

DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA TORTA GRUESA DE MAIZ HIDROLIZADA TRATADA CON ENZIMAS EXOGENAS

Chemical Analysis and Total aparent Digestibility of Hidrolized Corn Thick Cake Treated with Exogenous Enzymes

Jesús Cruces, Carlos González, Jorge Campos, Carmelo Melito, Ricardo Tepper.
Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
Apartado 4579 Maracay, Zona Postal 2101, Venezuela
jesus.cruces@empresas-polar.com

RESUMEN

Con el objeto de evaluar la digestibilidad total aparente (DTA) en cerdos de la torta gruesa de maiz (TG) se realizó un experimento con un arreglo pseudo factorial con los siguientes tratamientos: una dieta testigo sin TG, dos niveles (20 y 40%) de TG sin tratar, TG tratada con hidrólisis alcali (HA), TG tratada con hidrólisis enzimática con Termamyl® (amilasa) + Avizyme® (xilanasas, proteasa, amilasa) (HEA) y TG tratada con hidrólisis enzimática de Termamyl® + Avizyme® + Ceremix® (amilasa, glucanasa, proteasa) (HEAC), con 4 repeticiones para cada tratamiento, siendo los resultados los siguientes: la DTA de la materia seca (MS) para la dieta basal fue la más elevada con 86,3%, no observándose diferencias ($P < 0,05$) con la dieta de TG tratada con HEAC en un 40% (85,0%), para la materia orgánica (MO) la DTA más alta fue en la dieta basal con 89,3% no observándose diferencias con la dieta de TG tratada con HEAC en un 40% (87,7%), para la energía la dieta basal mostró el más elevado % con 86,3 sin diferencias con la dieta de TG tratada con HEAC en un 40% (85,5%). Estos resultados sugieren que el tratamiento enzimático tuvo un importante efecto sobre la fracción menos digestible de la TG produciendo una ruptura de los enlaces disminuyendo los efectos antinutricionales de los polisacáridos no amiláceos. Los resultados de la DTA demuestran que es factible el uso de la TG hasta en un 40% siendo tratada enzimáticamente.

Palabras clave: Torta gruesa, digestibilidad total aparente, cerdos, enzimas exógenas.

ABSTRACT

In order to evaluate the Apparent Fecal Digestibility (AFD) in pigs for the by products from the dry-corn-milling know as "Hulls Corn" (HC), an experiment was designed with arrangement factorial of treatment, where we added to a basal diet two levels (20 and 40%) of HC without hydrolyze, HC treated with alkali reaction (HA), HC hydrolyzed with exogenous enzyme Termamyl® (amylase) + Avizyme® (xylanase, protease and amylase) (HEA), HC treated with the same exogenous enzyme and use one

more enzyme Ceremix® (HEAC) (amylase, glucanase and protease). and also a witness, using four (4) repetitions for each one. The result were for the AFD of dry matter (DM) for the basal diet was more elevated 86.3 % ($P < 0.05$) with no difference to HC treated with HEAC and 40% (85.0%). For the organic material (MO) the higher AFD was in the basal diet (89.3%) and were not any difference with the diet of HC treated at 40% (87.7%). The basal diet for energy show the more elevated % 86.3 with no difference with the diet of HEAC 40% (85.5%) for the MO AFD higher occurs in the basal diet 89.3% and didn't present any difference with the diet of TG treated with HEAC and 40% (85.5%). The result suggests that the enzymatic treatment had an important effect over the fraction less digestibility of TG by the rupture linkage lowering the non-nutritional effects of non starch polisaccharide. Therefore is possible the use of HC in a 40% with enzymatic treatment (HEAC).

Key words: Hull corn, apparent digestibility, pigs, exogenous enzymes.

INTRODUCCIÓN

La torta gruesa de maíz o torta gruesa (TG) se obtiene como un subproducto de la elaboración de harina de maíz precocida. Una vez separado el endospermo del maíz, al subproducto restante se le extrae el aceite. El material extraído se separa a través de un proceso mecánico de cernido en dos fracciones, una fracción fina conocida como Mazina y una gruesa denominada TG. Debido a el alto contenido de fibra de este material (TG), su uso es limitado en la alimentación de aves y cerdos, lo que obedece a la baja capacidad enzimática de estas especies para el aprovechamiento de los recursos fibrosos [3].

