zonas cartilaginosa y proliferativa. Añadida junto con el fósforo

orgánico (no fitatos) que posee la harina de soya se evita añadir fósforo inorgánico a las dietas y añadida junto con colecalciferol (D 3) y apropiadas relaciones de Ca y P total se constituye en un factor importante para degradar los fitatos y mejorar la utilización de Ca y P fitato en pollos asaderos (*Camiruaga, et al., 2001*).

Estudios recientes muestran que la fitasa microbiana, es una enzima que tiene la capacidad de hidrolizar el fitato, mejorando la disponibilidad del fósforo, y de otros minerales como calcio, magnesio, y nitrógeno. La respuesta de las aves a la fitasa microbiana depende del nivel en la dieta, estudios in Vitro se encontró que la actividad máxima fue un pH de 2.5 a 5.0. Considerando que el sitio de acción es en el estomago, cuyo pH es de 4.4, puede inducirse que la acidificación en las dietas reduce el pH gástrico, esto demuestra que hay una mejor utilización de la fitasa y tiene como consecuencia una mejor digestibilidad del fitato (*Vargas, et al., 2001*).

La cantidad de actividad de fitasa presente en cereales puede variar de acuerdo al cultivo, edad y/o condiciones de almacenaje y secado. Para que esto sea efectivo, el cereal usado como origen de fitasa debe incluirse a la concentración más alta que se justifique económica y nutricionalmente.

La fitasa es también producida por los hongos *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus*, bacterias *Pseudomonas* y *Bacillus subtilis*, levaduras y por algunos microorganismos del rumen y de la tierra. La producción comercial de fitasa para ser usada como suplemento enzimático exógeno en dietas es más fácil obtenerla de cultivos microbiales, siendo ésta además más efectiva dentro del ambiente gastrointestinal (*Camiruaga, et al., 2001*).

En pollos, la hidrólisis del fitato ocurre principalmente dentro del buche (pH 5-6), el proventrículo y molleja (pH 2-4). Esto puede explicar, en parte, la efectividad y consistencia de la acción de la fitasa microbial comparada con la procedente de las plantas. Algunas investigaciones adicionaron fitasa a dietas base de maíz y trigo y encontraron que en la etapa de 0 a 21 días el peso vivo fue de 597 gr., la conversión alimenticia de 1,68 y viscosidad intestinal 2,39 a una dosis de 200mg de fitasa/Kg (*Camiruaga, et al., 2001*).

Altos contenidos de calcio y magnesio en la dieta reducen la actividad de la fitasa intestinal en pollos. Otras investigaciones reportaron que la suplementación con fitasa a una dieta baja en calcio (0,6%), causan absorción de minerales y desarrollos superiores en broilers comparados con los alimentados con un contenido normal (1,0%) o superior (1,25%) de calcio. Dietas altas o normales de calcio con suplementación de fitasa microbiana, causan una ganancia de peso vivo, consumo alimenticio y retención de calcio y fósforo reducido, comparadas con dietas que contienen bajos niveles de calcio (Camiruaga, et al., 2001).

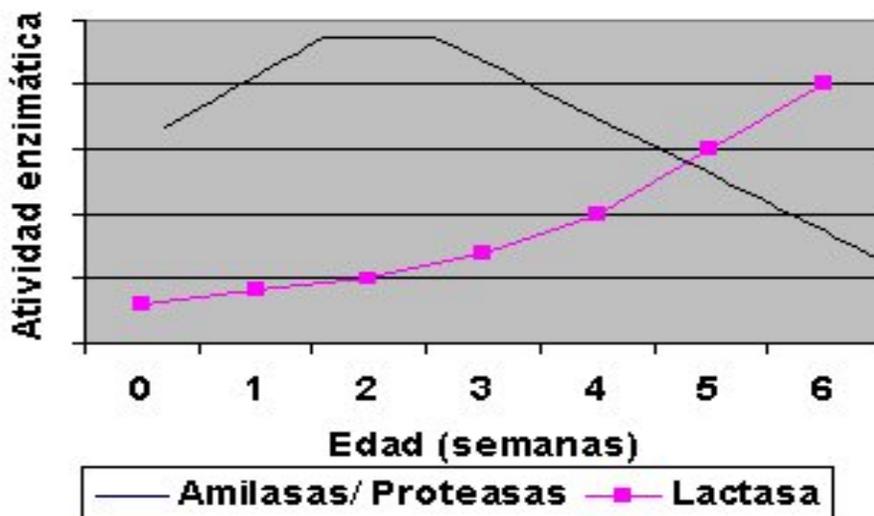
2.13. Enzimas Exógenas En Cerdos

En los últimos años, y debido a un aumento de las producciones intensivas de cerdos y aves en el marco de la UE, se han desarrollado muchos estudios intentando minimizar el impacto contaminante del exceso de nitrógeno y fósforo que las deyecciones de estos animales producen en el medio ambiente (Duran, y Jiménez, 2002)

El cerdo es incapaz de digerir entre el 15 y el 25% del alimento que consume por las siguientes razones:

Este no produce enzimas suficientes para digerir toda la fibra
 La digestión es menos eficaz por factores antinutritivos como los betaglucanos presentes en la cebada y los xilanos en el trigo
 Después del destete el lechón necesita tiempo para madurar el proceso de producción de sus propias enzimas

La nutrición en la fase del crecimiento del cerdo es muy importante. En la lactancia el sistema enzimático del lechón está adaptado para digerir los nutrientes naturales de la leche lactosa, lípidos de cadena



cor
 a y
 prot
 eína
 lácte
 a las
 mat
 eria
 s

primas de origen vegetal empleadas en los piensos del destete (cereales, harinas de vegetales, grasas saturadas) van a suponer un aporte de nutrientes para los que el lechón todavía no tiene un equipo enzimático adecuado, por lo que se produce una caída natural en la secreción de enzimas y su recuperación y adaptación a los nuevos sustratos tienen lugar de forma progresiva, no teniendo lugar hasta los 8 meses de vida (Fig. 2.7), (Arce, 2003)

Fig.2.7. Actividad enzimática conforme a la edad en semanas del lechón. Fuente: <http://www.degesa.com>

El lechón al destete tiene limitada su habilidad para digerir almidones complejos y la proteína que se encuentra en los granos de cereales y en la harina de soja. Esto es debido a los bajos niveles de amilasa y proteasa presentes en el tracto digestivo que digieren el almidón y la proteína. Ello supone que una mayor cantidad de pienso sin digerir llega al intestino y allí puede servir de sustrato a las bacterias para su multiplicación (Cuadro 2.4), (Serra, 2001).

Cuadro.2.4. Enzimas digestivas producidas por el cerdo (Cervantes, 2000)

Enzima	sustrato	Sitio de síntesis	Especificidad (residuo)
pepsina	proteína	Pared gástrica	
Amilasa	Almidón	Páncreas	Glucosa alfa 1-4
Lipasa	Grasas	Páncreas	Ac. Grasos
Nucleasa	Ácidos nucleicos		Nucleótidos

Endopeptidasas

Tripsina	proteínas	Páncreas	Lis, Arg.
Quimotripsina	Proteínas	Páncreas	Fen, tir, leu
Elastasa	proteínas	Pancreas	COOH-alifáticos

Exopeptidasas

Carbopeptidasas A	Proteínas y peptidos	Páncreas	AA neutros
Carbopeptidasa B	Proteínas y	pancreas	Arg, Lis

	peptidos		
--	----------	--	--

Aminooligopeptidasa	petidos	Pared intest.	NH2- Leu
Aminopeptidasa A	peptidos	Pared intest.	NH2-glu, Asp
Gli-lisina peptidasa	petidos	Pared intest.	Gli, Leu
Asp-lisina peptidasa	petidos	Pared intest.	NH2.Asp
Dipeptidil aminopeptidasa	petidos	Pared intest.	NH2,cualquiera
Carboxipeptiada	petidos	Pared intest.	COOH- penúltimo

Las enzimas proteolíticas exógenas mejoran la disponibilidad de los aminoácidos, disminuyendo el desperdicio de proteínas. La adición de aminoácidos (AA) sintéticos, en dietas bajas en proteína para cerdos en crecimiento, mejora el balance entre los AA de la dieta, y como consecuencia, reduce la contaminación ambiental al disminuir la excreción de nitrógeno en heces y orina (Fig. 2.8), (Morales, et al., 2002).

