

# **Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco**

Departamento de Producción Agrícola y Animal  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

## **INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

Incorporación de las oleaginosas con mayor potencial en México, para la solución de una problemática fundamental en los mercados agrícola, industrial y pecuario.

Prestadora de Servicio Social  
Monge Núñez Marlen Anai  
Matrícula: 208326583

Asesores:  
Interno: M. en C. Ricardo Ruíz Sánchez  
No. Eco. 15795  
Externo: Dr. Germán Buendía Rodríguez  
Céd. Prof. 2826157

Lugar de realización:  
Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal  
(CENIDF y MA), INIFAP.  
Fechas de inicio y terminación  
23 de julio de 2013 a 28 de enero de 2014

## Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Objetivos generales y específicos.....	6
Metodología utilizada.....	7
Actividades realizadas.....	11
Objetivos y metas alcanzados.....	12
Resultados y Conclusiones.....	13
Recomendaciones.....	16
Literatura citada.....	17

## RESUMEN

Se realizó un experimento en el CENID-Fisiología, INIFAP, con el propósito de evaluar el comportamiento productivo y la digestibilidad de nutrientes y energía de cerdos en crecimiento alimentados con dos niveles de pasta de cártamo (8 y 32%) y cuatro estrategias de inclusión de enzimas. Por cada dieta, se hicieron 4 diferentes inclusiones de complejos enzimáticos (Ronozyme® VP y Ronozyme® p CT), las inclusiones fueron: con los dos complejos, sólo con Ronozyme® VP, sólo con Ronozyme® p CT y sin enzimas. Los niveles de pasta de cártamo (8 y 32%), no alteraron los patrones de consumo y crecimiento, pero tampoco se observaron diferencias por la inclusión de niveles tan altos como el 32% del ingrediente ( $P > 0.5$ ). En la finalización, los machos castrados tuvieron un CDA mayor que las hembras ( $P < 0.001$ , 3.22 vs. 3.55kg), pero la GDP ( $P < 0.17$ ) y GxC ( $P < 0.44$ ) fueron similares. La composición de grasa y masa muscular muestran que no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, permiten pensar en el uso de la pasta de cártamo en dietas para cerdos en las últimas etapas de producción. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, en relación con la profundidad y composición de grasa y músculo dorsal, medido con ultrasonido en tiempo real. La pasta de cártamo se podrá incluir en niveles tan altos como el 32% de la dieta si se procesa apropiadamente y se asignan sus valores nutricionales con precisión.

## INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) se ha cultivado desde hace mucho tiempo por sus flores, que fueron y han sido utilizadas en la fabricación de colorantes para ropa y preparación de comida. Hoy en día, el cártamo se cultiva principalmente por su alto contenido de aceite en la semilla, que se utiliza para consumo humano y con fines industriales (FAO, 2010). Contiene aceites linoléicos y oléicos. Los primeros están presentes entre 70-80% de la semilla y son utilizados para productos de aceite comestible, mientras que los segundos se utilizan como aceites para cocinar por su estabilidad en el calor (Oelke et al., 1992; GRDC, 2010).

Los aceites del cártamo también se pueden utilizar en alimentación animal por su alto contenido en energía, sin embargo, tiene un precio muy alto, por la demanda para el consumo humano y uso industrial, la semilla entera se utilizan principalmente para animales de compañía, ya sea como alpiste para las aves silvestres, palomas, loros y otras aves de compañía, o para los mamíferos mascotas como jerbos, hámsteres y chinchillas, por lo que subproductos como la pasta de cártamo pueden ser una opción (Oelke et al., 1992; Mündel et al., 2004). Sin embargo, los nutrientes de esta pasta son muy variados, ya que dependen de la cantidad de cascarilla que tengan y el proceso de su extracción, la desventaja que tiene para consumo animal es que dicha cascarilla es desagradable al paladar debido a que contiene dos glucósidos fenólicos, el matairesinol- $\beta$ -glucósido que da un sabor amargo y el 2-hydroxyarctiin- $\beta$ -glucósido que actúa como laxante (Göhl, 1982; Jin et al., 2010). Además en relación con la calidad de proteína comparada con la pasta de soya es muy deficiente, ya que 60% de su contenido es fibra cruda, y tiene una baja disponibilidad de lisina, metionina e isoleucina (Darroch, 1990). Su perfil vitamínico es muy pobre comparado con otras pastas, pero es una excelente fuente de minerales como el fósforo, zinc y hierro, además es una excelente fuente de biotina, riboflavina y niacina en relación con la harina de soya (Gowda et al., 2004).