En la actualidad, el uso de las enzimas digestivas exógenas tiene gran importancia debido a que ellas poseen una acción catalítica que permite la escisión de las moléculas de substratos fibrosos a partículas más simples. El uso de las enzimas dependerá del substrato a hidrolizar así como las temperaturas, pH y tiempo de acción.

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar la digestibilidad total aparente de la torta gruesa de maíz sometida a diferentes procesos de hidrólisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención industrial de la torta gruesa (TG)

Para la realización de esta evaluación, la materia prima utilizada es proveniente de la planta de procesamiento de maíz ubicada en La Encrucijada, donde el maíz blanco es recibido según estándares de calidad [5]. Recibido el maíz blanco se sometió a un proceso de separación mecánica que produce dos fracciones: el endospermo y otra fracción compuesta de germen, pericarpio y pedicelo, la cual es utilizada para la extracción de aceite. Una vez extraído el aceite, se genera un subproducto fibroso con bajo contenido de grasa (aprox. 0,5%). Este subproducto se somete a separación mecánica (-80mesh) quedando como resultante en primer lugar la Mazina, constituida principalmente de almidón, en segundo lugar se obtiene la TG (+ 80 mesh) compuesta básicamente por pericarpio y germen de maíz.

Hidrólisis industrial de la torta gruesa (TG)

El proceso de hidrólisis de la TG fue realizado en el CIEPE, San Felipe, edo. Yaracuy. Con el objeto de hidrolizar la mayor cantidad de proteína y carbohidratos, se incorporaron distintas enzimas al sustrato (TG). Los distintos procesos de hidrólisis utilizados se obtuvieron según la descripción que se señala a continuación:

- 1 Tratamiento Alcali: La TG (40 Kg + 160 lts. de agua) se colocó durante 30 minutos en un bio-reactor ajustado a pH 9 y temperatura de 50°C, con 800g (2%) de Sulfito de Sodio (Na₂SO₃), [11] y 800g (2%) de Hidróxido de Calcio [Ca(OH)₂] [10].
- 2 Tratamiento Avizyme® [5] + Termamyl® [13]: Se repitió el tratamiento alcali, luego se redujo el pH a 7 y se elevó la temperatura a 85°C para permitir la acción de la enzima Termamyl® (5ml), la cual es una endoamilasa, que se incorporó con el objeto de hidrolizar los almidones y así evitar la gelatinización de ellos debido a las altas temperaturas, posteriormente se incorporó 12g Avizyme® por un período de 4 horas, siendo éste un complejo enzimático que hidroliza fracciones de carbohidratos y proteínas que aún no han sido escindidas.
- 3 Tratamiento Avizyme® [5] + Termamyl® [8] + Ceremix® [8]: se repitieron los procedimientos de los tratamientos 1 y 2, para luego incorporar 4g de Ceremix a una temperatura de 45°C y un pH de 6,5 por un tiempo de 1 hora.

Ensayo de digestibilidad total aparente

Este ensayo se realizó en la Unidad Porcina del CENIAP de Maracay, Edo. Aragua. Para el desarrollo del ensayo se utilizaron 36 lechones machos castrados, producto del cruce de cuatro razas (Duroc, Hampshire, Landrace y Yorkshire), con un peso promedio de 25 ± 0,5 Kg ubicados en jaulas de digestibilidad según el diseño de Pekas [9], lo que permitió la recolección de las heces y la orina por separado.

Los tratamientos de acuerdo al nivel de sustitución de la dieta basal por TG tratada y sin tratar fueron los siguientes:

- T1 = Dieta con 80% basal y 20% TG sin tratar
- T2 = Dieta con 60% basal y 40% TG sin tratar
- T3 = Dieta con 80% basal y 20% TG tratada con álcali
- T4 = Dieta con 60% basal y 40% TG tratada con álcali
- T5 = Dieta con 80% basal y 20% TG tratada con Avizyme
- T6 = Dieta con 60% basal y 40% TG tratada con Avizyme
- T7 = Dieta con 80% basal y 20% TG tratada con Avizyme y Ceremix
- T8 = Dieta con 60% basal y 40% TG tratada con Avizyme y Ceremix
- T9 = Dieta constituida por 100% basal

La TABLA I muestra la composición química de cada uno de los tratamientos evaluados. La alimentación de los cerdos se realizó en función del 7% del peso metabólico (PV^{0.75}) reparado en dos raciones al día (08:30 y 16:30 h), el alimento se mezcló con agua en una relación 1:1 con el objeto de garantizar el consumo total y evitar la pérdida de alimento en el comedero.