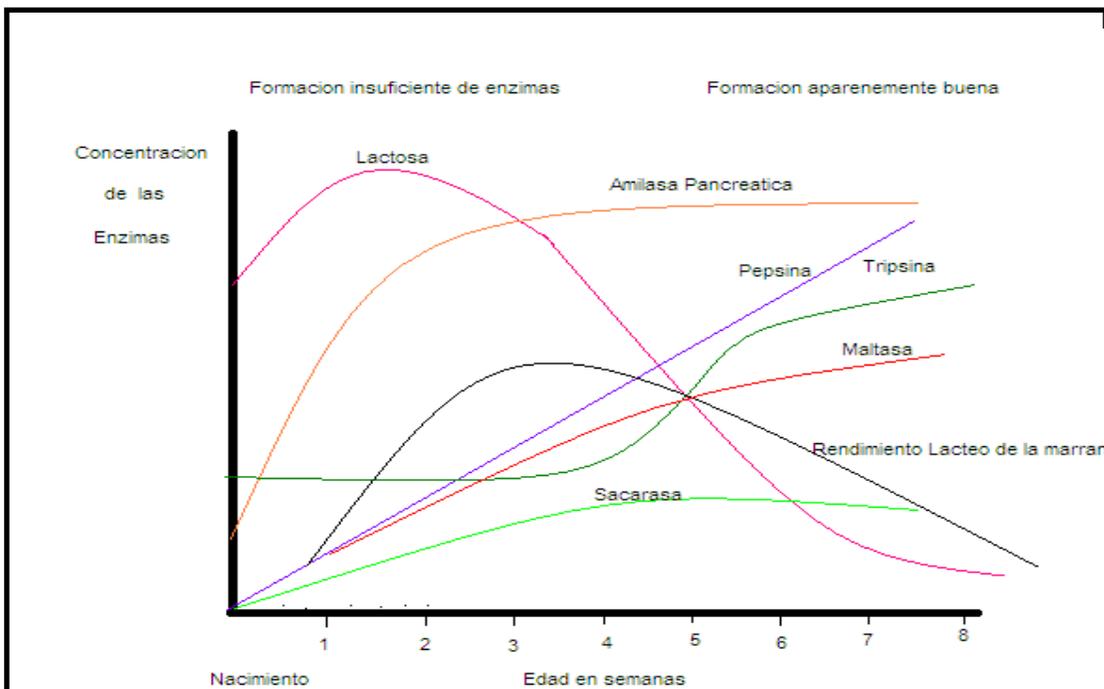


Fig. 2.8. Desarrollo de los sistemas enzimáticos digestivos del lechón. (Barreda, 1986)

La disminución del contenido de N procedente de las deyecciones se ha abordado con diferentes estrategias nutricionales (formulación con aminoácidos disponibles, mejora de la utilización de la proteína con diferentes enzimas, etc.) (*Duran, y Jiménez, 2002*).

El fósforo es un mineral imprescindible para el crecimiento de los animales, debido a su influencia en el ciclo energético, en la formación de huesos y como regulador de la ingesta. El fósforo presente en los vegetales (base de la alimentación de las aves) se encuentra básicamente formando el ácido fítico, muy poco asimilable por los animales. Por tal motivo, se suplementan las dietas con fósforo inorgánico, a menudo en exceso, que en parte revierte al medio ambiente, dando lugar a problemas medioambientales en áreas de gran concentración de producciones intensivas de animales (*Duran, y Jiménez, 2002*).

En la última década se ha estudiado el efecto que la incorporación de la enzima fitasa produce en el aumento de la biodisponibilidad del fósforo fítico, con lo que se reduce la cantidad de fósforo inorgánico añadido a las dietas y, por tanto, la disminución del fósforo excretado. Se ha descrito que la incorporación de este enzima produce además mejoras de la disponibilidad de otros minerales (calcio, zinc, cobre, hierro, etc.), pero dependientes del nivel de calcio y de vitamina D3, y de la fuente de fibra (*Duran, y Jiménez, 2002*).

Han, et al, (1998). Realizo investigaciones en cerdos destetados en desarrollo Landrace, Yorkshire, Duroc (mestizos) con dietas a base de maíz, semilla de soya (harinas), adicionando 10% de trigo mediano, 300 unidades de fitasa microbial por Kg./alimento y 1.5% de Ácido Cítrico. Los resultados fueron que se pudo lograr substituir un 0.2% del fósforo inorgánico, además que hubo incrementos diarios de peso corporal, y altas ganancias.

Por otro lado, los efectos beneficiosos de la adición de fitasa a las dietas son, más importantes los aumentos de consumo y mejores índices de conversión que en los derivados de la propia liberación del fósforo, es decir, en los llamados “side effects” (efectos del lado), (básicamente, mejora de parámetros productivos, del valor de energía

de las dietas, de la utilización de diversos minerales, y de la proteína), aunque existe una gran controversia en algunos de estos efectos. Existen muy pocos estudios sobre el papel de la fibra y otros hidratos de carbono en la actuación de estas enzimas (interacción positiva o negativa) (*Duran, y Jiménez, 2002*).

Investigaciones recientes han mostrado resultados positivos en la suplementación con enzimas. Rodríguez, 2000, reporto que al incluir hojuelas de avena en la ración de los cerdos durante la engorda se había mejorado la conversión alimenticia ($P < .01$), con valores de 3.73, 3.46, 3.32, y 3.17 para los niveles de hojuelas en la dieta 0, 15, 30 y 45% respectivamente, lo cual represento una reducción de hasta el 17.9% en la conversión alimenticia con el nivel de 45% de hojuelas de avena en la dieta, en tanto que el compuesto enzimático (Celulasas y proteasas) no tuvo efecto alguno ($P > 0.5$) sobre el comportamiento en la engorda pero si mejoro el rendimiento de la canal en los cerdos con un incremento significativo ($P < .05$) en la grasa dorsal de los mismos.

Las carbohidrasas son enzimas de aplicación en el alimento de los cerdos destados, en los que se busca mejorar la digestibilidad de la fracción PNA y otros componentes almidonosos (el mismo almidón).

Maíz, trigo, cebada, los principales cereales en la alimentación porcina, contienen niveles importantes de paredes celulares, pero difieren en su porcentaje y su composición. Algunos estudios han mostrado que existe una mejora productiva en el post-destete a medida que la molienda de maíz y sorgo se hizo más fina, invitan a pensar en que el efecto positivo se debe a una reducción en el encapsulamiento por las paredes celulares, del resto de nutrientes. A pesar de este efecto beneficioso gracias a la mejora de la molienda, en este caso del maíz y sorgo, no debemos olvidar los costos económicos que la aplicación de estos procesos tecnológicos entrañaría (*Duran, y Jiménez, 2002*).