Diversos autores han señalado que la pasta de cártamo no es un alimento adecuado para los cerdos por su deficiencia en aminoácidos esenciales. Los cerdos no utilizan la cáscara debido a su contenido en fibra excesiva (Williams et al., 1973;

Darroch, 1990). Por lo que en cerdos destetados o con un peso menor a 45 kg no es recomendable su inclusión en la dieta (Chiba, 2001). En cerdos en crecimiento y/o finalización solo se puede utilizar si se complementa con una fuente de proteína alta en lisina y solo es recomendable su inclusión en un máximo de 12% dentro de la dieta (Shimada y Aguilera, 1966), utilizando enzimas que promuevan la digestibilidad de la fibra y otros elementos no degradados por el mismo animal; cómo las  $\beta$ -glucanasas, fitasa, pectinasas, entre otros (Darroch, 1990).

Las enzimas son catalizadores orgánicos que pueden desencadenar, acelerar o retardar reacciones bioquímicas en el organismo, actuando en condiciones específicas de temperatura, pH y humedad y sobre un sustrato específico. En alimentación animal se utilizan desde hace más de 60 años, aunque en las últimas décadas su uso ha sido más difundido debido a los costos y variedad de materias primas. La mayoría son producidas por microorganismos (hongos, levaduras y bacterias) y algunas son de origen animal como la lipasa o proteasa pancreática o de origen vegetal como la papaína (proteasa obtenida de la papaya) (Bartoli, 2012).

El objetivo general de la presente investigación, como prestación del servicio social, fue evaluar el comportamiento productivo y la digestibilidad de nutrientes y energía de cerdos en crecimiento alimentados con dos niveles de pasta de cártamo y cuatro porcentajes de inclusión de enzimas.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general***

Evaluar el comportamiento productivo y la digestibilidad de nutrientes y energía de cerdos en crecimiento alimentados con dos niveles de pasta de cártamo y cuatro estrategias de inclusión de enzimas.

### ***Objetivos específicos***

- Análisis y evaluación de los principales ingredientes y las dietas utilizados para el experimento.
- Elaboración de dietas basadas en dos niveles de cártamo (8 y 32%) con y sin la inclusión de enzimas.
- Aleatorización y acomodo de los animales utilizados.
- Pesaje semanal de los grupos experimentales para la evaluación de ganancia de peso.
- Evaluación del consumo diario de alimento proporcionado a los cerdos.
- Elaboración de ultrasonido antes de iniciar el experimento y al finalizar el mismo, para la medición de grasa y músculo dorsal.
- Recolección y análisis de las heces para determinar la digestibilidad de los nutrientes.
- Análisis estadístico de los datos obtenidos.

## **METODOLOGÍA UTILIZADA**

### ***Sitio experimental***

El experimento se realizó en el CENID-Fisiología, INIFAP. Ubicado en el km 1 de la carretera a Colón, Col. Ajuchitlán C.P. 76280, Colón, Querétaro. Dentro de la granja de cerdos, en el área de jaulas individuales de engorda.

Las jaulas tienen piso con malla trenzada de acero inoxidable en 30% de la superficie y el resto de piso sólido de concreto, cada jaula tiene un comedero individual, y bebedero de chupón en la parte opuesta al comedero. La superficie de cada jaula es de 2.16 m<sup>2</sup>.

### ***Animales***

Se usaron dos grupos de cerdos (machos castrados y hembras), el primero grupo con 40 animales con un peso inicial aproximado de 70 kg y 133 d de edad, todos de un mismo grupo de edad identificada individualmente. En el segundo grupo se usaron 56 animales con un peso inicial de 60 kg, con una edad entre 110 y 120 d. Los cerdos fueron manejados convencionalmente hasta los 14 d antes del inicio del experimento, después se colocaron en jaulas individuales.

Se aleatorizó a los animales tomando en cuenta el peso, sexo y la identificación de cada animal para su acomodo en los tratamientos quedando en total 5 unidades experimentales (UE) por tratamiento del primer grupo y 7 UE por tratamiento del segundo grupo.