Antes del inicio de la evaluación se suministraron durante 5 días las dietas a los cerdos, considerando este tiempo como período de adaptación al alimento y a la jaula, posteriormente se dio inicio a la recolección de las muestras de heces y orina por un período de 5 días consecutivos.

TABLE I
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS
EVALUADAS

	MS	MO	PC	FDN	FDA	HM	EB (Kcal/kg)
Tratamientos							
T1	86,38	78,49	16,39	48,32	5,60	42,71	4020
T2	87,99	78,15	16,41	49,93	9,41	40,51	4025
T3	88,48	81,11	16,02	50,62	7,02	43,59	3980
T4	87,62	79,65	16,00	37,46	7,00	30,46	4063
T5	88,43	80,18	15,89	38,50	8,63	29,87	4041
T6	88,77	80,46	15,12	40,59	7,26	33,33	4100
T7	87,88	80,04	15,16	41,45	7,11	34,34	4276
T8	86,56	77,72	17,57	38,74	7,55	31,18	4018
T9	89,49	82,40	14,44	35,88	7,84	28,03	4192

MS: materia seca CEN: ceniza MO: materia orgánica PC: proteína cruda FDN: fibra detergente neutra FDA: fibra detergente ácida HM: hemicelulosa EE: extracto etéreo EB: energía bruta

Una vez colectadas las heces se secaron en estufa a 60°C y luego se enviaron muestras al laboratorio para las determinaciones de: Materia Seca, Proteína Cruda, Energía, Ceniza, FDA, FDN y lignina.

Se utilizó un diseño de experimento en bloques al azar, con un arreglo de tratamientos pseudo-factorial [10], siendo los efectos principales los tratamientos descritos anteriormente y

los niveles de inclusión en un alimento basal de la TG hidrolizada (20 y 40%) más un testigo sin TG, para un total de nueve tratamientos.

A los valores obtenidos de digestibilidad de cada uno de los nutrientes se les realizó el análisis de varianza de acuerdo al siguiente modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + t_i + a_j + ta_{ij} + \beta_k + e_{ijk}$$

Donde:

y_{ij} = Observación perteneciente al *i*-ésimo tratamiento

μ = Media general

t_i = Efecto del nivel de tratamiento de la Torta Gruesa, $i = 1, \dots, 3$

a_j = Efecto del factor nivel de inclusión de Torta Gruesa, $j = 1, \dots, 3$

ta_{ij} = Interacción de primer orden (Torta Gruesa tratada y sin tratar x nivel de inclusión)

β_k = Efecto del *k*-ésimo bloque, $k = 1, \dots, 4$

e_{ij} = error experimental aleatorio, $(0, s^2)$

Para la determinación del punto óptimo de inclusión de TG tratada en el alimento de las pruebas de digestibilidad el modelo de regresión lineal integrado es el siguiente:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + e_{ij}$$

\hat{y} = Nivel de inclusión de la TG.

β_0 = Intercepta

β_1 y β_2 = Coeficientes de regresión desconocido.

x_1 y x_2 = Variables dependientes.

e_{ij} = Error Experimental.

RESULTADOS

En la TABLA II se muestran las medias para las variables estudiadas, donde se observa que la digestibilidad aparente de la MS en el tratamiento *Avizyme mas Ceremix* y *Avizyme* mostraron la mejor digestibilidad ($P < 0,05$) con 85,7 y 84,4% respectivamente. Para el efecto nivel 0% se observa la mejor digestibilidad ($P < 0,05$) con 86,2% respecto a los niveles 20 y 40% con 84,9 y 82,9% respectivamente. Para la interacción *Avizyme mas Ceremix* 40% no se observaron diferencias ($P < 0,05$) con respecto a basal, así como con alcali 20%, *Avizyme* 20% y *Avizyme mas Ceremix* 20%.

