



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“EVALUACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN
DE CERDOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO”.

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

OSCAR RUBÉN LATA PÉREZ

Riobamba – Ecuador

2011

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente tribunal

Dra. Georgina Hipatía Moreno Andrade.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Luis Gerardo Flores Mancheno.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. Hernán Patricio Guevara Costales.

ASESOR DE TESIS

Riobamba, 4 de Enero 2011

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. ANALISIS DE LOS ALIMENTOS	3
1. Análisis Proximal.	3
a. Límites del análisis proximal.	4
B. DIGESTIBILIDAD	5
1. Concepto e Importancia	5 – 6
2. Métodos para medir la digestibilidad	7
a. Método in vivo.	7
b. Método in vitro.	8
3. Variabilidad de los valores de digestibilidad.	9
4. Factores que afectan la digestibilidad.	9
C. NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES (DNT)	10
1. Método para determinar los NDT.	11
C. ENERGIA NUTRICIONAL	12
1. Energía bruta (EB).	12
2. Energía digestible (ED).	13
3. Energía Metabolizable (EM).	14
D. <u>GENERALIDADES LAS ENZIMAS</u>	15
a. ENZIMAS.	15
b. Polisacaridos No Amilaceos (PNA)	16 – 18
c. Enzimas exógenas disponibles.	20
1. <u>Carbohidrasas (Amilasas, Beta-Glucanasas, Xylanases).</u>	20
2. Dietas a base de maíz (y sorgo).	20
3. Proteasas.	21
d. Empleo de enzimas en nutrición animal.	23
e. Enzimas digestivas en el cerdo.	23 -24

f. Enzimas en dietas para cerdas y lechones	24
F. <u>NECESIDADES NUTRITIVAS PARA CERDOS EN CRECIMIENTO</u>	25
1. Determinación empírica de las necesidades.	27
2. Determinación factorial de las necesidades.	27
3. Necesidades de Mantenimiento.	27
4. Necesidades de Crecimiento.	28
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	30
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
1. Localización	30
2. Duración de la investigación	30
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	30
C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	31
a. De la laboratorio	31
1. Materiales	31
2. Equipos	31
b. De campo	31
1. Materiales	31
2. Equipos	31
3. Instalaciones	32
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	32
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	33
1. Laboratorio	33
2. Etapa de crecimiento	34
F. ANALISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	34
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	34
1. Laboratorio	34
2. De campo	35
3. Programa sanitario	35
H. METODOLOGIA DE EVALUACIÓN	36
1. Determinación de la energía digestible	36
2. Determinación de los nutrientes digeribles	37
	38

3.	Determinación del extracto libre de nitrógeno	
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
A.	EVALUACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO.	39
1.	Peso Inicial	39
2.	Peso Final	39
3.	Ganancia de pesos	39
4.	Consumo total de concentrado	40
5.	Conversión alimenticia	40
6.	Costo/Kg de ganancia de peso	42
7.	Mortalidad	42
B.	EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CONTENIDO DE ENERGÍA METABOLIZABLE EN EL ALIMENTO DE CERDOS LANDRACE – YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS	43
1.	Digestibilidad de la Proteína cruda	43
2.	Digestibilidad de la Fibra cruda	43
3.	Digestibilidad del Extracto Etéreo	43
4.	Digestibilidad del Extracto libre de Nitrógeno	44
5.	Nutrientes Digestibles Totales	44
6.	Energía Digestible	44
7.	Energía Metabolizable	44
C.	EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS LANDRACE – YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO.	46
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	48
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	49
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	50 – 52
	ANEXOS	53

RESUMEN

La presente investigación está orientada a optimizar y mejorar la digestibilidad de la dieta de cerdos a base de materias primas vegetales fibrosas, con factores antinutricionales mediante la utilización de enzimas exógenas (Rovabio Exel), en proporciones de 50gr/ton o 0.005% de inclusión en la ración alimenticia en cerdos en la etapa de crecimiento para lo cual nos planteamos los siguientes objetivo: Evaluar el comportamiento productivo de cerdos Landrace-York mediante la utilización de enzimas exógenas en la alimentación de cerdos durante la etapa de crecimiento. Resultados en la etapa de crecimiento al inicio se registraron pesos de 16.28, 16.48 Kg. Obteniéndose el mayor peso final con 45.71 Kg. Con la inclusión de enzimas el mismo que presento de diferencias estadísticas al tratamiento sin enzimas de 33.42. La conversión alimenticia fue de 2,16 para el tratamiento con enzimas en comparación del tratamiento sin enzimas 3.29. El costo por Kg. De ganancia de peso se obtuvo valores de 1.10, para el tratamiento con enzimas, 1.16 para el tratamiento sin enzimas presentando diferencias estadísticas para la inclusión de enzimas. Las enzimas que componen Rovabio Exel reaccionan sinergeticamente para degradar eficazmente los factores antinutricionales de los alimentos. En conclusión, los mejores incrementos de pesos en la etapa de crecimiento se tuvieron con la inclusión de enzimas, con 45.71Kg. la conversión alimenticia presenta su mejor índice de 2.16 con enzimas. Se recomienda la utilización de enzimas exógenas (Rovabio Exel 50gr/ton o 0.005%) en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento ya que presentan resultados productivos, de laboratorio a través de pruebas de digestibilidad y económicos satisfactorios.

ABSTRACT

The present investigation is oriented to optimize and to improve the digestibility of the diet of the pigs based on fibrous matter from vegetables, making traps the antinutritional factors by means of the use of exogenous enzymes (Rovabio Exel), providing one in 50gr/ton or 0.005% of the inclusion in the nutritious portion in pigs in the stage of growth for that which we think about the following objective: Evaluating the productive behavior of the pigs the Landrace-York by means of the use of exogenous enzymes in the feeding of the pigs during the stage of growth. Those in the stage of growth to the beginning registered pesos of 16.28, 16.48 Kg. The being Obtained the mayor weight the final exam makes traps 45.71 Kg. Make traps the inclusion of the that of the enzymes the same one that I present from the statistical differences to the treatment he/she sins the enzymes of 33.42. The The nutritious conversion was of 2,16 the treatments of the one of for they make traps the enzymes in comparison of the treatments enzymes they sin 3.29. The cost for Kg. Of the gain of the weight the securities of he/she obtained of himself of 1.10, the treatments of the one of for they make traps the enzymes, 1.16 tramiento of the one of for the enzymes they sin presenting statistical differences for the inclusion of the enzymes. The The enzymes that Rovabio composes the Exel sinergeticamente react to degrade the factors antinutricionales of the allowances of the efficiently those. The conclusion of the one in, increments of better of those of the pesos the stages of the one of in of the they had of you of growth they make traps the inclusion of the that of the enzymes, make traps 45.71Kg. those the nutritious conversion presents its better indexes of 2.16 they make traps the enzymes. It is recommended it the use of the exogenous ones of the enzymes (Rovabio Exel 50gr/ton or 0.005%) the feeding of the one of in of the pigs in the stage of the growth since present productive results, of the laboratory an inclination of the tests of the digestibilidad the and economic satisfactory.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	CONTENIDO DE PNA Y DIGESTIBILIDAD DE MATERIA PRIMAS.	19
2.	EFEECTO DE LA ADICIÓN DE PROTEASA SOBRE LA MS. SOLUBLE TOTAL, LA PB SOLUBLE Y EL NIVEL DEL FACTOR INHIBIDOR DE LA TRIPSINA (FIT) A LA TEMPERATURA DE 50°C, Y UNA CONCENTRACIÓN DE 1 MG/G DE HARINA DE SOJA A PH 4.5.	22
3.	REQUERIMIENTOS (G/MJ DE) DE ALGUNOS AMINOÁCIDOS ESENCIALES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO DE DIFERENTES EDADES.	26
4.	PATRÓN ESTIMADO (PROTEÍNA IDEAL), DE LAS NECESIDADES DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES (% LISINA), PARA MANTENIMIENTO Y PARA DEPOSICIÓN DE PROTEÍNA.	29
5.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESPOCH.	30
6.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO DE CAMPO	33
7.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO DE LABORATORIO	33
8.	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS LANDRACE- YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO	41
9.	DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CONTENIDO DE ENERGÍA METABOLIZABLE EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS LANDRACE- YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS.	45
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS LANDRACE-YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO.	47

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	Pág.
1. Peso final en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	54
2. Ganancia de peso en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento	55
3. Consumo de alimento en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	56
4. Conversión alimenticia en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	57
5. Nutrientes Digestibles Totales en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	58
6. Energía digestible en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	59
7. Energía metabolizable en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	60

LISTA DE ANEXOS

Nº		Pág.
1	Contraste de promedios mediante t Student, para el peso inicial de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	61
2	Contraste de promedios mediante t Student, para el peso final de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	62
3	Contraste de promedios mediante t Student, para la ganancia de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	63
4	Contraste de promedios mediante t Student, para el consumo de alimento en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	64
5	Contraste de promedios mediante t Student, para la conversión alimenticia en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	65
6	Contraste de promedios mediante t Student, para el costo/Kg de ganancia de peso en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	66
7	Contraste de promedios mediante t Student, para la proteína cruda digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	67
8	Contraste de promedios mediante t Student, para la fibra cruda digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	68
9	Contraste de promedios mediante t Student, para el extracto etéreo digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.	69
10	Contraste de promedios mediante t Student, para el extracto libre de nitrógeno digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la	70

- alimentación durante la etapa crecimiento.
- 11 Contraste de promedios mediante t Student, para los nutrientes digestible totales en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento. 71
- 12 Contraste de promedios mediante t Student, para la energía digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento. 72
- 13 Contraste de promedios mediante t Student, para la energía metabolizable en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento. 73

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios todo poderoso por haberme dado la oportunidad y la dicha de culminar una etapa importante, de mi vida.

Agradezco a mi padre Segundo Manuel Lata C. por apoyarme con mis estudios a mi madre Ana Lucia Pérez. M. por los ánimos y las fuerzas que me brindo durante toda la carrera, agradezco a la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica por formar parte ya de sus filas profesionales, también a mis compañeros y amigos que estuvieron en las buenas y malas.

DEDICATORIA

Dedicada especialmente a mis padres Segundo Manuel y Ana Lucia, a mi esposa Martha, mis hijos Karina, Leandro y a mis hermanos que me han apoyado de una y otra manera. **MIL GRACIAS.**

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas modernos de producción porcina son obligados a buscar una mejora constante en la eficiencia productiva y en la relación beneficio - costo, además de la protección del medio ambiente, son estos los factores más importantes en los sistemas actuales de producción, para mantenerse en el mercado. Estas características se relacionan directamente, entre otras cosas, con la composición química del alimento.

Si bien los elevados precios nacionales e internacionales alcanzados por los granos, cereales se estima que en el futuro sus valores seguirán siendo altos. Esta situación genera un efecto muy significativo en los costos de alimentación en la especie porcina y motiva a los nutricionistas y porcicultores a buscar, con mayor empeño, alternativas que permitan mejorar la eficiencia en el uso de las raciones.

Siendo la alimentación la fracción más cara de la producción porcina entre el 75 y 80% y debido a la presión para lograr una producción de calidad con el más bajo costo posible, En la actualidad los países europeos formulan en la mayoría de las especies con un producto enzimático incluido. En México no se acaba de establecer una cultura del uso de estos productos. Tal vez, la situación los obligó a desarrollar esta tecnología. Sin embargo, en años recientes nuestras dietas habían sido sobreestimadas por el hecho de contener granos como: maíz y soya principalmente. Estos, obviamente no presentan los problemas de viscosidad intestinal por presencia de altas cantidades de fibra que presentan granos y cereales, pero no están exentos totalmente de estos problemas. De aquí se parte con la necesidad del estudio de enzimas exógenas para nuestro medio.

El presente trabajo investigativo tiene como finalidad dar a conocer al porcicultor una fuente alimenticia no tradicional y alternativa, como base de materias primas, mejorando la dieta utilizando de enzimas exógenas, en etapa de crecimiento en cerdos, de manera que podemos optimizar recursos, abaratar costos de producción y obtener la mayor rentabilidad posible, considerando que nuestra zona la producción porcina va incrementando y el costo alimenticio a base de

concentrado en producciones intensivas de monogástricos (cerdos) representa entre el 75 a 80% del total de costo de producción.