### ***Tratamientos y alimentación***

Los cerdos fueron alimentados a saciedad, en dos comidas diarias (8:00 y 18:00 h). Se realizó un programa de alimentación en 2 fases de 28 d empezando con pesos iniciales de los cerdos de 70 kg y se llevaron hasta aproximadamente 110 kg de peso corporal. Las dietas se elaboraron con base en un programa de formulación de raciones a costo mínimo (Nutrion®). Los principales ingredientes de las dietas fueron grano de sorgo molido, pasta de soya, pasta de cártamo, sebo y melaza (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición de las dietas experimentales

Ingrediente	Inclusión de cártamo, %	
	8	32
Sorgo, grano	74.38	54.00
Soya, pasta	10.60	3.60
Sebo	1.10	4.30
Cártamo, pasta	8.00	32.00
Melaza	3.50	3.50
Carbonato de Ca	0.61	0.73
Aditivos	0.20	0.20
Fosfato mono-dicálcico	0.29	0.21
L-Lisina	0.40	0.49
Sal	0.36	0.36
Vitaminas, premezcla	0.20	0.20
L-Treonina	0.15	0.20
Minerales, premezcla	0.08	0.08
MicroSource	0.05	0.05
DL-Metionina	0.03	0.03
Ronozyme® VP	0.03	0.03
Ronozyme® p CT	0.02	0.02
L-Triptófano	0.01	0.01
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Análisis nutricional calculado</b>		
EM, Mcal/kg	3.154	3.036
EN, Mcal/kg	2.44	2.44
Proteína cruda, %	14.02	15.65
Lisina digestible, %	0.72	0.72
Ca, %	0.38	0.44
P, %	0.34	0.39
P digestible, %	0.12	0.12

EM=Energía metabolizable; EN= Energía Neta

Todas las dietas se fabricaron en harina, para el cálculo de las dietas se tomaron dos porcentajes de inclusión de pasta de cártamo, (8% y 32%). Por cada dieta se hicieron 4 diferentes inclusiones de complejos enzimáticos (Ronozyme® VP y Ronozyme® p CT), las inclusiones fueron: con los dos complejos, sólo con Ronozyme® VP, sólo con Ronozyme® p CT y sin enzimas. Todas las dietas se formularon con la



misma densidad en energía neta (EN), lisina digestible, Ca y P; la proporción de aminoácidos esenciales se calculó con base en el perfil de proteína ideal. Todas las dietas incluyeron 3.5% de melaza para reducir polvos. El sebo fue incluido a un mínimo de 1.1% en la dieta con 8% de pasta de Cártamo y 4% en la dieta con 32% de este ingrediente (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Tratamientos experimentales.

Tratamientos	Enzimas	% de cártamo
1	Sin enzimas	8
2	<sup>1</sup> Ronozyme® p CT	8
3	<sup>2</sup> Ronozyme® VP	8
4	Ronozyme® p CT-VP	8
5	Sin enzimas	32
6	<sup>1</sup> Ronozyme® p CT	32
7	<sup>2</sup> Ronozyme® VP	32
8	Ronozyme® p CT-VP	32

<sup>1</sup> Ronozyme® p CT; <sup>2</sup>Ronozyme® VP,  $\alpha$ -glucanasa de origen fungal/gramo proveniente de *Aspergillus aculeatus* 0.03kg

### **Análisis de los alimentos**

Para el análisis de los alimentos se tomaron muestras de los principales ingredientes, así como de las dietas una vez elaboradas antes del inicio de las pruebas con los animales. Se determinó la materia seca (MS) energía bruta (EB), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA).

### ***Manejo de los animales***

Diariamente se registró el alimento ofrecido y el rechazado. Al final de cada semana se retiraron los sobrantes para por diferencia estimar el consumo diario de alimento, los cerdos fueron pesados semanalmente. Al inicio y al final del experimento se midieron por ultrasonido en tiempo real (ALOKA S-500), para registrar la profundidad de grasa y del músculo largo dorsal a fin de estimar el crecimiento del tejido magro libre de grasa por semana.

Se tomaron muestras de heces directamente del ano para evaluar la digestibilidad fecal de nutrientes y energía usando dióxido de Titanio ( $TiO_2$ ) como marcador indigestible en el alimento.

### ***Análisis estadístico***

Los datos se analizaron para un Diseño Completamente al Azar, en el que el efecto del sexo se distinguió con una aproximación factorial usando los procedimientos GLM y MIXED del paquete estadístico SAS.

## **ACTIVIDADES REALIZADAS**

- Revisión de literatura
- Toma de muestra y análisis bromatológico de los ingredientes y las dietas utilizadas dentro de la investigación.
- Elaboración de las dietas
- Aleatorización de los tratamiento y animales
- Manejo de los cerdos durante el experimento y hasta su finalización y venta.
- Medición de grasa y musculo dorsal de cada cerdo por ultrasonido en tiempo real.
- Elaboración de los registros en bases de datos por cada unidad experimental incluyendo los pesajes semanales, así como de la prueba de comportamiento que cada uno tuvo.
- Toma de muestras y manejo de las heces obtenidas, además del análisis para determinar la digestibilidad de los nutrientes.
- Análisis de los resultados obtenidos semanalmente durante la prueba.
- Colaboración en proyectos subsecuentes dentro del instituto.