La respuesta obtenida en este ensayo señala un incremento en la digestibilidad fecal aparente de la materia seca en dietas con tratamiento enzimático coincidiendo con lo reportado por [11].

Para la materia orgánica se puede señalar que los tratamientos con *Avizyme* y *Avizyme mas Ceremix* mostraron la mejor digestibilidad ($P < 0,05$) respecto a los demás tratamientos. El nivel de 0% resultó el mejor ($P < 0,05$) con 89,27%. Para las interacciones basal, *Avizyme más Ceremix* 20% y *Avizyme más Ceremix* 40% se observaron las mejores digestibilidades con 89,3; 88,4 y 87,7% respectivamente. Los resultados indican que el tratamiento enzimático mejoró la digestibilidad de la materia orgánica.

Los resultados FDN señalan que el nivel 0% fue el mejor tratamiento ($P < 0,05$), con 87,7% de digestibilidad. Para las interacciones la mejor respuesta a la digestibilidad ($P < 0,05$) se obtuvo con la ración basal y *Avizyme más Ceremix* 20% con 87,8 y 84,8% respectivamente. Es importante destacar que el tratamiento enzimático tuvo efecto sobre la FDN siendo esta la fracción fibrosa la de mayor digestibilidad.

TABLA II
DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE porcentaje DE LAS DIETAS EVALUADAS

	MS	MO	FDN	FDA	HEMI	PC	ED
Enzima							
Sin enzima	82,1 ± 2,0 c	84,4 ± 2,1 c	80,8 ± 3,2 a	56,5 ± 12,7 b	85,2 ± 2,4 a	85,5 ± 2,5 a	81,8 ± 2,4 c
Alcali	83,3 ± 2,9 bc	85,3 ± 2,7 bc	77,3 ± 4,8 b	61,5 ± 7,4 ab	81,4 ± 4,1 b	85,7 ± 2,7 a	83,0 ± 2,9 bc
Avizyme	84,4 ± 0,9 ab	86,9 ± 0,9 ab	82,9 ± 4,2 a	60,0 ± 4,2 ab	87,8 ± 1,2 a	84,8 ± 1,3 a	84,7 ± 0,9 ab
Avizyme + Ceremix	85,7 ± 1,7 a	88,0 ± 1,4 a	82,7 ± 3,1 a	67,6 ± 5,3 a	86,7 ± 2,5 a	86,5 ± 3,5 a	85,5 ± 1,4 a
Nivel							
0 %	86,2 ± 0,9 a	89,3 ± 0,9 a	87,7 ± 1,3 a	57,1 ± 4,1 b	91,7 ± 1,2 a	88,0 ± 0,9 a	86,3 ± 1,2 a
20 %	84,9 ± 1,9 b	87,2 ± 1,9 b	82,8 ± 2,9 b	65,6 ± 6,2 a	86,7 ± 2,5 b	86,8 ± 2,2 a	84,7 ± 1,9 ab
40 %	82,9 ± 2,3 b	85,2 ± 2,3 b	79,1 ± 3,9 c	57,1 ± 8,7 b	83,7 ± 3,9 b	84,4 ± 2,2 b	82,8 ± 2,6 b
Interacción							
TG 20%	83,4 ± 1,6 bc	85,8 ± 1,6 cd	83,1 ± 2,6 bc	67,6 ± 5,6 ab	86,7 ± 2,1 bcd	86,7 ± 2,2 ab	83,6 ± 1,7 bc
TG 40%	80,7 ± 1,3 d	82,9 ± 1,3 e	78,3 ± 1,2 de	45,3 ± 1,5 d	83,6 ± 1,4 d	84,3 ± 2,3 bc	80,1 ± 1,3 d
Álcali 20%	84,7 ± 2,3 ab	86,7 ± 2,4 bc	79,7 ± 3,4 cd	62,2 ± 7,4 abc	83,8 ± 2,5 d	86,8 ± 2,2 ab	84,3 ± 2,8 ab
Álcali 40%	81,9 ± 3,1 cd	84,0 ± 2,6 de	74,8 ± 5,0 e	60,7 ± 8,3 bc	79,0 ± 4,2 e	84,6 ± 2,97 bc	81,7 ± 2,7 cd
Avizyme 20%	85,1 ± 1,1 ab	87,8 ± 0,6abc	83,4 ± 1,9 bc	63,0 ± 4,7 abc	87,8 ± 1,5 bc	86,6 ± 0,7 abc	85,3 ± 0,9 ab
Avizyme 40%	83,7 ± 0,3 bc	86,2 ± 0,4 bcd	82,4 ± 0,7 bc	56,0 ± 0,5 c	87,7 ± 0,9 bc	83,9 ± 1,5 c	84,0 ± 0,4 abc
Avizyme + Ceremix 20%	86,3 ± 1,3 a	88,4 ± 1,4 ab	84,7 ± 1,3 ab	69,6 ± 3,8 a	88,4 ± 1,3 b	88,2 ± 2,3 a	85,5 ± 1,5 ab
Avizyme + Ceremix 40%	85,0 ± 1,1 ab	87,7 ± 1,0 abc	80,7 ± 2,3 cd	65,6 ± 4,7 ab	85,0 ± 1,7 cd	84,7 ± 2,6 bc	85,5 ± 1,3 ab
Basal	86,3 ± 0,9 a	89,3 ± 0,9 a	87,8 ± 1,28 a	57,8 ± 4,1 c	91,8 ± 1,2 a	88,1 ± 0,9 a	86,3 ± 1,2 a