- Evaluar el comportamiento productivo de cerdos Landrace-York mediante la utilización de enzimas exógenas (Rovabio Exel) en la alimentación durante la etapa de crecimiento.
- Valorar la digestibilidad de la dieta y contenido de energía metabolizable de los dos tipos de concentrados el uno sin enzimas el otro con enzimas, en cerdos.
- Realizar un análisis beneficio – costo para recomendar el mejor tratamiento a las explotaciones de cerdos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. ANÁLISIS DE LOS ALIMENTOS

Los datos de composición química de los alimentos se obtienen principalmente con base en el llamado.

Análisis Proximal: principalmente en el caso de alimentos balanceados.

1. Análisis proximal

Church, D. et al. (2000), indica que el análisis bromatológico del forraje y de las heces se realiza en el laboratorio, mediante el método de Weende, donde se determinan los principios inmediatos: proteína cruda (PC), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN). Esta fase consiste en determinar el análisis proximal para evaluar los parámetros de digestibilidad.

Mora, I. (2002), señala que el análisis proximal se efectúa con un mínimo de tres submuestras:

A la primera, se le somete a calentamiento (100°C), por varias horas con el objeto de determinar su humedad (su complemento, que es la materia seca, se calcula por diferencia). Posteriormente se incinera a 500 - 600° C para obtener, por diferencia, el contenido mineral (también denominado cenizas).

Una segunda submuestra se somete al análisis de proteína cruda (PC), que no es más que una determinación del nitrógeno total liberado por un proceso de digestión química, multiplicado por el factor de 6.25 (valor que se obtiene al asumir que en promedio, 100 g de proteína contienen 16 g de nitrógeno).

La tercera submuestra se somete a una extracción con un solvente orgánico

que arrastra el llamado extracto etéreo (EE), o grasa cruda y que comprende los aceites, las grasas y otros materiales lipo solubles como los pigmentos. El material sobrante se expone a una digestión acida seguida de una alcalina, quedando como remanente la llamada fibra cruda (FC).

Al restar de 100 lo previamente determinado o sea humedad, materia mineral, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, se obtiene una diferencia a la que se denomina extracto libre de nitrógeno (ELN), y que abarca principalmente a los carbohidratos solubles (almidones, pectonas, etc.).

a. Limitantes del análisis proximal

Mora, I. (2002), enuncia las limitantes del análisis proximal son las siguientes:

En la determinación de humedad también se pierden todas las sustancias volátiles, como los ácidos orgánicos encontrados en los ensilajes, lo cual tiende a incrementar el valor del contenido de agua (o su equivalente que es reducir la materia seca estimada).

La determinación de la materia mineral no es de tipo cualitativo, o sea que no permite identificar los diversos minerales. Tampoco es indicativa de la disponibilidad digestiva de tales minerales. Por ejemplo, la cascarilla de arroz contiene el 15% de materia mineral. El 85% de dichas cenizas se componen de sílice, que no sólo no es un nutriente necesario para el animal, sino que su presencia reduce la digestibilidad de otros nutrientes.

El análisis de proteína cruda no identifica si se trata de nitrógeno proveniente de aminoácidos o de otro tipo de fuente (como urea). Por lo tanto, introducirá un error mayor en el valor de proteína verdadera, conforme aumente el porcentaje de nitrógeno no proteico. Además, no todas las proteínas (como las de la leche y del trigo), tienen 16 gramos de nitrógeno por cada gramo de proteína, por lo tanto el factor 6.25 debería ser modificado en cada caso, lo cual es poco práctico y difícil.

El extracto etéreo, que es la estimación de los lípidos, será subestimado, por ejemplo, en los ensilajes, al perderse los ácidos grasos volátiles en la desecación de la muestra. Por otro lado, el valor de extracto etéreo también incluye ceras que tienen baja digestibilidad y poco valor para el animal.

La determinación del parámetro de fibra cruda también subestima la fracción de poder celular, ya que la hemicelulosa, la celulosa y la lignina se destruyen parcialmente en las digestiones ácida y alcalina. Además, no permite diferenciar las distintas fracciones de pared celular, por ejemplo, entre la celulosa, que es digestible para los rumiantes y la lignina, pero que no es aprovechable por los monogástricos.

El extracto libre de nitrógeno, que se calcula por diferencia y que se supone indica el contenido de azúcares y almidones, va a contener el error presente en las estimaciones anteriores. También algunas sustancias como las pectinas, que forman parte del extracto libre de nitrógeno, no son tan aprovechables por las especies monogástricas como son por los rumiantes.

B. DIGESTIBILIDAD

1. Concepto e importancia

Shimada, M. (2005), enuncia la digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de las raciones que consumen los animales domésticos, porque indica el grado en que los nutrientes de los ingredientes van a ser aprovechados directamente por el animal. Una buena digestibilidad de la dieta resultará en una mayor productividad por parte del animal. Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de los nutrientes, tales como las pruebas de digestibilidad in vivo (método de colección total o parcial), digestibilidad in situ y digestibilidad in vitro. La evaluación del contenido y digestibilidad de las fracciones de fibra de los alimentos con alto contenido de fibra tienen como objetivo conocer la calidad de ellas; esta determinación consiste en romper las paredes celulares por medio de un

tratamiento con una solución neutra de un detergente, la hemicelulosa se digiere en una solución ácida detergente, a continuación ésta se somete a un tratamiento con una solución fuertemente oxidante de H₂SO₄ que disuelve a la lignina.

Mora, I. (2002), la digestibilidad es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. Las diferencias en digestibilidad pueden deberse a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias, a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos, fitatos), a la presencia de factores anti fisiológicos o a las condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos. La digestibilidad proteica se puede determinar por varios métodos, entre ellos, la digestibilidad in vivo, ya sea aparente o verdadera, directa o indirecta, y la digestibilidad in vitro utilizando enzimas.

Case, L. et al. (1997), manifiesta que las regulaciones de la Association of American Feed Control Officials (AAFCO), no permiten que los fabricantes de alimentos para animales incluyan datos de digestibilidad de carácter cuantitativo o comparativo en sus etiquetas. Esta información se puede obtener solamente a través de la comunicación directa con el fabricante. Los alimentos con una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca son los apropiados para los animales, debiendo rechazarse cualquier alimento cuya digestibilidad sea inferior al 65%; sin embargo, la gran variabilidad en la calidad de la proteína presente en los alimentos comerciales hace que la determinación de su digestibilidad sea de gran importancia.

Siccardi, A, et al. (2009), señalan que muy pocos estudios se han ocupado de determinar la disponibilidad de la proteína y energía de ingredientes comúnmente utilizados en los alimentos balanceados, debido a que la medición directa del coeficiente de digestibilidad es complicada, además se requieren de coeficientes de proteína y energía digerible precisos para formular alimentos balanceados que cubran los requerimientos nutricionales, así como para permitir la substitución

efectiva de ingredientes con base en su costo y para reducir la producción de desperdicios. El conocimiento de los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes también representa una medida adicional de garantía de calidad, ya que la digestibilidad de los ingredientes puede variar considerablemente dependiendo de factores tales como frescura y tratamiento previo. Utilizando los datos disponibles actualmente sobre digestibilidad de energía y proteína no sería posible la formulación de alimentos que causen la menor contaminación.

2. Métodos para medir la digestibilidad

Revollo, K. (2009), manifiesta La determinación de la digestibilidad puede establecerse in vivo e in vitro. La primera se comprueba mediante experiencias directas sobre los animales y en la segunda se establece en laboratorio tratando de reproducir las funciones del rumen. Estas técnicas reciben el nombre de “fermentación” o digestibilidad “in vitro” o técnicas del rumen artificial.

a. Método in vivo

Mora, I. (2002), señala que la medición de la digestibilidad, en general consiste en proporcionar a un animal cantidades predeterminadas de un alimento de composición conocida, medir y analizar las heces. Los métodos más refinados implican la medición adicional de la orina, los gases e incluso el calor generado. Estos métodos, implican el empleo de animales, y por lo tanto resultan costosos en cuanto a tiempo, mano de obra calificada y número de análisis químicos. Es por esto que se han desarrollado métodos químicos que son más rápidos, fáciles de llevar a cabo y más baratos, pero que tienen más posibilidades de error, por lo que no deben sustituir totalmente el empleo de animales vivos.

Lachmann, M. y Araujo, O. (1999), indican que el método de colección total de heces es el más confiable para medir la digestibilidad, ya que involucra directamente factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido. La

colección total de heces incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido, las muestras del material ofrecido, al igual que las del rechazado, cuando se proporciona alimento ad libitum. Esta es normalmente representada por un coeficiente de digestibilidad, expresado en forma porcentual, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coef. Dig. (\%)} = \frac{\text{Nutrientes ingeridos} - \text{Nutrientes excretados}}{\text{Nutrientes ingeridos}} \times 100$$

b. Método in vitro

Mora, I. (2002), indica que los métodos químicos o in vitro, para determinación de digestibilidad, consisten en exponer los alimentos a la acción de enzimas digestivas como la pepsina y/o La tripsina, la celulasa, el líquido ruminal (que es una combinación de enzimas microsolubles), etc. e incubar las muestras durante cierto período y bajo condiciones controladas. La diferencia en peso de la muestra se considera entonces que se debe a la acción hidrolítica de las enzimas y, por lo tanto, se calcula como material digestible. De hecho, todas las sustancias que se disuelven en el medio acuoso empleado en estos métodos se consideran como disponibles para el animal.

<http://www.whiskastastechallenge.co.uk>. (2009), indica que se puede descubrir la cantidad de nutrientes presentes en cualquier alimento en particular a través del análisis químico, pero esto no nos da un cuadro claro del valor nutricional del alimento, ya que sólo los nutrientes absorbidos a través del sistema digestivo pueden ser utilizados por el animal. Una parte de los nutrientes ingeridos se perderá inevitablemente en las heces. La digestibilidad es una mejor forma de medición ya que revela la disponibilidad del contenido nutricional del alimento. Podemos calcular la digestibilidad midiendo la diferencia entre la cantidad de nutrientes en la ingesta de alimentos y la cantidad de nutrientes eliminados en las heces. Debido a que las heces no sólo están compuestas por material sin digerir, sin absorber, sino también por residuos celulares y material excretado en el tracto digestivo, la diferencia medida de esta manera entre la ingestión y el excremento

es llamada "digestibilidad aparente". Para medir verdaderamente la digestibilidad de los alimentos, es necesario usar dietas de control, libres de nutrientes en estudio, con el fin de establecer el grado de excremento cuando la ingestión es igual a cero.

3. Variabilidad de los valores de digestibilidad

Mora, I. (2002), indica que la digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen, entre las que se anotan:

La digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es elevada para todas las especies de animales de granja.

Las fuentes proteicas de origen vegetal y las harinas de carne y pescado son también altamente digestibles para todas las especies, no así las harinas de sangre y de pluma.

Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad. En general, a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares solubles, y se eleva el contenido de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que causa una disminución gradual en la digestibilidad.

4. Factores que afectan la digestibilidad

Según Mora, I. (2002), entre los factores que afectan la digestibilidad de los alimentos se tienen los siguientes:

La utilización de los alimentos puede ser manipulada mediante procesos como son el molido, el peletizado y el hojuelado, que en general aumentan la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo

de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal.

La especie animal es el otro factor importante que hace variar la digestibilidad. En general, los cerdos y las aves digieren más eficientemente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico.

Además de las diferencias entre especies, dentro de cada especie existen diversas etapas productivas que requieren de un manejo y una nutrición diferente. Por lo tanto, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, de un novillo joven a un toro viejo. Aunque existen diferencias entre individuos de una misma especie y entre etapas productivas, estas variaciones no se consideran de tanta importancia práctica como las que existen entre especies.

Por su parte Revollo, K. (2009), indica que los factores que afectan la digestibilidad son:

Propios del alimento:

Composición química del alimento.

Nivel de consumo del alimento.

Deficiencias de los nutrientes.

Dependientes del animal:

Tiempo para realizar la acción digestiva.

Trastornos digestivos.

C. NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES (NDT)

Loomis, R y Coonor, D. (2002), reportan que la digestibilidad aparente de un alimento se determina como resultado de alimentar al animal con ese alimento, recogiendo la masa fecal producida a lo largo de un período de tiempo, y

restándola de la masa del pienso suministrado como alimento. La diferencia es igual a los nutrientes digestibles totales (NDT), del alimento. La digestibilidad de elementos como el nitrógeno y de la energía puede evaluarse con el mismo muestreo. Se han realizado los suficientes ensayos con animales domésticos como para que los NDT se puedan calcular a partir del análisis proximal como la suma de la proteína, lípidos y fibra, ésta última ajustada según la capacidad digestiva del animal. Los NDT se han utilizado como la base para la formulación de las raciones de los animales, especialmente en Estados Unidos, donde se han desarrollado las tablas de valores de NDT para la mayoría de los alimentos, así como de las necesidades diarias de NDT para animales de diferentes tamaños y tipos. Los europeos han utilizado un enfoque equivalente en el cual el valor del alimento se expresa en relación con algún pienso testigo, como el almidón, la cebada o el heno.

1. Método para determinar los NDT

Church, D. et al. (2000), manifiestan que la determinación de NDT es el cálculo aproximado de la energía liberada por un ingrediente dado y que responde al siguiente supuesto matemático.

$$\text{NDT} = \text{Proteína Dig.} + \text{ELN Dig.} + \text{Fibra cruda Dig.} + \text{extracto etéreo Dig.}$$

Mora, I. (2002), indica que el método consiste en tomar los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal, o sea la proteína cruda, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno (pero no la materia mineral por ser considerada como inorgánica), y multiplicarlos por su digestibilidad.

El producto de la multiplicación del extracto etéreo por su digestibilidad se multiplica a la vez, por 2.25, pues se considera que las grasas en promedio liberan 2.25 veces más energía que las proteínas y que los carbohidratos. Los resultados parciales se suman y el total se divide entre 100 con el objeto de expresar el TND como porcentaje del ingrediente analizado, que es una medida aproximada de la digestibilidad del mismo, por lo que un valor mayor de TND,

teóricamente indicará un mayor valor nutritivo para dicho alimento.

Desafortunadamente, el parámetro de TND se basa en el análisis proximal, que como se mencionó antes, es poco exacto. Además, en general, las cifras de digestibilidad que se emplean son tabuladas y dan por resultado un dato altamente cuestionable. Sin embargo, en la actualidad los valores energéticos de la mayoría de los ingredientes utilizados en alimentación se expresan como TND.

D. ENERGÍA NUTRICIONAL

Loomis, R y Coonor, D. (2002), señalan que los NDT explican la digestibilidad pero no la pérdida de energía durante la digestión, termorregulación y durante el metabolismo posterior.

Mora, I. (2002), el método tradicional para expresar el valor energético de un alimento es el que emplea calorías, tanto para denotar el contenido energético de un ingrediente que se expresa como kilocalorías por gramo (kcal/g), o como Mega calorías por kilogramo (Mcal/Kg), como para expresar los requerimientos por parte de los animales.

1. Energía Bruta (EB)

Mora, I. (2002), expresa que la Energía Bruta (EB), se define como la energía que desprende un alimento al ser quemado totalmente en una bomba calorimétrica. Es un parámetro "grueso" de estimación de energía, que se obtiene en forma rápida en un laboratorio equipado con el mencionado aparato y sin necesidad de efectuar estudios con animales. Sin embargo, tiene la desventaja de que no indica la disponibilidad o aprovechamiento de la energía por parte del animal que la ingiere. En general, se estima que, en promedio, las proteínas, los carbohidratos y los lípidos liberan 5.8, 42 y 95 kcal/g, respectivamente, al ser oxidados en la bomba.

Loomis, R y Coonor, D. (2002), señala que el contenido de EB de un alimento es

su calor de combustión (DH, normalmente alrededor de 17 MJ kg^{-1}). Las categorías energéticas adicionales definen el destino de la energía misma dentro de un animal.

<http://www.agrarias.unlz.edu.ar>. (2009), indica que la energía bruta, es la energía combustible total de un producto alimenticio y no difiere mayormente de un alimento a otro, excepto los ricos en grasas. Por ejemplo, un kg de marlo de maíz contiene más o menos la misma EB que un kg de maíz desgranado. Por lo tanto, la EB contribuye poco a describir la energía útil para los animales en terminación.

2. Energía Digestible (ED)

Loomis, R y Coonor, D. (2002), reportan que la energía digestible (ED), por ejemplo, es el calor de combustión (DH), de los NDT y está cercana a los 18.4 MJ kg^{-1} en la mayoría de los casos. Al igual que en NDT, la ED se calcula a partir de la composición, dejando un margen para el mayor contenido calorífico de los lípidos. En los rumiantes, se pierden proporciones significativas de la energía digerida en la orina, en forma de calor durante la fermentación y en productos gaseosos como el metano. En climas fríos, el calor de la digestión contribuye a mantener la temperatura corporal, sin embargo, en climas cálidos, los animales tienen que consumir energía adicional para refrescarse y por tanto, la eficiencia de producción es menor. La energía metabolizable (EM), es la energía que queda de la (ED), tras considerar la producción de gas y las pérdidas urinarias; la energía neta (EN), es la que resta después de restar de la (EM), las pérdidas de calor.

Mora, I. (2002), sostiene que una vez que un alimento es consumido y sufre los procesos de degradación gastrointestinal, se elimina el residuo en las heces. Si al valor de EB se le resta la energía contenida en las heces, se obtiene el valor de energía digestible (ED), que es un mejor indicador de la energía disponible para el animal. Se puede considerar que la (ED), y el TND de un alimento son equivalentes. La inter conversión de (ED), a TND se hace considerando 44 Kcal de (ED), por gramo de TND.

<http://www.agrarias.unlz.edu.ar>. (2009), la (ED), de un alimento es la porción de la (EB), que no se excreta con las heces; y según Church, D. et al (2000), se determina a partir de NDT obtenidos por digestibilidad y aplicados en la siguiente ecuación:

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = \text{NDT (\%)} \times 0.04409.$$

3. Energía Metabolizable (EM)

<http://www.agrarias.unlz.edu.ar>.(2009), la Energía metabolizable (EM), es la porción de la EB que no se pierde con las heces, la orina ni los gases. Aunque la EM refleja con más exactitud la energía útil que contiene un alimento, no tiene en cuenta la energía que se pierde como calor.

Church, D. et al. (2000), indican que la EM responde a la eficiencia de la energía digestible y se la obtiene mediante la ecuación:

$$EM = 1.01 \times ED \text{ (Mcal/kg)} - 0.45.$$

De acuerdo a Mora, I. (2002), una parte de la energía digerida y absorbida en el tubo gastrointestinal, no es aprovechada y se elimina por la orina en forma de compuestos nitrogenados. Para obtener el valor de la EM, se resta la energía de la orina al valor de energía digestible calculado anteriormente. Por lo tanto:

$$EM = ED - \text{Energía urinaria.}$$

Además, también se elimina energía a través de gases como el metano, expulsado por los rumiantes por medio del eructo. Obviamente, en el caso de las aves, al ser expulsadas heces y orina en forma conjunta, se hace el cálculo directo de la EM, efectuando solamente una resta:

$$EM = EB - \text{Energía de deyecciones.}$$

Además señala que se debe tener en cuenta lo siguiente:

La energía perdida en forma de gases es de importancia solamente en el caso de los rumiantes. Sin embargo su cuantificación es difícil, y en general se estima como el 8% de la energía bruta consumida por el animal.

Se ha observado que para los rumiantes, el valor de energía metabolizable representa alrededor del 82% del valor de la energía digestible, por lo que en ocasiones se puede estimar la EM tan sólo con multiplicar ED x 0.82.

Con los cerdos y aves la relación es más variable, pero gira alrededor del 92%, o sea que $ED \times 0.92 = EM$.

E. GENERALIDADES LAS ENZIMAS

a. ENZIMAS.

Buhler, M. et al. (1998), las enzimas son proteínas de estructura tridimensional, que actúan como eficaces catalizadores biológicos, participan de diversas reacciones (acelerándolas) y potencian enormemente la digestibilidad del alimento para animales.

La acción de las enzimas es conocida por el hombre por milenios, aun cuando su existencia e identificación no era posible de determinar, las ruinas egipcias muestran grabados de proceso de fermentación alcohólica. La elaboración de queso, común a casi todas las culturas es otra muestra de usos enzimáticos.

En 1857 Pauster demostró la reacción entre la fermentación y la actividad biológica de las levaduras. En 1878, Khune acuñó el término "enzima", para referirse a los "fermentos solubles" que no están unidos a las células vivas. Este termino deriva de la expresión griega "en zyme", traducido "como en la levadura". Takamine, en 1894 logro obtener las primeras carbohidrasas y proteasas, a partir de un moho (*Aspergillus oryzae*). En 1897 Buchner presento

una prueba concluyente de acción enzimática al obtener fermentación alcohólica solo con el caldo de levadura, sin células. En 1909, Rohm aplicó proteasas de origen animal para el tratamiento de pieles. La estructura química de las enzimas tomó unos años más para develar sus secretos, en 1962, James Summer demostró con la ureasa que las enzimas son proteínas.

Actualmente la producción, de enzimas tiene como base la ayuda de microorganismos, sobre todo hongo y bacterias. Los microorganismos pueden secretar una serie de enzimas hidrolíticas que los organismos animales son incapaces de producir. Para ello es necesario pasar por ensayos con cientos de cepas antes de identificar una adecuada a las necesidades del investigador, y que además produzca los volúmenes necesarios. Luego para la producción se emplea métodos de escala industrial, dentro de los cuales distinguimos 2 tipos de procedimientos:

- los métodos de emersión (fermentación superficial), en medios sólidos o pastosos, con ventilación de la superficie. Una vez terminado el proceso de fermentación, los medios sólidos se homogenizan, se ajustan la humedad alrededor de 10 – 12% y se pulverizan.

- Los medios de inmersión, en los que los microorganismos productores se instalan en el interior de un tanque contienen un medio de cultivo líquido. Finalizada la fermentación, los productos se purifican y normalizan. Pueden comercializarse en formas líquida y sólida.

b. Polisacáridos No Amiláceos (PNA)

Según Mc Donal E, Morgan G. (1999), definen a los hidratos de carbono pueden dividirse en tres categorías en función de su composición química: los azúcares (mono y disacáridos), los oligosacáridos y los polisacáridos. En las materias primas vegetales los polisacáridos juegan diversos papeles:

Almacenaje de energía (almidón),

- Estructura (constituyendo las paredes celulares, fibras alimenticias).
- Protección contra la deshidratación (pectinas).

En el almidón, los azúcares elementales están ligados por uniones tipo alfa. En cambio la organización de los polisacáridos no amiláceos (PSNA en francés, NSP en español) es más completo y comprende diferentes tipos de uniones alfa y beta. Las enzimas endógenas excretadas por el sistema digestivo de los animales monogástricos, son capaces de cortar enlaces alfa pero no así los betas. De hecho, las fibras alimenticias no son digeridas por animales.

Los polisacáridos no amiláceos se pueden distinguir en dos clases según su grado de solubilidad en agua. Los polisacáridos PNA insolubles son más difíciles de digerir y están representados por la hemicelulosa. Los PNA solubles más importantes son los betaglucanos, las sustancias pectinas y los arabinosilanos que representan propiedades antinutricionales. Los PNA solubles están constituidos por largas cadenas moleculares, formando un entremado de fibras que atrapan el agua, disminuyen la acción de las enzimas endógenas e impiden la absorción ileal de los nutrientes. Con el aumento ileal cae, en tránsito disminuye, favoreciendo la parición de fermentación microbianas ileales indeseables.

Los granos usados más frecuentemente en la formulación de alimento para monogástricos, contiene contienen factores como los polisacáridos no almidón (Englyst. R. (1989), encontrados en los carbohidratos y los oligosacáridos presente en la harina de soya, canola y otras materias primas fibrosas. Su concentración esta inversamente relacionados a la energía metabolizable de los ingredientes positivamente correlacionados con la viscosidad del intestino (Brenes. L. (1992), lo cual promueve una fermentación adversa en el intestino con el consecuente daño celular. La viscosidad intestinal, afecta la utilización de los nutrimentos y desempeño del animal. El cerdo de crecimiento necesita enzimas exógenas para poder digerir completamente estos factores, porque los cerdos no lo producen o no lo producen en cantidades suficientes para degradar estos componentes (Graham, M. et al., (1992).