2.14. Enzimas Exógenas En Rumiantes.

Por sobre 30 años de investigación se ha buscado mejorar la producción en los rumiantes a través de incluir enzimas exógenas en el alimento como aditivo. Recientes experimentos implican

principalmente amilasas y preparaciones a base de proteasas. La adición directa de enzimas fibrolíticas en las dietas para los rumiantes tuvieron incrementos en la actividad ruminal y la digestión total de el tracto, DM y NDF (*Hristov, et al., 1998*)

El uso de enzimas para mejorar la calidad de la dieta de los rumiantes puede ser visto como un gran reto; como se sabe el tracto digestivo de los rumiantes es mas complejo que el de los pollos (*Martínez, 1997*).

Diversos estudios han usado enzimas como aditivos en dietas para rumiantes estas contenían principalmente forraje y se reporto que había mejorado la digestión. Además, reportaron que las enzimas contenían actividad fibrolítica y esto había mejorado la digestión en los nutrientes del alimento en el ganado bovino dichas dietas eran con altas concentraciones que contenían cebada en grano (*Krause, et al., 1998*)

Varias enzimas celulolíticas se han usado para incrementar la digestión ruminal de la fibra y mejorar la producción en rumiantes (*Rojo, et al., 2001*).

La formulación de raciones para ganado lechero de alta producción o de ganado de carne de rápido crecimiento ha sido atestado de los problemas inherentes con la digestibilidad de varias fibras o almidones. Las investigaciones han demostrado que las enzimas fibrolíticas exogenas pueden ser usadas para aliviar muchos problemas con la digestibilidad de los almidones.

Mucho se sabe acerca del rumen, pero aunque se ha intentado modificar su función mediante el uso de enzimas, los resultados han sido mucho menos notables que los obtenidos en pollos. No obstante, la dificultad en el uso de enzimas para dietas de rumiantes, obstaculizado por la complejidad del rumen y lo caro que resulta trabajar con borregos o con ganado como animales experimentales, la oportunidad para usar enzimas exogenas como aditivos del alimento existe. En base a esto, dos observaciones han sido encontradas en los rumiantes: (*Martínez, 1997*).

La digestibilidad de la materia orgánica en rumiantes rara vez llega a 100% y frecuentemente es considerada menor.

Muchos productos nuevos, algunos de mala calidad, han sido ofrecidos para el uso de rumiantes, así como enzimas como promotores del desdoblamiento de partículas en el rumen o en el tracto digestivo.

El uso de enzimas en rumiantes ha sido recientemente revisado por varios autores. Las enzimas pueden tener aplicación en la nutrición de rumiantes en dos formas:

Como agentes mejoradores de ensilajes.

Como aditivos del alimento, esperando que actúen antes de la ingestión o en algún punto durante el pasaje a través del tracto gastrointestinal de los animales.

La digestión ruminal del almidón es uno de los factores más importante que determina el comportamiento productivo de los rumiantes alimentados con dietas altas en granos. Se han desarrollado procesos (rolado en seco, rolado con vapor) para incrementar la tasa de digestión del almidón y el vapor energético de los granos (*Rojo, et al., 2001*).

El uso de enzimas amilolíticas exógenas ha recibido poca atención como tratamiento para los granos o como aditivo alimenticio en rumiantes. Las enzimas amilolíticas en el rumen son extracelulares o ligadas a la membrana y las extracelulares son las más importantes dentro de las bacterias amilolíticas. Las amilasas están presentes en los protozoarios y en hongos ruminales (*Rojo, et al., 2001*)

Algunos ejemplos de resultados satisfactorios del uso de enzimas en dietas para rumiantes, basadas en forraje; se han realizado algunas investigaciones sobre un número considerable de experimentos, en el efecto de las enzimas en dietas para rumiante y registraron resultados obtenidos tanto positivos como negativos desde 1960. Estudios recientes muestran efectos positivos de administrar enzimas en dietas para vacas lecheras en producción y ganado en crecimiento (*Martínez, 1997*).

Preparaciones con enzimas fibrilíticas han demostrado que se ha podido mejorar el valor nutritivo, en dietas compuestas de heno de alfalfa y cebada. El consumo de materia seca (CMS) se incrementó en un 10.7% comparado con la dieta control, mientras que la producción de leche se incrementó en un 14.8%. Las vacas alimentadas con dietas tratadas con enzimas produjeron 1.3 Kg. de leche más que las alimentadas con las dietas de control. El consumo también

incremento en 2 Kg/d. Las dietas a base de heno y alfalfa, presentan considerables beneficios al ser tratadas con enzimas (*Martínez, 1997*).

Dietas a base de cereales; con efecto de las enzimas exógenas han tenido efectos más homogéneos. Beauchemin y Rode revisaron algunos experimentos. Estos autores postulaban que la cebada comparada con el maíz, tienen niveles más altos de fibra y menor contenido de almidón. En este caso, las preparaciones a base de enzimas Xilanas y Celulasas se esperaba que tuvieran un efecto más marcado en incrementar la calidad nutritiva de la cebada, comparada con el maíz, como se ha demostrado en digestibilidad in Vitro (*Martínez, 1997*).