Los resultados de la FDA son diversos donde numéricamente la mejor digestibilidad se observa en la ración *Avizyme mas Ceremix 20%* con 69,55%, sin embargo es importante destacar que la FDA es indigestible lo cual explica la variabilidad resultados observados.

La hemicelulosa es la fracción más importante de la TG, resultando el efecto enzima con *Avizyme* el que mostró la mejor digestibilidad con 87,8% respecto al *Alcali*. Para el nivel 0% resultó el mejor tratamiento ($P < 0,05$) con una digestibilidad de 91,73%. En cuanto a la interacción se observa que la ración basal mostró estadísticamente la mejor digestibilidad con 91,79%, seguido del tratamiento *Avizyme mas Ceremix 20%* con una digestibilidad de 88,42%.

Para la proteína cruda es importante destacar que está se afecta por la carga microbiología del colon de los cerdos, donde se puede señalar que el tratamiento *Avizyme más Ceremix 20%* y la dieta basal mostraron los mejores resultados numéricos para la digestibilidad de la proteína cruda con 88,2%.

Para la variable energía se observa que las enzimas *Avizyme* y *Avizyme más Ceremix* la mejor digestibilidad de la energía ($P < 0,05$) con 84,7 y 85,5% respectivamente. En cuanto al nivel 0 y 20% no se observaron diferencias estadísticas con digestibilidad de 86,3 y 84,7%. Para la interacción el tratamiento *Avizyme mas Ceremix 20 y 40%* resultaron similares ($P < 0,05$) con 85,5 y 85,5% de energía digestible respectivamente, sin embargo la mejor digestibilidad se observa en el tratamiento basal con 86,3%.

Correlaciones

La TABLA III muestra las correlaciones entre las características químicas de los alimentos y la digestibilidad. Se destaca que la digestibilidad de la hemicelulosa se incrementa al aumentar la cantidad de esta en la dieta. Es importante destacar que la hemicelulosa es un material de difícil digestión por los monogástricos debido a su contenido de PNA [1, 2, 4], sin

embargo los cerdos poseen una importante capacidad fermentativa que permite la degradación de la hemicelulosa a compuestos más simple los cuales posteriormente por la vía de los AGV resultan una fuente de energía.

En cuanto a la digestibilidad de la materia seca, esta disminuye con el aumento de la materia orgánica. Es importante destacar que la materia orgánica es la relación entre el contenido de cenizas y materia seca, en tal sentido los tratamientos enzimáticos para poder alcanzar el pH adecuado requieren de la incorporación de sales durante el proceso, lo que explica que los materiales que han sido más hidrolizados son los que contienen menor cantidad de materia orgánica siendo en consecuencia los de mayor digestibilidad. Esta relación inversa permite sugerir que el uso de las enzimas exógenas mejora la digestibilidad de la MO con un mejor aprovechamiento de la TG.