Mc Donald E Morgan G. (1999), manifiestan que el mantenimiento de la vida supone una actividad química constante. De este modo, las plantas verdes elaboran compuestos químicos como el dióxido de carbono y el agua, para elaborar compuestos complejos como azúcares, almidones y proteínas y, al hacerlo, fijan y almacenan energía. Posteriormente, estos compuestos son degradados, por las propias plantas o por los animales que los consumen, utilizando energía acumulada. Las complicadas reacciones que requieren estos procesos son reversibles y suelen ser muy lentas si no tienen lugar en los seres vivos; para incrementar su velocidad hasta límites adecuados, serían necesarias condiciones extremas de presión y temperatura. En los seres vivos, no se dan estas condiciones sin embargo, la acumulación y la liberación de la energía en dichos seres vivos, debe realizarse con rapidez en el momento necesario, lo que exige que las reacciones implicadas se lleven a cabo con gran velocidad. La velocidad necesaria se logra gracias a la actividad de numerosos catalizadores existentes en los seres vivos. Los catalizadores producidos y empleados por los seres vivos, son de naturaleza orgánica y reciben el nombre de enzimas. La mayoría de las enzimas aisladas se han aislado en estado de pureza, habiéndose establecido su estructura. La inmensa mayoría son proteínas complejas de alto peso molecular. Los factores que afectan a la actividad de las enzimas son: cantidad de sustrato, cantidad de enzimas, inhibidores temperatura y acidez.

Torero. A. (2004), cita a los polisacáridos No Amiláceos como azúcares complejas, no digeribles para los monogástricos por falta de enzimas adecuadas, como por ejemplo la alfa – galactosidasa. Las formas más frecuentes son los pentosanos y beta – glucanos contenido en los granos de cereales. Algunos de los componentes de la pared celular vegetal (las porciones insolubles) ejercen el llamado “efecto jaula” con encapsulación de nutrientes que habitualmente son muy digeribles (almidón, grasa o proteínas), afectando su digestión las porciones solubles de la pared celular vegetal además, aumenta la viscosidad en el tubo digestivo, acumulando agua, afectando la absorción e incluso la consistencia de las heces, llegando a provocar síntomas de diarrea. La microflora intestinal finalmente fermenta estos PNA, generando ácidos grasos volátiles y gases en el tracto intestinal del animal, lo que provoca alteraciones digestivas además de

perder la posibilidad de aprovechar dichos azúcares como energía. Como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1.- CONTENIDO DE PNA Y DIGESTIBILIDAD DE MATERIA PRIMAS

Materias Prima	PNA (%)	Digestibilidad Total (%)
Torta de Soya	20	0
Cebada	15	14
Trigo	10	12
Afrecho de trigo	34	9
Torta de Girasol	28	17
Polvillo de Arroz	25	3
Gluten de Maíz	31	7
Torta de Palmiste	46	4

Adaptado de Smith y Annison, (1996)

<http://adisseo.com/enzymes.html>. (2005), explico el modo de acción de las enzimas exógenas aportadas por el alimento, se activan con la humedad, el pH y la temperatura del tracto digestivo, y reaccionan rápidamente sobre sus substratos específicos de los cereales y de las tortas. Su acción es, por lo tanto, más útil cuando materias primas ricas en PNA solubles. La hidrólisis de los PNA conducen a la destrucción de las mallas elucidas, lo que permite el acceso de las enzimas endógenas a los nutrientes atrapados. Rovabio Excel es una combinación natural de enzimas producidas por el *Penicilium Funiculosum*, un hongo no modificado genéticamente. Las enzimas que componen Rovabio están producidas por el mismo medio de fermentación por un único microorganismo.

Diferentes tipos de xilanasas, betaglucanasas y celulasas se encuentran asociados a otras muchas actividades enzimáticas complementarias para la acción sinérgica sobre los substratos alimenticios más complejos. Las enzimas que componen Rovabio Exel reaccionan sinérgicamente para degradar eficazmente los factores antinutricionales de los alimentos. Esta acción se traduce

por la liberación de nutrientes atrapados en la malla de los polisacáridos insolubles constituyendo de las paredes celulares.

En el caso de los cereales ricos en polisacáridos solubles, el impacto de las enzimas de Rovabio sobre la viscosidad ileal, refuerza la eficacia de esta liberación de nutrientes esenciales.

c. ENZIMAS EXÓGENAS DISPONIBLES.

1.- Carbohidrasas (Amilasas, Beta-Glucanasas, Xylanases).

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). Maíz, trigo, cebada, los principales cereales en la alimentación porcina, contienen niveles importantes de paredes celulares, pero difieren en su porcentaje y su composición.

2.- dietas a base de maíz (y sorgo)

Las enzimas exógenas de interés para mejorar la digestión del maíz y sorgo serían la xilanasas (buscando romper las membrana celular que envuelve almidón y proteína en el interior del endospermo), y, en menor medida, la celulasa. Ahora bien, es cierto que pocos trabajos han encontrado respuestas positivas, así como el hecho de que la mayor parte de las enzimas empleadas en los trabajos de investigación sean aplicadas en forma de complejos enzimáticos, que incluyen más de una actividad.

La digestibilidad del almidón de maíz, con y sin enzimas no ha sido estudiada de forma sistemática. Ahora bien, la relación amilosa/amilopectina del propio almidón afectará directamente a la mayor o menor digestibilidad ileal de éste; cuanto mayor sea el contenido en amilosa (cadenas lineales y más largas de moléculas de glucosa), respecto del de amilopectina, menor es la digestibilidad del almidón y mayor el riesgo de que aparezca almidón sin digerir en el intestino grueso, con el

correspondiente riesgo de fermentaciones bacterianas nocivas. Parecería, por tanto, interesante, considerar la posibilidad de emplear amilasas en los complejos enzimáticos exógenos.

3. Proteasas

Las fuentes proteicas empleadas históricamente en la alimentación del lechón han sido siempre de gran calidad nutritiva, debido en parte a su origen (plasma, pescado, derivados lácteos), como a los procesos tecnológicos a los que se les somete (concentrados de soja, harinas de pescado tratadas a baja temperatura). Sin embargo el coste de estos ingredientes por una parte, así como las recientes imposiciones legales sobre la utilización de productos de origen animal por otra, ha forzado a un mayor empleo de fuentes proteicas de origen vegetal, incluso en dietas de lechones destetados.

La mayor parte de los trabajos con proteasas se han llevado a cabo con productos de soja, por ser ésta la fuente proteica vegetal por excelencia. El empleo de harina de soja lleva implícito una mayor variabilidad en la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos esenciales, además de aportar por la propia naturaleza de la materia prima una serie de factores nutritivos de riesgo, denominados factores antinutricionales (FAN: inhibidores de tripsina, lectinas, factores alergénicos).

La menor digestibilidad ileal de la proteína, asociado al aumento de pérdidas endógenas nitrogenadas debido a los FAN y a las reacciones alergénicas provocadas en el entorno intestinal del lechón, convierten a las proteasas en una enzima de interés indudable; la creciente imposibilidad en el empleo de ciertos aditivos (promotores de crecimiento), realzan aún más la importancia que una proteasa eficaz puede adquirir.

Caine, L.y col. R. (1998), estudios in vitro llevados a cabo con una subtilisina (proteasa), en los que se aprecia el potencial que estos productos tienen al

solubilizar la proteína, disminuyendo los niveles de FAN al mismo tiempo como indica el cuadro 2.

Cuadro: 2 EFECTO DE LA ADICIÓN DE PROTEASA SOBRE LA MS SOLUBLE TOTAL, LA PB SOLUBLE Y EL NIVEL DEL FACTOR INHIBIDOR DE LA TRIPSINA (FIT) A LA TEMPERATURA DE 50°C, Y UNA CONCENTRACIÓN DE 1 MG/G DE HARINA DE SOJA A PH 4.5.

	Control Sin enzimas	Con Proteasa
MS soluble total, g/Kg	212 a	356 b
B soluble, g/Kg	90.5 a	318.7 b
FIT, mg/ Kg	3.55 a	3.08 b

Fuente: Caine, M. et al. (1998)

Las principales enzimas utilizadas en la alimentación de los animales monogástricos son: b - glucanasa, xilanasa, a - amilasa, a - galactosidasa, fitasa, celulasas y proteasas.

Los preparados enzimáticos resultan especialmente eficaces en el caso de los monogástricos, en las que se han descrito mejoras de su crecimiento especialmente en aves, (entre un 2 y 6 % alimentadas con granos de cereales), y del índice de conversión (entre un 2 y 4 %). En el caso del ganado porcino también se han descrito mejoras similares en la ganancia diaria de peso, si bien en todos los casos la magnitud de la respuesta depende del tipo de preparado enzimático y de los componentes de la ración que reciben los animales.

Los preparados enzimáticos deben ser diseñados para superar los factores que limitan la digestión de cada tipo de alimento en cada especie animal, y en la práctica se deben combinar de forma correcta enzima y sustrato. Las perspectivas de futuro pasan por desarrollar combinaciones de enzimas adecuadas a los nuevos ingredientes que se van incorporando a las raciones en las distintas etapas de producción, así como en fabricar enzimas más estables y más baratas.

El gran desarrollo que pueden llegar a presentar estos aditivos se refleja en el hecho de que desde (1998), año en el que se aprobó por primera vez el uso de un preparado enzimático, se ha autorizado el uso de más de cincuenta preparaciones enzimáticas en la Unión Europea, aunque sólo una de ellas posee una autorización permanente. Por otra parte, estos compuestos deberían ser bien aceptados por el consumidor, ya que no se absorben y no pueden dejar residuos en los productos animales. Sin embargo, muchas de las enzimas son producidas por microorganismos que han sido modificados genéticamente para aumentar su capacidad de producción enzimática. A pesar de que todos estos microorganismos han sufrido un proceso de evaluación de su seguridad de acuerdo con la normativa europea, su utilización puede causar reticencias en algunos consumidores.

d. EMPLEO DE ENZIMAS EN NUTRICIÓN ANIMAL

Hoy en día nadie pone en duda que el empleo de enzimas en monogástricos ha logrado el abaratamiento de los costes de los piensos compuestos y por lo tanto mejorado la producción.

El uso de enzimas adecuadas en nutrición porcina, hizo bajar el consumo de maíz como componente más importante en los piensos de cerdos, logrando un considerable ahorro para el productor además de un mejor aprovechamiento de las dietas.

Las enzimas desarrolladas para porcicultura pueden tener un beneficioso efecto en las dietas destinadas a porcino, pero su efecto, probablemente no sea el óptimo dadas las diferencias fisiológicas entre pollos y cerdos y las distintas composiciones de sus dietas, por ello, ambas especies precisan de un tipo y nivel de enzimas específicos.

e. ENZIMAS DIGESTIVAS EN EL CERDO

El cerdo es incapaz de digerir entre el 15 y el 25% del alimento que ingiere porque:

- No produce enzimas suficientes para digerir toda la fibra.
- La digestión es menos eficaz por factores antinutritivos como los beta - glucanos 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.

f. ENZIMAS EN DIETAS PARA CERDAS Y LECHONES

Los nutricionistas especialistas en cerdos de Brasil Xavier et al. (Universidad Federale de Pelotas, Rio Grande do Sul, y All Nutri Consultoría em Planejamento e Nutricao Animal, Vicoso, Minas Gerais, Brasil) explicó que la utilización de enzimas para cerdos en Brasil tiene un crecimiento sostenido año tras año. Hoy en día alrededor de un 25 % de los pre-starters y las dietas de gestación, y un 50 % de las dietas de crecimiento – terminación y lactancia contienen enzimas. Aún cuando los ingredientes utilizados son considerados altamente digestibles, tal como la harina de Soja, la presencia de factores antinutricionales y polisacáridos obstaculizan los procesos digestivos del cerdo y la utilización de los nutrientes.

La adición de enzimas (por ejemplo Rovabio, Vegpro, etc.) a las dietas para cerdos puede mejorar la digestibilidad de los nutrientes y reducir el impacto de los factores antinutricionales

Trabajando con cerdos en crecimiento, Costa J. et al. (2005; Proc. Alltech's 21st symp.). Determinaron los valores reales de digestibilidad en íleon de la harina de soja con y sin productos enzimáticos, encontrando valores superiores en sangre de la mayoría de los aminoácidos (principalmente de histidina), como resultado de la suplementación enzimática. Se sabe que el maíz contiene hemicelulosos de 9 - 11%, y harina de soja que contiene más del 20% de polisacáridos no amiláceos (PAN), de los cuales aproximadamente el 50% es la pectina. A partir de cereales como el trigo y el salvado de arroz también tienen altos niveles de PAN, mientras

que la harina de colza, algodón y otros, son ricos en celulosa, hemicelulosa, pectina y otros polisacáridos no amiláceos. No son digeribles a los cerdos, debido a la falta de las enzimas. Mejora de la digestibilidad de las dietas de maíz / soja para cerdos.