Martínez 1997. Para optimizar el funcionamiento de los rumiantes, se requiere tener algunos objetivos, e implementar algunas estrategias nutricionales:

Maximizar la fermentación de carbohidratos, los cuales no son digeridos o absorbidos en el intestino delgado.

Minimizar la fermentación de los carbohidratos que pueden ser digeridos o absorbidos en el intestino delgado.

Maximizar la síntesis de proteína microbiana a partir de NNP.

Minimizar el desdoblamiento de proteína dietaria.

Martínez 1997. Los carbohidratos en los rumiantes pueden ser clasificados en dos formas:

Los que son digeridos y absorbidos en el intestino delgado (carbohidratos disponibles). Monosacáridos como glucosa, fructosa, y galactosa los disacáridos como la lactosa y la maltosa, y los almidones.

Los que no están disponibles, polisacáridos no almidones (PNA) así como los oligosacáridos como series de rafinosa y oligosacáridos de fructosa.

Estudios realizados por *Mora, et al., (2002)*. Reportaron que en dietas para borregos a base de grano de sorgo, rastrojo de maíz, pasta de soya, melaza, urea y minerales; tratada con amilasa (A-Amilasa del bacillus licheniformis y glucoamilasas del aspergillus Níger)) y sin tratar. Los resultados arrojaron que era posible usar los dos tipos de amilasas como aditivos para mejorar la digestibilidad ruminal del

almidón de los granos del sorgo, sin cambiar las variables de la fermentación ruminal; y también se mejoró el consumo del alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia; tampoco fueron afectados por los tratamientos con enzimas

3. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como conclusión, al hacer un análisis de varias investigaciones; el usar altas concentraciones en dietas a base de cereales y granos pueden causar serios o severos problemas a los animales ya que estos contiene factores antinutricionales como los Polisacaridos no amilaceos, B-glucanos, xilanos etc., incluso pueden contener niveles de taninos, y además, que como se sabe la falta de degradación total o parcial de la fibra, todo esto puede conllevar a diarreas específicas, acidosis, úlceras gástricas, abscesos en el hígado, hinchazones, etc.

En las diversas investigaciones realizadas se ha podido contrarrestar todos esos problemas con el uso de Enzimas Exógenas se han obtenido resultados positivos.

En el caso de las aves y cerdos al utilizar B-glucanasas, celulasas y proteasas se han obtenido incrementos de peso, disminución de la viscosidad del tracto gastrointestinal, aumentos de la digestibilidad de la materia seca, proteína y aminoácidos, incrementos de la energía metabolizable, reducción de retención de la grasa, tamaño y peso del duodeno, yeyuno, ileon, colon páncreas hígado y proventriculo de esta manera reduciendo el consumo de alimento, mejorando la ganancia de peso y conversión alimenticia.

El uso de las fitasas en las dos especies mejora la hidrólisis de los fitatos, y además mejora la digestibilidad de la materia seca del nitrógeno reduciendo el contenido de fósforo de las heces en un 50%. En los rumiantes las enzimas amilolíticas son las que más han surtido efectos positivos ya que han logrado degradar mejor el almidón obteniendo con ello mejor consumo del alimento, ganancia de peso y mejores conversiones alimenticias, también se obtuvieron resultados similares con preparaciones enzimáticas a base de celulasas y Xilanasas.

Esto nos da como resultado, que las enzimas exógenas son una alternativa para la mejor nutrición de los animales tanto rumiantes como no rumiantes siempre y cuando tomando en cuenta la base de las dietas y la cantidad de enzimas que se deba de suministrar para obtener resultados positivos.

4. RESUMEN

Las enzimas son proteínas, estas son capaces de catalizar o acelerar una reacción. Como catalizadores, actúan en pequeña cantidad y se recuperan indefinidamente. Los catalizadores son sustancias que modifican la velocidad de las reacciones químicas, sin aparecer productos finales.

Las enzimas son catalizadores específicos o sea que cada enzima cataliza un solo tipo de reacción y casi siempre actúa sobre un único sustrato.

Los factores que afectan la actividad de estas son las siguientes:

1.- La cantidad del sustrato: cuando la enzima se encuentra en exceso, y su concentración permanezca constante, el aumento en la cantidad de sustrato determina un incremento en la velocidad de reacción.

2.- La cantidad de enzimas: cuando el sustrato se encuentra en exceso, el aumento en la cantidad de enzimas, determina un incremento lineal en la velocidad de reacción. Debido a la mayor cantidad de los centros activos para la formación de E-S.

3.- Inhibidores: se pueden inhibir por sustancias que impidan a la formación de un complejo E-s normal. Pueden ser principales competitivos y no competitivos.

4.- El efecto del pH: este afecta de varias maneras: El centro activo puede contener aminoácidos con grupos ionizados que pueden variar con el pH.

El sustrato se puede verse afectado por las variaciones del pH
5.- la temperatura: influye en la actividad. Temperaturas bajas las enzimas se encuentran muy rígidas y cuando sube a un valor considerable (>50) la actividad cae bruscamente por que como proteínas esta es desnaturalizada.

6.- Cofactores: pueden ser iones inorgánicos como el Fe^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , etc.