Modelos matemáticos para predecir la digestibilidad in vivo de la torta gruesa hidrolizada y sin hidrolizar

En la TABLA IV se observan las ecuaciones para predecir la digestibilidad de la materia seca de la TG hidrolizada, siendo alto el valor de R^2 para el tratamiento de hidrólisis con *Avizyme*. Es importante destacar que en la medida que se incrementa la cantidad de TG en la ración disminuye la digestibilidad, sin embargo en una dieta que utilice 40% de material hidrolizado con *Avizyme* su digestibilidad será de 83,7%.

CONCLUSIONES

La digestibilidad *In Vivo* fecal aparente de la materia seca, materia orgánica y energía digestible mejoró en los tratamiento enzimáticos con *Avizyme más Ceremix* permitiendo la incorporación del material hidrolizado hasta en un 40% ($P < 0,05$) respecto a una dieta comercial.

Se puede observar una correlación significativa entre la digestibilidad de la hemicelulosa y el contenido de ésta en la dieta.

TABLE III
CORRELACIONES ENTRE COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS E ÍNDICES DE DIGESTIBILIDAD FECAL

Variables	DIG EE	DIG FDN	DIG HC	DIG MO	DIG MS	DIG FDA	ENERGIA
EB	0,8248**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MS	0,4183*	-0,5557**	-0,5196**	-0,4280*	-0,4556*	ns	-0,3534*
MO	0,5396*	-0,4995**	-0,4306	-0,3320*	-0,3724*	-0,4020*	ns
PC	-0,6462**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDN	-0,4977*	ns	ns	ns	ns	-0,3918*	ns
FDA	ns	-0,4010*	0,4716*	-0,3729*	-0,3273*	0,3278*	ns
Hemicelulosa	-0,4338*	ns	0,3538*	ns	ns	-0,4392*	ns
EE	0,9372**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* : probabilidad significativa del evento ($P < 0,05$) ** : probabilidad altamente significativa del evento ($P < 0,01$)

EE: extracto etéreo; FDN: fibra detergente neutra; HC: hemicelulosa; MO: materia orgánica; MS: materia seca; FDA: fibra detergente ácida.

TABLA IV
ECUACIONES PARA PREDECIR LA DIGESTIBILIDAD FECAL A PARTIR DE NIVELES DE TORTA GRUESA HIDROLIZADA Y SIN HIDROLIZAR EN DIETAS PARA CERDOS

Tratamiento enzimática	Modelos	R ²
Sin enzima	DI MS = 86,610 – 0,153 NIV MS	R ² = 82,81
Hidrólisis con Avizyme	DI MS = 86,608 – 0,074 NIV MS	R ² = 71,87

DI MS: digestibilidad de la materia seca NIV MS: nivel del material hidrolizado en el alimento para cerdos (base seca)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BEDFORD, M. R. Mode of action of feed enzymes. J. Appl. **Poultry**. Res. 2: 85 – 92. 1993.
- [2] CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds. A review. Can. **J. Anim. Sci.** 72: 449 – 446. 1992.
- [3] CAMPOS, J. Evaluación de la sustitución del maíz amarillo por torta de germen de maíz en la alimentación de pollos de engorde. Mimeo pag. 31. PROMASA. Venezuela. 1992.
- [4] CHOET, M. Non Starch Polysacharides. Chemical Structures and Nutritional significance. Feed Milling International. 38, 13 – 22. 1997.
- [5] CONVENCION NACIONAL DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). Maíz para uso industrial 1ra Revision. N° 1935 – 87. Edit. Fondo Norma. Caracas. 1987.
- [6] FINNFEEDS INTERNATIONAL LTD. Ficha de aplicación de la enzima Avizyme™ 1500. 1999.
- [7] KATZ, S. H.; HEDIGER, M. L.; VALLEROY, L. A. Traditional maize procesing techniques. New World Sci. 184: 765. 1974.
- [8] NOVO NORDISK A/S. Ficha de aplicación de las enzimas CEREMIX®, TERMAMYL®. 1990.
- [9] PEKAS, J. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic y metabolic studies. J. Anim. Sci. (27): 1303-1306. 1968.
- [10] STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2^{da} Ed. Edit. Mc. Graw – Hill México D. F. 622 p. 1988.
- [11] TAVERNER, M. R.; CAMPBELL, R. G. The effects of protected dietary enzyme on nutrient absorption in pigs. In "Proceeding of 4th International Seminar on Digestive Physiologi in the Pig. 33. pp 1988.