F. NECESIDADES NUTRITIVAS PARA CERDOS EN CRECIMIENTO

El requerimiento de un nutriente para un cerdo o un grupo de cerdos en particular podría definirse como la mínima cantidad de dicho nutriente que permita una óptima respuesta asumiendo que el resto de nutrientes no sean limitantes.

Las necesidades dependerán en gran medida de las características de los animales en cuestión. Entre éstas, podemos destacar la genética, el sexo, el peso vivo o edad, el estado fisiológico en que se encuentren los animales, o características ambientales tales como temperatura, densidad de alojamiento y el estado sanitario.

Las necesidades también pueden variar según qué tipo de respuesta pretendamos conseguir de ellos. Existen numerosos ensayos en la bibliografía en los cuales se han determinado distintas necesidades para los mismos animales dependiendo del criterio de respuesta escogido. Así pues, las necesidades para un máximo crecimiento no serán las mismas que para un mínimo índice de conversión o un máximo contenido magro en la canal.

1.- Determinación empírica de las necesidades

[\(http://www.irta.es/xarxatem/requerimientos\)](http://www.irta.es/xarxatem/requerimientos).(2004), enuncio los requerimientos nutricionales se han establecido tradicionalmente mediante la revisión de trabajos empíricos en los cuales se determina la respuesta a niveles crecientes del nutriente en cuestión sobre una dieta basal con niveles limitantes del nutriente estudiado.

Se considera que el requerimiento es aquel nivel de nutriente hasta el cual se obtiene una respuesta creciente y a partir del cual ya no se obtiene respuesta. Tablas de recomendaciones nutritivas como el ARC (1981), o el NRC (1988), se basan en la revisión de dichos trabajos. Las recientes recomendaciones del NRC (1998), todavía incluyen una recopilación de trabajos empíricos, aunque las recomendaciones se basan sobre un modelo factorial.

La principal limitación a la determinación empírica de los requerimientos, es que los valores obtenidos solamente son válidos para cerdos con características de genotipo, sexo y edad idénticas a las del ensayo y que además estén bajo las mismas condiciones ambientales y sanitarias. Sin embargo, en la práctica los trabajos solamente se han agrupado solamente según el peso vivo del animal, adoptando el valor medio de los valores obtenidos como recomendación como se representa en el cuadro 3.

Cuadro: 3. REQUERIMIENTOS (G/MJ DE) DE ALGUNOS AMINOÁCIDOS ESENCIALES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO DE DIFERENTES EDADES.

ARC (1981)	Lisina	Treonina	Met+Cys	Triptófano
Lechones 0-3 semanas	1.12	0.67	0.56	0.16
Lechones 3-8 semanas	0.98	0.59	0.49	0.14
Cerdos 15-50 kg	0.84	0.50	0.42	0.12
Cerdos 50-90 kg	0.60	0.36	0.30	0.09
NRC(1988)				
Lechones 1-5 kg	0.98	0.56	0.48	0.14
Lechones 5-10 kg	0.81	0.48	0.41	0.12
Cerdos 10-20 kg	0.67	0.39	0.34	0.10
Cerdos 20-50 kg	0.53	0.34	0.29	0.08
Cerdos 50-110 kg	0.42	0.28	0.24	0.07

Fuente: Datos del ARC (1981) y NRC (1988).

Existe pues una gran variabilidad en los valores utilizados para establecer las recomendaciones. La precisión de los requerimientos en un caso particular dependerá de si los cerdos a los cuales van destinados se aproximen o no a la media de los animales utilizados en los experimentos.

Otro inconveniente es que los experimentos utilizados para crear éstas tablas son muy laboriosos y se han realizado durante un periodo de tiempo relativamente largo antes de su publicación. Además la utilización de las recomendaciones tendrá que servir durante varios después de su publicación por lo que puede que se realicen unas recomendaciones nutricionales en base a los requerimientos establecidos con veinte años de antelación.

El potencial genético ha evolucionado de una manera drástica en los últimos años (y es previsible que lo seguirá haciendo), como respuesta a las necesidades del sector. Es entonces imposible mediante ésta aproximación empírica establecer (y mucho menos predecir), unas recomendaciones nutritivas precisas y actualizadas para cada caso en particular.

2.- Determinación factorial de las necesidades

Otra forma de estimar las necesidades nutritivas de un cerdo en particular es la de considerarlas como la suma de los componentes que requieran dicho nutriente para las diferentes funciones metabólicas. En cerdos de engorde existen dos componentes mayoritarios que contribuyen a los requerimientos de nutrientes: el mantenimiento y el crecimiento.

3.- Necesidades de Mantenimiento

Las necesidades de mantenimiento de un aminoácido se definen como la cantidad del mismo que se requiere para mantener el equilibrio nitrogenado. Para ello el aporte de aminoácido debe ser igual a las pérdidas obligatorias del mismo. Las necesidades de mantenimiento deben pues reemplazar a las cantidades perdidas en orina, por descamación de la piel, pérdida de pelo y secreciones intestinales endógenas, así como aquellos aminoácidos que sufren una modificación irreversible, se utilizan para la síntesis de otras sustancias no nitrogenadas o que se pierden debido a la oxidación basal de los aminoácidos. Fuller. M. et al. (1989), la cantidad de aminoácido necesaria para el mantenimiento está en función del peso metabólico del animal. Concluyeron que las necesidades de lisina para mantenimiento son de $36 \text{ mg /kg}^{0.75}$ por día. Los mismos autores han descrito la reacción entre las necesidades de lisina y el resto de aminoácidos esenciales para mantenimiento, lo que permite calcular las necesidades del resto de aminoácidos.

Las necesidades energéticas de mantenimiento son la suma de energía necesaria para mantener las funciones vitales, la temperatura corporal y la actividad física

sin que se produzca ganancia ni pérdida de tejidos (o energía), por parte del animal. Al igual que en el caso de los aminoácidos, las necesidades energéticas de mantenimiento están en función del peso metabólico del animal, y como término medio se considera que (en condiciones de termoneutralidad), equivalen a $106 \text{ kcal EM} / \text{kg}^{0.75}$. Dichas necesidades de mantenimiento, sin embargo pueden verse afectadas en situaciones en las que el animal esté expuesto a una temperatura por debajo de su zona de confort térmico. Un animal se encuentra por debajo de su temperatura de confort cuando necesita poner en marcha mecanismos de termogénesis (temblores), para mantener su temperatura corporal. La temperatura mínima de termoneutralidad puede variar según factores tales como el peso y engrasamiento del animal o las condiciones de alojamiento (individual o en grupo).

4.- **Necesidades de Crecimiento**

En cerdos de engorde las necesidades de aminoácidos para el crecimiento equivalen a las de deposición de proteína, y generalmente representan el 90-95% de total de las necesidades. Las necesidades de aminoácidos para crecimiento estarán pues condicionadas por la deposición proteica del cerdo en cuestión. El NRC (1998), recomienda que para depositar 100 g de proteína son necesarios 12 g de lisina digestible ileal verdadera. Las necesidades del resto de aminoácidos esenciales pueden ser calculadas a partir del patrón de la proteína ideal para deposición proteica como indica en el cuadro 4.

Cuadro: 4. PATRÓN ESTIMADO (PROTEÍNA IDEAL), DE LAS NECESIDADES DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES (% LISINA), PARA MANTENIMIENTO Y PARA DEPOSICIÓN DE PROTEÍNA.

	Mantenimiento	Deposición Proteína
Treonina	147	69
Valina	56	77
Met+Cys	136	53
Metionina	25	28
Isoleucina	44	63
Leucina	64	115
Phe+Tyr	103	124
Fenilalanina	50	60
Lisina	100	100
Triptófano	31	18

Fuente: Fuller y cols. (1989).

Tess. M. et al. (1984), las necesidades energéticas de crecimiento son la suma de energía necesaria para la deposición de proteína y para la deposición de lípidos. Se considera que para depositar un gramo de proteína son necesarias 10.6 Kcal de EM, y que para depositar un gramo de grasa se requieren 12.5 Kcal de EM.

Cabe destacar sin embargo que las necesidades para depositar tejido magro (23% de proteína), y tejido adiposo (90% de grasa), son de 2.44 y 11.25 Kcal EM por gramo depositado respectivamente. Por ello en términos de coste energético para crecimiento es mucho más eficiente el crecimiento en forma de tejido magro que en forma de tejido adiposo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

1. Localización

El presente trabajo experimental se realizó en la unidad productiva porcina de la F.C.P. ESPOCH. Ubicada en el cantón Riobamba a 3000 msnm, Panamericana Sur Km 1 ½.

2. Duración de la investigación

El trabajo experimental tuvo una duración de 120 días los mismos que comprendieron 60 días para la determinación de energía metabolizable en cerdos vivos, se realizó en el laboratorio de bromatología F.C.P. ESPOCH. y 60 días para el periodo de crecimiento en la unidad de producción porcina de la F.C.P. ESPOCH. Como indica el cuadro 5.

Cuadro. 5 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESPOCH.

PARÁMETROS	PROMEDIO
Temperatura (°C)	13.36
Humedad Relativa (%)	64
Precipitación (mm)	490.80
Velocidad de viento(m/s)	2.06
Heliofania, (h/luz)	163.8

Fuente: Estación Meteorológica de la F.R.N. ESPOCH. (2009).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Las unidades experimentales se conformaron por 14 machos cruzados de las razas york – landrace de 15 Kg. de peso. El tamaño de la unidad experimental fue

de un cerdo. De igual manera en el laboratorio de bromatología se conformaron 14 pruebas de digestibilidad 12 de animales y 2 de alimento.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

a. De laboratorio.

1. Materiales

12 muestras de heces.

Dietas experimentales (dos tipos de balanceados con enzimas y sin enzimas).

Fundas plásticas.

Envases plásticos.

Balanza.

2. Equipos

Balanza analítica.

Equipos para la determinación de fibra bruta.

Equipos para la determinación de extracto etéreo.

Equipo para determinar la humedad higroscópica.

Equipos para la determinación de cenizas.

Equipo para determinar la proteína.

b. De campo

1. Materiales

- Alimento balanceado.
- Enzimas exógenas.
- Medicamentos.
- Materiales de oficina.

2. Equipos

- Equipo de limpieza y desinfección
- Equipo veterinario
- Cámara fotográfica
- Balanza

3. Instalaciones

Las instalaciones empleadas fueron las de la “Unidad Productiva Porcina” y el laboratorio de nutrición y bromatología de la F.C.P. ESPOCH.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación evaluó el efecto de las enzimas exógenas en la etapa de crecimiento de cerdos, los tratamientos a evaluarse estuvieron conformados por el suministro de la ración alimenticia incluyendo enzimas exógenas frente al otro que no disponía enzimas por lo que se tuvo dos tratamientos experimentales con siete repeticiones cada uno y el tamaño de la unidad experimental fue de un animal por tratamiento y repetición con un total de catorce animales que se comparados con la estadística T student y estadística descriptiva.

El esquema del experimento empleado para el análisis de la investigación se muestra en los siguientes cuadros 6. y cuadro 7. Se detallan a continuación para el análisis de campo y de laboratorio.

Cuadro: 6. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

De campo

Tratamiento	Sexo	Código	TU.E.	Repet.	Total animales
T1	M	TM1	1	7	7
T2	M	TM2	1	7	7
TOTAL					14

T.U.E = Tamaño de la unidad experimental, un cerdo

T1 = Testigo sin enzimas

T2 = Concentrado con enzimas exógenas

Cuadro: 7. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

De laboratorio

TRATAMIENTO	CODIGO	T.U.E.	REPET.	TOT/ ANIMALES
CON. ENZ.	ENZ.	1	6	6
SIN. ENZ.	EMZ SIN	1	6	6
TOTAL				12

CON. ENZ. = Concentrado con enzimas exógenas

SIN. ENZ. = Concentrado sin enzimas

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Laboratorio

Se estimó la Energía Metabolizable (EM), en función del aporte de proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (ELN), % tanto del alimento como las heces.