Las enzimas se clasifican en 6 grupos de acuerdo a su mecanismo de acción:

- 1.- Oxidorreductasas. Transfieren H o Electrones (e^-) de un sustrato a otro. Reacciones de oxidorreducción.
- 2.- Transferasas. Catalizan la transferencia de un grupo químico (distinto del hidrógeno) de un sustrato a otro.
- 3.- Hidrolasas. Catalizan las reacciones de hidrólisis.
- 4.- Liasas. Catalizan reacciones de ruptura o soldaduras de sustratos.
- 5.- Isomerasas. Catalizan interconversiones de isómeros.
- 6.- Ligasas. Catalizan la unión de 2 sustratos con hidrólisis simultánea de un nucleótido trifosfato (ATP, GTP, etc.).

Las enzimas son producidas de manera natural por todos los seres vivos. Estas pueden acelerar las reacciones químicas del organismo de ellos. Además aceleran las rupturas del alimento, de moléculas grandes a moléculas pequeñas y de esa manera son absorbidas por las membranas intestinales en los animales para su crecimiento. Se utilizan esencialmente para aumentar la disponibilidad / convertibilidad de componentes alimenticios, para degradar o destruir sustancias antinutritivas, complementan o apoyan a las enzimas propias del cuerpo.

Uno de los mayores impactos en la nutrición animal durante las últimas dos décadas ha sido el uso de enzimas exógenas. Dichas enzimas se emplean con el objeto de complementar la acción de las enzimas que se producen en el aparato digestivo.

El usar mezclas enzimáticas se ha visto que reduce el efecto de compuestos antinutricionales presentes en las dietas (NSP, B-glucanos y Xilanos) presentes en cereales. También se sabe que mejora la digestibilidad de los nutrientes del alimento.

Las enzimas exógenas se pueden considerar como aditivos biotecnológicos, estas se pueden extraer mediante fermentaciones con bacterias, levaduras, u hongos; pueden producirse amilasas, lipasas, proteasas, y celulasas.

Para poder hacer un uso o aplicación de las enzimas se requiere un conocimiento de la utilidad y de las limitaciones de los productos enzimáticos, así como los factores que modifican su actividad ya que pueden ser la clave para obtener mayor cantidad de energía de los alimentos que actualmente se utilizan y poder incrementar la

producción de los alimentos de origen animal para satisfacer la demanda de alimentos de origen animal.

Las proteasas son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas y de los péptidos. Son un grupo de enzimas que tienen la capacidad de degradar total o parcialmente las proteínas.

Las lipasas son capaces de hidrolizar a las grasas naturales y los aceites; son esterasas cuyas especificidades abarcan los ésteres de los ácidos grasos de cadenas más largas y cuya acción es la de hidrolizar activamente a las grasas neutras superiores y los aceites su pH óptimo es de 7, 0 a 9, 0 dependiendo del sustrato y de la presencia de los aceleradores.

Las enzimas amilolíticas algunas provienen de fermentaciones controladas de bacterias u hongos y se utilizan en la industria alimentaria para la hidrólisis del almidón, también es posible usarlas como aditivos en dietas con concentraciones medianas o altas de granos para rumiantes.

Se han realizado varias investigaciones acerca del uso de ellas obteniendo resultados positivos. En la suplementación de enzimas en dietas para aves a base de cereales se ha visto que reduce los problemas digestivos disminuyendo el material viscoso que producen estos obteniendo conversiones alimenticias de un 6 y un 9% incrementos de ganancia de peso de un 13 y 9.

Investigaciones en dietas para pollos Broiler se adicionaron enzimas proteasas y celulasas a base de maíz y harinolina o maíz y pasta de soya; los resultados un mejor incremento en el peso corporal promedio, mejor eficiencia alimenticia a los 42 días de edad. Otras investigaciones reportaron que la EM aumentaba de un 2.90 kcal/g a 3.13 kcal/g en dietas sin y dietas tratada. Conteniendo cebada y semilla de canola a base de B-glucanasa, proteasas y hemicelulasas.

El fósforo es un mineral imprescindible para el crecimiento de los animales, debido a su influencia en el ciclo energético, en la formación de huesos y como regulador de la ingesta.

La disponibilidad del fósforo es bastante baja en los cereales, en la actualidad se ha buscado la manera de mejorar adicionándolos como un suplemento exógeno, fitasas. En las aves mejora la utilidad de la proteína, aminoácidos y nitrógeno, se pueden obtener un mejor consume alimenticio, ganancia de peso, reduce el contenido de fósforo de las heces hasta un 50%, mejora la utilización Ca:P. Degrada los fitatos principalmente en el buche, proventriculo y molleja.

En cerdos ayudan a digerir los factores antinutricionales presentes en los alimentos, además que ayudan a disminuir el exceso de nitrógeno y fósforo por las deyecciones. Al igual que las aves los cerdos obtienen los mismos beneficios, con la suplementación de enzimas. La carbohidrasas son enzimas de aplicación en piensos de destete, en los que se busca mejorar la digestibilidad de la fracción PNA y otros componentes almidonosos (el mismo almidón).

En rumiantes, el uso de las enzimas para mejorar la calidad de la dieta puede ser visto como un gran reto; como se sabe el tracto digestivo de los rumiantes es más complejo que el de los pollos.