- Proteína cruda digestible.
- Fibra cruda digestible.
- Extracto etéreo digestible.
- Extracto libre de nitrógeno digestible.
- Nutrientes digestibles totales.
- Energía digestible.
- Energía metabolizable.

2. Etapa de crecimiento

- Peso inicial, de cerdos (Kg.).
- Peso final , de cerdos (Kg.).
- Ganancia de peso por semana, (Kg.).
- Consumo de concentrado, Kg., Ms.
- Conversión alimenticia.
- Costo por kilogramo de ganancia de peso, dólares.
- Mortalidad, N°.
- Beneficio/ costo, \$.

F. ANALISIS ESTADISTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis.

- Estadística T students.
- Estadística descriptiva.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. De laboratorio

- Determinar el consumo del alimento en base de los niveles de mantenimiento.
- Se tomaron muestras de heces de los animales y muestras diarias del alimento.
- Congelación de las muestras durante el periodo de recolección de heces.
- Dividir en pesos iguales para la determinación de la materia seca.
- Realizar el análisis proximal por el método de Weende tanto de las heces como de los alimentos balanceados.
- Determinar el contenido de humedad, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno.

2. De Campo

- Preparación del material experimental.
- Adecuación de las instalaciones para recibir a los animales destinados para la investigación.
- Desinfección de los animales para un estricto control sanitario.
- Adaptación de los animales a las nuevas instalaciones.
- Selección de 14 cerdos destetados y ubicados en cada corral.
- Inicio del trabajo de experimental con los animales ya ubicados en los corrales y dar alimento con el respectivo tratamiento.
- Para cada tratamiento con enzimas se debe aplicar a las diferentes recomendaciones por necesidades nutritivas.
- Se realizaran análisis bromatológicos (humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas), en el laboratorio de bromatología de la F.C.P. ESPOCH.
- Finalmente se realizara la tabulación de datos de toda la información recogida durante la investigación.

3. Programa Sanitario

Todos los lechones recibieron tratamiento al inicio y al final de la etapa de crecimiento utilizando un desparasitante de doble acción (interna y externa), como es la ivermectina en dosis recomendadas por la posología.

Para la sepsia de materiales e instalaciones, se utilizó un desinfectante fuerte como es la creolina en dosis según las indicaciones, ayudados de una bomba de mochila.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La presente investigación se desarrolló en la Unidad Productiva Porcina y el Laboratorio de Nutrición y Bromatología F.C.P. ESPOCH. Se utilizó 14 cerdos y se procedió a pesarlos, para en lo posterior empezar a suministrar la dieta en la presente investigación, durante 120 días.

Se midió el desperdicio/día, estos pasos fueron registrados para la evaluación. Las ganancias de peso se determinaron por diferencia de pesos y estas fueron registradas en forma individual periódica y total.

G.P. = Peso final - peso inicial.

La conversión alimenticia se calculó por la relación entre el consumo total de materia seca/ animal y la ganancia de peso total cada 15 días.

Conversión = consumo de materia seca (Kg.) /ganancia de peso en kg.

El beneficio/costo como indicador de la rentabilidad se estimó mediante la relación de los ingresos totales para los egresos totales.

B.C. = Ingresos totales \$ / Egresos totales \$.

1. Determinación de la energía digestible

Se determinó la energía digestible partiendo de la energía bruta del alimento la misma que se calculó en base a la siguiente ecuación:

$$EB \text{ (kcal /kg ms)} = [(5.77*PC) + (8.74*EE) + (5*FC) + (4.06*ELN)].$$

Donde:

EB: Energía Bruta.

PC: Proteína Bruta.

EE: Extracto Etéreo.

FC: Fibra Cruda.

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

Considerando que los parámetros de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno deberá reportarse en gr/kg MS. Entonces la ED, se calculara a través de la siguiente fórmula:

$$ED \text{ (Kcal/kg de ms)} = \frac{NDT * EB}{100}$$

Donde:

ED: Energía Digestible.

EB: Energía Bruta.

NDT: Nutrientes Digestibles Totales.

2. Determinación de los nutrientes digeribles totales

Se partió del cálculo de los principios nutritivos digeribles parciales (PC, EE, FC y ELN), y se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$NDT = PCD + (EED \times 2.25) + FCD + ELND.$$

Donde:

NDT: Nutrientes Digestibles Totales.

PCD: Proteína Bruta Digestibles.

EED: Extracto Etéreo Digestibles.

FCD: Fibra Cruda Digestibles.

ELND: Extracto Libre de Nitrógeno Digestibles.

3. Para la determinación del contenido del extracto libre de nitrógeno (ELN)

Para la determinación del ELN se realizó mediante datos encontrados en los análisis proximales y se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FB} + \% \text{EE} + \% \text{C}).$$

Donde:

PB = proteína bruta.

FB = fibra bruta.

EE = extracto etéreo.

C = cenizas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. EVALUACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO.

Luego de los análisis de parámetros productivos en el campo se determinó resultados que difirieron en función del tipo de alimento suministrado a los semovientes, determinándose que a los 60 días de evaluación los cerdos en la etapa de crecimiento presentaron diferencias de acuerdo a los siguientes resultados:

1. Peso inicial

El peso inicial de los cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la etapa de crecimiento fue 16,428 Kg para el alimento con enzimas, para el alimento sin enzimas un peso de 16,285 Kg.

2. Peso final

El peso final luego de los 60 días, para esta variable se presentó diferencia significativa ($P < 0.0001$), obteniéndose 45,714 Kg para el alimento con enzimas, mientras que para evaluación del alimento sin enzimas presentó un peso de 36,428 Kg. En su totalidad. Como se observa en el Grafico 1.

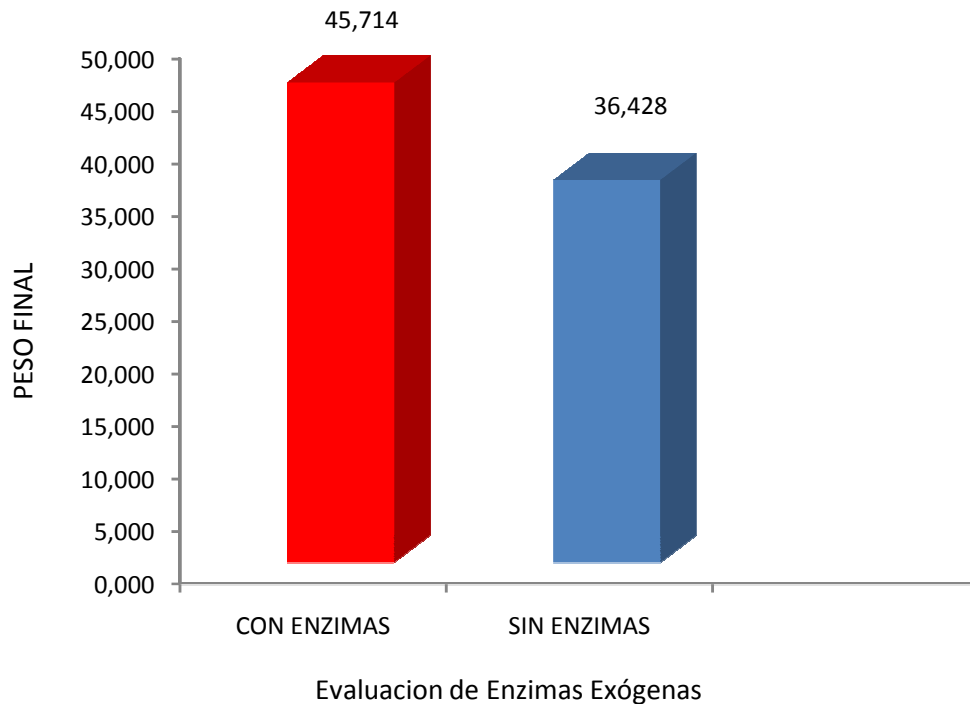


Gráfico 1. Peso final en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

3. Ganancia de peso

Se presento diferencias significativas ($P < 0.0001$), entre el tratamiento T1 con enzimas, frente al T0 sin enzimas de 0 a 60 días se observo que el incremento de peso para T1 es de 29,286 Kg para el alimento con enzimas, mientras que para evaluación del alimento sin enzimas presentó un peso de 20,143 Kg. Por tanto se noto un efecto claro de las enzimas para el tratamiento T1. Como se observa en el Grafico 2.

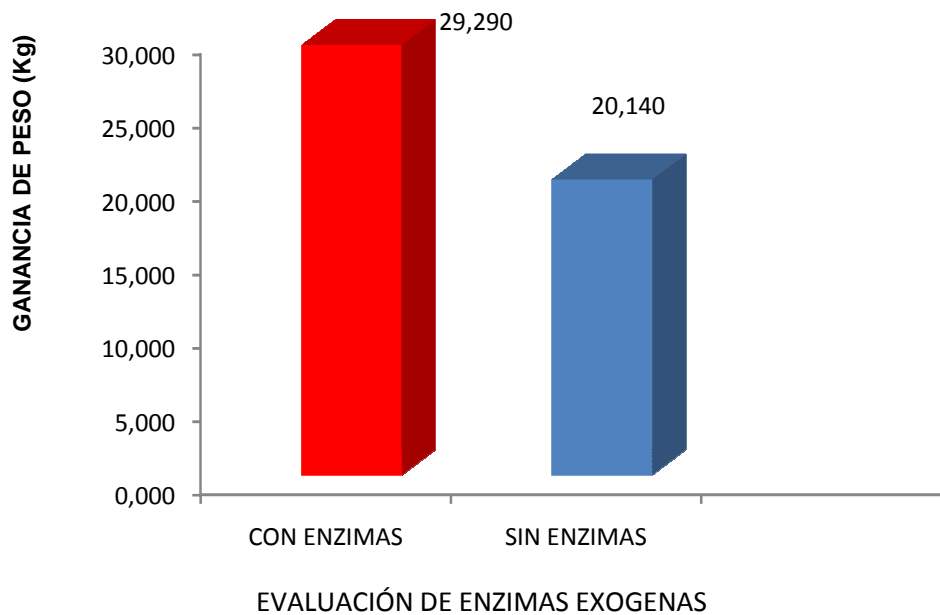


Gráfico 2. Ganancia de peso en cerdos Landrace - York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

4. Consumo total concentrado

Desde los 0 a los 60 días el consumo de alimento para cerdos en la etapa de crecimiento no presento diferencias significativas ($P > 0.286$), entre los dos tratamientos T1 con enzimas presento un consumo de 66,143 Kg. Para T0 sin enzimas se presento un consumo de 65,714, este consumo de alimento fue tomado de las tablas de alimentación de la empresa biolimentar. Como se observa en el Grafico 3.

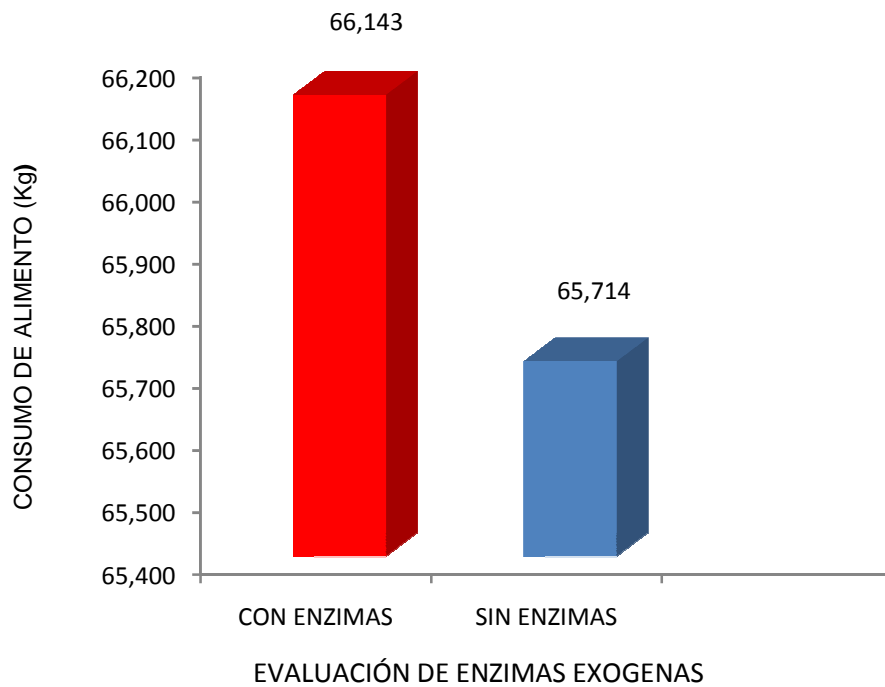


Gráfico 3. Consumo de alimento en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

5. Conversión alimenticia

Según los resultados que se anotan en el cuadro 8, el aprovechamiento del alimento (conversión alimenticia) se observó diferencias significativas ($P < 0.0001$), para los tratamientos con enzimas, y sin enzimas obteniéndose 2,261 y 3,293 respectivamente notándose una influencia directa debido a la inclusión de enzimas. Como se observa en el Gráfico 4.