Diversos estudios han usado enzimas como aditivos en dietas para rumiantes estas contenían principalmente forraje y se reportaron que había mejorado la digestión, ya que contenían actividad fibrolítica.

Preparaciones con enzimas fibrolíticas han demostrado que se ha podido mejorar el valor nutritivo, en dietas compuestas de heno de alfalfa y cebada. El consumo de materia seca (CMS) se incremento en un 10.7% comparado con la dieta control, mientras que la producción de leche se incremento en un 14.8%. Las vacas alimentadas con dietas tratadas con enzimas produjeron 1.3 Kg. de leche mas que las alimentadas con las dietas de control. El consumo también incremento en 2 Kg/d. Las dietas a base de heno y alfalfa, presentan considerables beneficios al ser tratadas con enzimas

LITERATURA CITADA

Álvarez Z.R., y Vasco de B. 1999. Índices Digestivos en Aves con Dietas de Afrecillo de Trigo y Enzimas Exogenas. Instituto de producción animal, facultad de agronomía, Universidad central de Venezuela Maracay Aragua, Venezuela. Rev. Fac. Ca. Ven. UCV 40 (4): 233-242.

Arce S.L. 2003. Alimentación del lechón. Boletín.
<http://www.degesa.com>. 22/08/03

Ávila G.E. 2000. Utilización de Enzimas en Dietas para Aves. Centro de enseñanza e investigación y extensión en producción avícola. Facultad de medicina veterinaria y Zootecnia. UNAM.

BASF.2000. [http://www.basf.com.br/](http://www.basf.com.br) 06/04/03

Barderas J.L. 1998. Empleo de Enzimas en la Nutrición Animal.
<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPVI.pfd> 20/05/03

Barreda R.F.J. 1986. Nutrición, Alimentación y Manejo de Cerdos, del Nacimiento a los 20 Kilogramos de Peso Vivo. Monografía. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México. pp. 11

Camiruaga M. García F., Elera y R. Simonetti C. 2001. Respuesta Productiva de Pollos Broilers a la Adición de Enzimas Exógenas a Dietas Basadas en Maíz o Triticale. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía e ingeniería forestal. Cien. Inv. Agr. 28 (1): 23-36.

Campbell G.L. 1993. Utilización de Enzimas en Granos de Cereales: Fitinas, Glucanasas y Pentosas.

http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93cap_pfd_23/06/03

Cancino G.A.D. 2001. Rendimiento en Canal de Pollos Reproductores Alimentados con Dietas Formuladas a Base de Aminoácidos Totales y Digestibles Suplementadas con Enzimas. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 4

Cervantes R.M. 2000. Utilización de Enzimas Exógenas en Dietas para Cerdos. Memorias. VIII Congreso internacional de Nutrición Animal. UACH. Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Méx. pp. 3-11.

Conn E.E., Stumpf P.K. 1977. Bioquímica Fundamental. Tercera Edición. Editorial Limusa. México. pp. 205-206.

Cortes C.A., Águila S. R., Ávila G. E. 2002. La Utilización de Enzimas como Aditivos en Dietas para Pollos de Engorda. Centro de enseñanza, investigación y extensión en producción avícola, Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Artículo científico. México DF.

Duran R., Jiménez., y Rico. 2002. Enzimas Exógenas, sus Efectos sobre la Nutrición y la Flora Microbiana Intestinal del Lechón Destetado. IV jornadas técnicas de porcino NANTA.

Fuente J.M., Pérez de A.P., Flores A. y Villamide M.J. 1998. Effect of Storage Time and Dietary Enzyme on the Metabolizable Energy and Digesta Viscosity of Barley-Based Diets for Poultry. Journal Poultry Science. 77:90:97.

González G. R. y A.S.C.H. 2001. Efecto de Enzimas Fibrolíticas Obtenidas en la FAUANL sobre el Crecimiento de Lechones Destetados. Memorias .XXIX Reunión anual de la asociación mexicana de producción animal. Transferencia de tecnología y competitividad pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 262-265.

Han Y.M., Roneker K.R., Pond W.G. y Lei X.G. 1998. Adding wheat Middlings, Microbial Phytase, and Citric Acid to Corn-Soybean Meal

diets for Growing Pigs May Replace Inorganic Phosphorus
Supplementation. J. Animal. Sci. 76. 2649-2656.

Hristov A.N., McAllister T.A., y Cheng Kuo-Joan. 1998. Effect of Dietary
or Abomasal Supplementation of Exogenous Polysaccharide-
Degrading Enzymes on Rumen Fermentation and Nutrient Digestibility.
. Journal Animal Sci. 76:3146-3156.

Krause M., Beauchemin K.A. Rode L.M., Farr B.I., y Norgaard P. 1998.
Fibrolitic Enzyme Treatment of Barley Grain and Source of Forage in
High-Grain Diets Fed to Growing Cattle. Journal Animal Sci. 76:2912-
2920.

King J. 1968. Enzimología Clínica Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza
España. pp. 203-243.