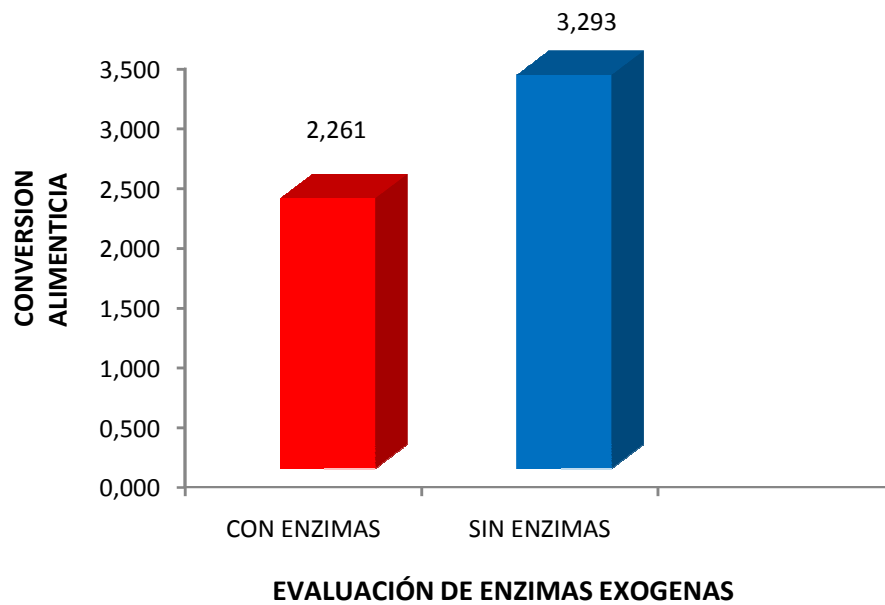


Gráfico 4. Conversión alimenticia en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

Cuadro 8. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS LANDRACE-YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA CRECIMIENTO.

VARIABLES PRODUCTIVAS	TRATAMIENTOS		
	CON ENZIMAS	SIN ENZIMAS	Prob. (T<t)
Peso inicial, (kg)	16,43	16,29	
Peso final, (kg)	45,71	a 36,43	b 0,0001 **
Ganancia de peso, (kg)	29,29	a 20,14	b 0,0001 **
Consumo de alimento, (kg)	66,14	a 65,71	a 0,2860 ns
Conversión alimenticia	2,26	b 3,29	a 0,0001 **
Costo/ kg de Ganancia de peso, (USD)	1,38	b 1,68	a 0,0040 **

Elaboración: Lata, O. (2010).

Letras iguales no difieren significativamente según t Student.

Prob: Probabilidad.

** : Altamente significativo (P < 0.01).

ns: No Significativo (P > 0.05).

6. Costo/kg de ganancia de peso

El menor costo por kg de cerdo en pie fue para el tratamiento T1, el costo más alto se observó para el tratamiento T2, que fue el tratamiento sin enzimas por tanto se observó diferencias significativas ($P < 0.0045$), registrándose 1.37 USD, para las enzimas mientras que para 1,68 USD, para el tratamiento sin enzimas.

El costo por tonelada de alimento fue más bajo en USD en el tratamiento T0 por que se formuló con menos cantidad de energía, siendo que el rubro más costoso de la alimentación de cerdos de crecimiento es la energía, el tratamiento T1 fue el más bajo esto se debe a una mejor conversión alimenticia y un menor costo de la enzima por tonelada.

7. Mortalidad

La mortalidad con la utilización de enzimas exógenas en la etapa de crecimiento de cerdos para todos los tratamientos durante el experimento, no registró ninguna pérdida por tanto no se presentan variantes estadísticas.

B. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CONTENIDO DE ENERGIA METABOLIZABLE EN EL ALIMENTO DE CERDOS LANDRACE YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS.

Luego de los análisis de laboratorio a través de pruebas de digestibilidad se determinó resultados que difirieron en función del tipo de alimento suministrado a los semovientes, determinándose que a los 120 días de evaluación los cerdos en la etapa de crecimiento presentaron diferencias altamente significativas de acuerdo a los siguientes resultados:

1. Digestibilidad de la proteína cruda

La proteína cruda digestible de los cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la etapa de crecimiento luego de los 120 días de investigación, presentó diferencia significativa ($P < 0.0001$) en los dos grupos experimentales evaluados, obteniéndose un % del 12,85 para el alimento sin enzimas, para el alimento con enzimas un % del 13,59.

2. Digestibilidad de la Fibra cruda

La fibra cruda digestible, luego de los 120 días, de investigación para esta variable se presentó diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$), obteniéndose el %0,56 para el alimento con enzimas, mientras que para evaluación del alimento sin enzimas presentó un % del 0,23. En su totalidad.

3. Digestibilidad del Extracto etéreo

Se presento diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), entre el tratamiento T1 con enzimas, frente al T0 sin enzimas de 0 a 120 días se observo que el incremento de extracto etéreo digestible para T0 es de 8,01 % para el alimento sin enzimas, mientras que para evaluación del alimento con enzimas presentó un % 9,18.

4. Digestibilidad del Extracto libre de nitrógeno

Extracto libre de nitrógeno digestible, Desde los 0 a los 120 días luego del análisis de laboratorio a través de pruebas de digestibilidad para cerdos en la etapa de crecimiento presento diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), entre los dos tratamientos T1 con enzimas presento un % 51,56. Para T0 sin enzimas se presento un 51,30%.

5. Nutrientes digestibles totales

En el aprovechamiento del alimento (NDT) se observo diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), para los tratamientos con enzimas, y sin enzimas obteniéndose 74,89 y 72,39 respectivamente notándose una influencia directa en la inclusión de enzimas. Como se observa en el Grafico. 5.

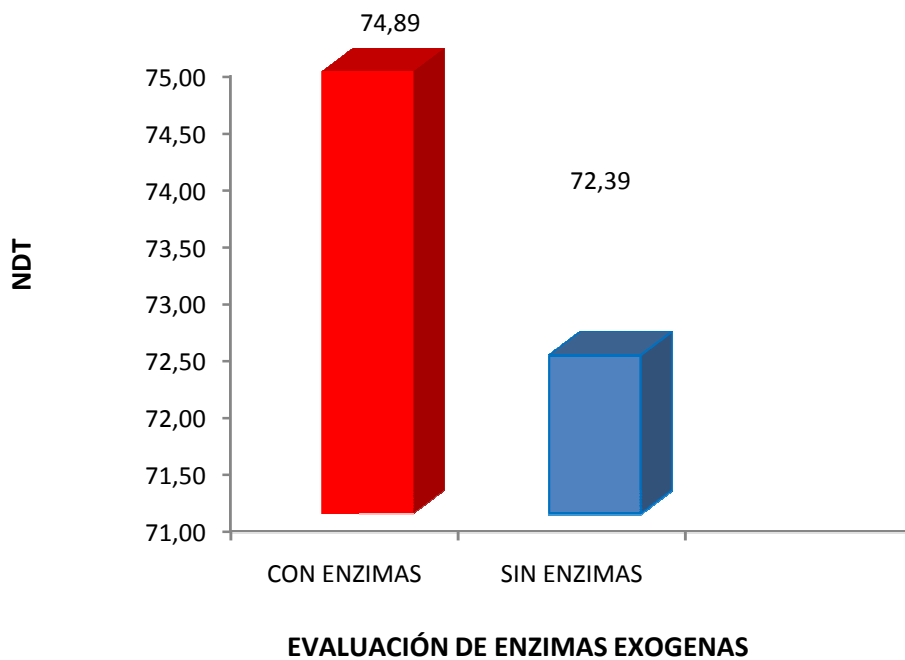


Gráfico 5. Nutrientes Digestibles Totales en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

6. Energía digestible

La utilización de enzimas exógenas en la etapa de crecimiento de cerdos para todos los tratamientos presento diferencias significativas durante el experimento, al ($P < 0.0001$), con lo cual presento 3295,16 Kcal/Kg MS. para T1, mientras que para T0 se presento 3185,16 Kcal/Kg Ms. Como se observa en el Grafico 6.

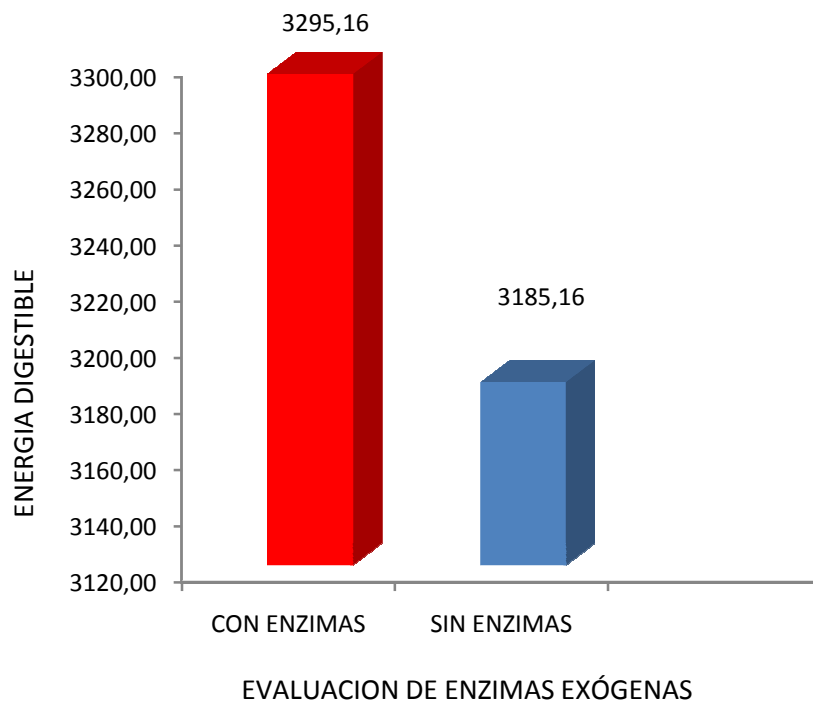
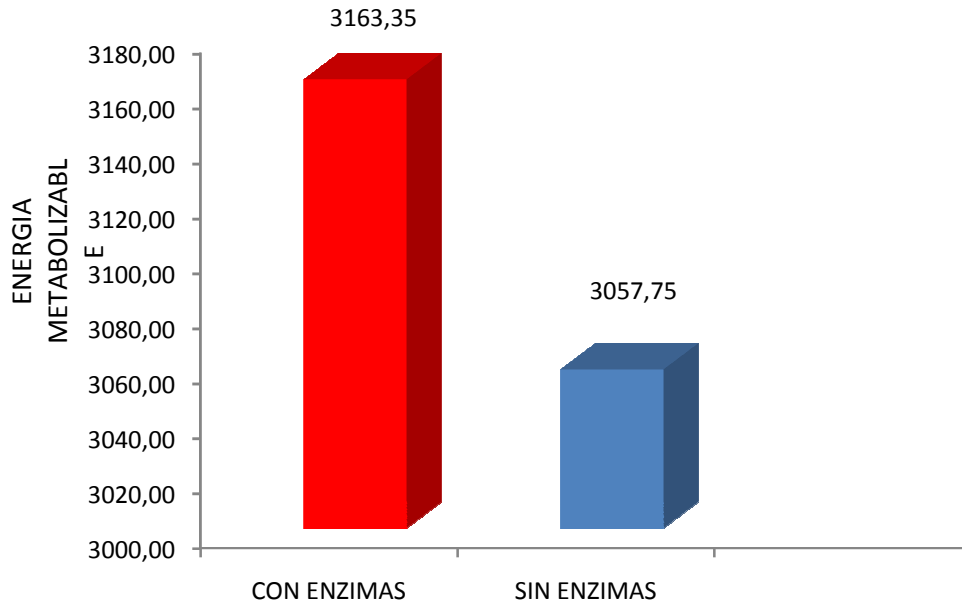


Gráfico 6. Energía digestible en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

7. Energía metabolizable

Los resultados del cuadro 9, nos define que esta característica de menor cantidad de energía metabolizable a través de pruebas de digestibilidad se registro para el tratamiento T0 con 3057,75 Kcal/Kg MS. reportando una alta diferencia significativa para el tratamiento T1, que fue el tratamiento con enzimas registrándose 3163,35 Kcal/Kg Ms por tanto se vio influenciado por efecto de las

enzimas notándose que la adición de enzimas elevó el valor de energía metabolizable. Como se observa en el Gráfico 7.



EVALUACIÓN DE ENZIMAS EXOGENAS

Gráfico 7. Energía metabolizable en cerdos Landrace-York, en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

Cuadro 9. DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CONTENIDO DE ENERGÍA METABOLIZABLE EN EL ALIMENTO DE CERDOS LANDRACE-YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS.

INDICADORES NUTRICIONALES	TRATAMIENTOS			Prob. (T≤t)	
	CON ENZIMAS		SIN ENZIMAS		
Proteína Cruda Digestible, (%)	13,59	a	12,85	b	0,0001 **
Fibra Cruda Digestible, (%)	0,56	a	0,23	b	0,0001 **
Extracto Etéreo Digestible, (%)	9,18	a	8,01	b	0,0001 **
Extracto Libre de Nitrógeno Digestible, (%)	51,56	a	51,30	b	0,0001 *
Nutrientes Digestibles Totales, (%)	74,89	a	72,39	b	0,0001 **
Energía Digestible, (Kcal/Kg de MS)	3295,16	a	3185,16	b	0,0001 **
Energía Metabolizable, (Kcal/Kg de MS)	3163,35	a	3057,75	b	0,0001 **

Elaboración: Lata, O. (2010)

Letras iguales no difieren significativamente según t Student.

Prob: Probabilidad.

** : Altamente significativo (P < 0.01).

ns: No Significativo (P > 0.05).

C. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS LANDRACE-YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA CRECIMIENTO.

En el análisis económico de la utilización de enzimas exógenas en la alimentación de cerdos durante la etapa crecimiento, se consideraron, los egresos establecidos en los costos de producción en los dos grupos de cerdos y los ingresos obtenidos con la cotización de los animales y estiércol producido, determinándose los mejores índices de beneficio costo en los animales tratados con enzimas exógenas, con índices de Beneficio - Costo de 1.16 USD, lo que quiere decir que por cada dólar invertido con la adición de enzimas en la etapa de Crecimiento de cerdos castrados Landrace -York se tiene un beneficio neto de 0.16 USD, mientras que con un índice de beneficio-costo inferior los cerdos tratados con alimentación convencional presentaron un índice de 1.10 USD. Cuadro 10.

Cuadro 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS LANDRACE-YORK MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA CRECIMIENTO.

CONCEPTO	TRATAMIENTOS	
	CON ENZIMAS	SIN ENZIMAS
<u>EGRESOS</u>		
Costo de Animales 1	420,00	420,00
Alimento Crecimiento 2	282,43	234,60
Sanidad 3	14,00	14,00
Servicios Básicos 4	5,00	5,00
Mano de Obra 5	100,00	100,00
Depreciación de Inst. y Equipos 6	5,00	5,00
TOTAL EGRESOS	826,43	778,60
<u>INGRESOS</u>		
Cotización de Animales 7	945,00	840,00
Estiércol 8	15,00	15,00
TOTAL INGRESOS	960,00	855,00
BENEFICIO/COSTO (USD)	1,16	1,10

Elaboración: Lata, O. 2010

1: \$ 60/Lechón castrado

2: \$ 0,61/kg Con Enzimas; 0,51/kg Sin Enzimas

3: \$ 2/Vacuna y Desparasitante

4: \$ 5/Servicios Básicos

5: \$ 50/Mes/Mano de Obra

6: \$ 5/Tratamiento

7: \$ 135 Con Enz; 120 Sin Enz.

8: \$ 15/Tratamiento

V. CONCLUSIONES

1. Los cerdos castrados Landrace-York, tratados mediante la utilización de enzimas exógenas en la etapa de Crecimiento presentaron diferencias significativas en relación al grupo control, obteniendo junto a él los mejores parámetros productivos en cuanto a Peso Final, Ganancia de Peso, Conversión alimenticia.
2. Se determinó una mayor digestibilidad de la dieta con enzimas exógenas, ya que en la presente investigación se demuestra los mejores parámetros de proteína digestible, energía digestible y metabolizable.
3. Se obtuvo el mejor índice de Beneficio - Costo de 1.16 USD mediante la utilización de enzimas exógenas en el alimento, superior al obtenido en el grupo sin enzimas de un alimento convencional en donde se determinó un índice de Beneficio - Costo de 1.10 USD, por ahorro en los costos del alimento, lo que viabiliza su utilización en la alimentación de cerdos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar enzimas exógenas en el alimento de cerdos castrados durante las etapas de Crecimiento, ya que en el presente estudio se determinaron resultados productivos, de laboratorio a través de pruebas de digestibilidad y económicos satisfactorios.
2. Transferir los resultados obtenidos en la presente investigación a nivel de medianos y pequeños productores de la zona a fin de aprovechar los beneficios de enzimas exógenas existentes en la zona.
3. Realizar una valoración técnica cuando se vaya a incluir una nueva enzima y esta valoración se realizara en base al beneficio costo.

VII. LITERATURA CITADA

1. Campos, P. Fernández, C. y Malaguido, A. 2003. Las enzimas podrían mejorar la digestibilidad de la proteína vegetal. Rev. Feedstuffs.
2. CHURCH, D., POND, W., Y POND K., 2000. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Animal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 597-612.
2. Díaz A. F. 2002. ¿Pueden realmente ser útiles las enzimas en las dietas para cerdos?. Los Porcicultores y su entorno. México. BM Editores S.A. de C.V. P. 29:137-140.
3. <http://www.comunidad.uach.mx/fsalvado/ENZIMAS-NO%20RUMIANTES.htm>.
4. http://www.engormix.com/las_enzimas_exogenas_insumos_articulos_525_
5. <http://www.monografias.com/trabajos5/enzimo/enzimo.shtml>.
6. <http://www.irta.es/xarxatem/requerimientos>. 2004
7. Loomis, R. y Coonor, D. 2002 Digestibilidad Aparente de los alimentos Madrid, España, pp 344 -356
8. Sicardi, A. 1997 Association of America Feed Control Officials, México. pp 24.
9. Tess, M. y Cols, R. 1984. Energia Metabolizable de cerdos en crecimiento, México, pp 78 - 83.
10. Revollo, K. 2009. Energía y proteína de los alimentos, Lima Perú. pp 28- 38
11. <http://www.agrarias.unlz.edu.ar>. 2009. Alimentos y nutrición animal.
12. Lachmann. M. y Araujo. O. 2009. Metodos de recolección de heces para medir energía digestible, México, pp 135 – 139.

13. <http://www.whiskastastechallenge.co.uk>. 2009. ¿Cómo digieren los animales su alimento?.
14. México Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali. Cervantes, R. M. 2000. Utilización de enzimas exógenas en dietas para cerdos.
15. Mora, I. 2002. Nutrición animal. se. Edit. EUNED. Zaragoza, España. pp. 13 – 29.
16. National Research Council (NRC). (1988). Nutrient Requirements of Swine. Ninth Revised Edition. National Academy Press, Washington .D.C.
17. National Research Council (NRC). (1998). Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. National Academy Press, Washington D.C.
18. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1978. Nutrient requeriments of Laboratory animals. 33 ed. Washington. D.C. National Academy of Science. 96 págs.
19. SHIMADA, M. 2005. Nutrición animal. se. Editorial Trillas, México, México. PP. 18-35.
20. Williams, J.A., D.B. Burnham, and S.R. Hottman. 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.
21. <http://adisseo.com/enzymes.html>. Rovabio TM Exel Enzymes.2005.
22. Bach Knudsen, K.E. Animal Feed Science Technology, 67. Pp 319-338 1997.
23. Buhler, M., et al. Las enzimas en la nutrición animal. AWT, Bonn, 1998.

24. Sakomura, KN. Diseño Experimental Monogasticos. Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias – UNESP, Brasil. 2006.
25. Potter, IM, Matterson, ID Metabolizable energy of feed ingredients for the growing chick. Poultry Sci.39:781-782. 1960.
26. Mc Donald E, Morgan G. Nutrition animal, 5ª ed, España, 1999.
27. Torero, A. Alltechonologh. <http://alltech.com/latinoamerica.html>.

ANEXOS

Anexo 1. Contraste de promedios mediante t Student, para el peso inicial de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

PESO INICIAL	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	16,285 a	16,428 a
Varianza	1,571	0,952
Observaciones	7,000	7,000
Coeficiente de correlación de Pearson	0,292	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	-0,281	
P(T<=t) una cola	0,394	NS
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 2. Contraste de promedios mediante t Student, para el peso final de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

PESO FINAL	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	36,428 b	45,714 a
Varianza	4,619	0,905
Observaciones	7,000	7,000
Coefficiente de correlación de Pearson	0,233	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	-11,490	
P(T<=t) una cola	0,000	**
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 3. Contraste de promedios mediante t Student, para la ganancia de cerdos en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

GANANCIA PESO	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	20,143 b	29,286 a
Varianza	4,810	1,238
Observaciones	7,000	7,000
Coeficiente de correlación de Pearson	0,049	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	-10,036	
P(T<=t) una cola	0,000	**
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 4. Contraste de promedios mediante t Student, para el consumo de alimento en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

CONSUMO DE ALIMENTO	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	65,714 a	66,143 a
Varianza	3,155	2,726
Observaciones	7,000	7,000
Coeficiente de correlación de Pearson	0,386	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	-0,596	
P(T<=t) una cola	0,286	NS
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 5. Contraste de promedios mediante t Student, para la conversión alimenticia en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

CONVERSIÓN ALIMENTICIA	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	3,293 a	2,261 b
Varianza	0,123	0,012
Observaciones	7,000	7,000
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,309	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	6,871	
P(T<=t) una cola	0,000	**
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 6. Contraste de promedios mediante t Student, para el costo/Kg de ganancia de peso en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

Costo/KG de ganancia de peso	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	1,680 a	1,379 b
Varianza	0,032	0,004
Observaciones	7,000	7,000
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,309	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	6,000	
Estadístico t	3,804	
P(T<=t) una cola	0,004	**
Valor crítico de t (una cola)	1,943	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 7. Contraste de promedios mediante t Student, para la proteína cruda digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>PROTEINA CRUDA DIGETIBLE</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	11,85	13,59
Varianza	0,19	0,28
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,58	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	-9,37	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 8. Contraste de promedios mediante t Student, para la fibra cruda digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>FIBRA CRUDA DIGESTIBLE</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	0,07	0,56
Varianza	0,00	0,10
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,77	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	-4,40	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,01	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 9. Contraste de promedios mediante t Student, para el extracto etéreo digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>EXTRACTO ETÉREO DIGESTIBLE</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	6,59	4,83
Varianza	0,00	0,02
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,65	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	32,43	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 10. Contraste de promedios mediante t Student, para el extracto libre de nitrógeno digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>Extracto Libre Nitrógeno Digestible</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	64,52	61,12
Varianza	0,35	0,61
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,70	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	14,82	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 11. Contraste de promedios mediante t Student, para los nutrientes digestible totales en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	90,58	70,84
Varianza	1,77	9,79
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,84	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	22,54	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 12. Contraste de promedios mediante t Student, para la energía digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

<i>ED</i>	<i>SIN ENZIMAS</i>	<i>CON ENZIMAS</i>
Media	3860,64	4099,03
Varianza	95,64	49,88
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,06	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	-47,06	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).

Anexo 13. Contraste de promedios mediante t Student, para la energía digestible en la evaluación de enzimas exógenas en la alimentación durante la etapa crecimiento.

ENERGÍA METABOLIZABLE	SIN ENZIMAS	CON ENZIMAS
Media	3165,72	3361,21
Varianza	64,31	33,54
Observaciones	6,00	6
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,06	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5,00	
Estadístico t	-47,06	
P(T<=t) una cola	0,0001	**
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Elaboración: Lata, O. (2010).