Martínez R.J.M. 1997. El Uso de Enzimas en Dietas para Rumiantes.
Biotechnology in feed industry.
<http://www3.uach.mx/edu/fz/Enzrum.htm> 18/02/03

Mc Donald E., Greenhalgh., y Morgan. 1999. Nutrición Animal. 5ta.
Edición. Editorial Acribia. Zaragoza España. pp. 117-127.

Mendoza Martínez G.D. 2000. Uso de Enzimas Exógenas en la
Alimentación de Rumiantes. Memorias. VIII Congreso internacional de
Nutrición Animal. UACH. Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Méx. pp.
3-14.

Meneses E., Barcena J.R., Yescas R., Córdoba M. 2001. Empleo de
Enzimas Fibrolíticas y Amilolíticas en la Degradación de Almidón y
Fibra en Raciones para Ovinos. Memorias .XXIX Reunión anual de la
asociación mexicana de producción animal. Transferencia de
tecnología y competitividad pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp.
203-207.

Montecinoz S.S. 1999. Comportamiento de Pollos de Engorda
Alimentados con Dietas a Base de Sorgo-Soya Suplementados con
Enzimas L-Rendimiento en Canal y sus Partes. Tesis. Licenciatura.
UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 4-6.

Morales M. M.A., Cervantez R. M., C. C. M., Figueroa V. J.L., P. M. A., Aralza P. B., y Cervantez R.M. 2002. Digestibilidad Ideal de Aminoácidos y Comportamiento Productivo de Cerdos Alimentados con Dietas a Base de Trigo, Adicionado con una Proteasa Fungal. Artículo en agrociencia. 36: 512-522.

Mora J.G., Barcena G.R., Mendoza M.G.D., González M.S.S., y Herrera H.J.G. 2002. Respuesta Productiva y Fermentación Ruminal en Borregos Alimentados con Granos de Sorgo Tratado con Amilasas. Especialidad de ganadería. de recursos genéticos y productividad. Colegio de postgraduados. Artículo de Agrociencia.36:31-39. Estado de México.

Pan C.F., Igbasan F.A., Guenther W., y Marquardt R.R. 1998. The Effects of Enzyme and Inorganic Phosphorus Supplements in Wheat- and Rye-Based Diets on Laying Hen Performance, Energy, and Phosphorus Availability. Journal Poultry Science. 77:83-89.

Peña Montoya L. 1998. Utilización de Enzimas para Incrementar la Energía Metabolizable y Proteína Digestible en Dietas para Pollos de Engorda. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 2

Rodríguez de G.O.A. 2000. La Biotecnología en la Producción Animal, una Herramienta de Vanguardia. Memorias. VIII Congreso internacional de Nutrición Animal. UACH. Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Méx. pp. 17.

Rodríguez M., Salvador F., Núñez F., y Jiménez J. 2000. Uso de Enzimas y Hojuelas de Avena en la Alimentación de Cerdos. Memorias. VIII congreso internacional de nutrición animal. UACH. Chihuahua, México. pp.53.

Rojo R.R., Mendoza M. G.D., y Crosby G. M. M., 2001. Uso de la Amilasa Termoestable de *Basillus licheniformis* en la Digestibilidad *in vitro* del Almidón de Sorgo y Maíz. Especialidad de ganadería, IREGEP. Colegio de postgraduados. Montecillo Estado de México. Ensayo en agrociencia 35:423-427.

Serra Judit. 2001. Nutrición del Lechón. Departamento técnico de DEGESA- JSR. Comunicado de DEGESA- JSR a ANPROGAPOR. Boletín.

Shimada M.A. 2003. Nutrición Animal. Editorial Trillas. México DF. pp. 224.

Vargas R.L.M., Herrera H.J.G., González A.M., Morales B.E., y Suárez O.M.E. 2001. Fitasa Microbiana y Acido Cítrico en la Excreción y Retención de Minerales en Dietas de Gallinas de Postura. Memorias .XXIX Reunión anual de la asociación mexicana de producción animal. Transferencia de tecnología y competitividad pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 270-273.

Walsh G.A., Murphy R.A., Killeen G.F., Headon D.R., y Power R.F., 1995. Technical Note: Detection and Quantification of Supplemental Fungal B-Glucanase Activity in Animal Feed. Journal Animal Sci. 73:1074-1076.

White A., Handler P., Smith E.L., Hill L.R., Lehman I.R., 1983. Principios de Bioquímica. Sexta Edición. Libros Mc Graw Hill de México. Estado de México. pp 202.

White A., Handler P., y Smith E.L. 1977. Principios de Bioquímica. Libros MC Graw Hill de México. México. DF. pp. 235

Yescas Y.R., Meneses S.E., Barcena G.J.R., Cordero M.J.L. y Martínez H.P.A. 2001. Digestibilidad in Situ de Dietas para Ovinos con Paja de Avena o Rastrojo de Maíz Tratados con un Producto Enzimático Fibrolítico. Memorias .XXIX Reunión anual de la asociación mexicana de producción animal. Transferencia de tecnología y competitividad pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 212-215.

<http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html> 26/08/03

<http://alquimicos.com/quimp.rin/41/proteasas.html> 15/04/03

<http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scan/out32> 24/04/03