## **OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS**

Los objetivos dentro de la investigación se concluyeron en tiempo y forma, se realizó el análisis de las muestras de los ingredientes y las dietas, el registro de cada tratamiento y unidad experimental se llevó a cabo, todos los resultados se presentaron ante los doctores responsables de la investigación para el análisis de los mismos.

Se logró realizar el ultrasonido en tiempo real, los animales de cada tratamiento en promedio llegaron al peso esperado. La toma y el resultado de laboratorio de las muestras de heces se realizó, pero no se mencionarán en los resultados debido a que se sigue analizando por el personal a cargo del proyecto.

Además de adquirir mayor experiencia en el manejo y cuidado de cerdos debido a trabajos subsecuentes en los cuales se colaboró, así como de adquirir un mejor conocimiento de los análisis estadísticos mediante programas especiales.

## RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

### Comportamiento productivo

El comportamiento de los animales durante los cinco periodos de alimentación no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos en relación con el peso vivo (Cuadro 3), por lo que se puede considerar que una inclusión alta de pasta de cártamo en la dieta no afecta el crecimiento productivo de los cerdos en la etapa de engorde-finalización.

**Cuadro 3.** Peso vivo (PV) en kg, de los cerdos durante el experimento.

Variable	Tratamiento								EEM	P<
	1	2	3	4	5	6	7	8		
PV inicial	66.38	66.25	67.25	67.50	65.35	67.43	67.61	66.75	1.127	1.00
PV 7d	73.47	72.85	73.37	74.41	70.94	74.28	73.62	74.12	1.056	0.99
PV 14d	82.84	82.52	82.54	82.11	80.42	81.35	81.74	81.10	1.073	1.00
PV 21d	91.52	92.69	90.92	91.70	88.00	89.37	88.27	90.65	1.133	0.97
PV 28d	98.51	100.48	97.06	100.24	96.62	96.54	94.90	98.04	1.170	0.96

Los datos se presentan como las medias de mínimos cuadrados; EEM = Error estándar de la media.

Los niveles de pasta de cártamo (8 y 32%), no alteraron los patrones de consumo y eficiencia alimentaria, tampoco se observaron diferencias significativas por la inclusión de niveles enzimáticos en los tratamientos con los dos porcentajes del ingrediente ( $P>0.5$ ). sin embargo el grupo experimental que incluía 32% de pasta de cártamo y la adición de Ronozyme® VP tuvo la menor GDP en comparación con el CDA ( $P<0.001$ , .97g vs. 3.40kg) durante todo el experimento, haciéndose más notorio en la semana de finalización (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Comportamiento productivo de los cerdos desde el inicio del tratamiento hasta finalización en peso inicial y final, ganancia de peso diario (GPD), consumo de alimento diario (CAD) y eficiencia alimenticia (EA)

Variable	Tratamiento								EEM	P<
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Peso inicial, kg	66.38	66.25	67.25	67.50	65.35	67.43	67.61	66.75	1.127	1.00
Peso final, kg	98.51	100.48	97.06	100.24	96.62	96.54	94.90	98.04	1.170	0.96
Respuesta a los 7d										
CAD kg/d	3.07	2.86	2.76	2.97	2.84	2.94	2.97	2.98	0.055	0.11
GPD kg/d	1.02	0.94	0.87	0.99	0.80	0.98	0.86	1.05	0.047	0.90
EA kg/d	0.35	0.33	0.35	0.34	0.30	0.35	0.30	0.37	0.020	0.98
Respuesta a los 14d										
CAD kg/d	3.22	3.09	3.06	3.21	3.18	3.17	3.33	3.26	0.053	0.38
GPD kg/d	1.17	1.16	1.09	1.04	1.07	0.99	1.00	1.02	0.026	0.32
EA kg/d	0.37	0.38	0.37	0.33	0.34	0.33	0.31	0.32	0.009	0.50
Respuesta a los 21d										
CAD kg/d	3.25	3.19	3.13	3.32	3.30	3.26	3.42	3.39	0.047	0.01
GPD kg/d	1.20	1.26	1.13	1.15	1.08	1.04	0.98	1.14	0.020	0.02
EA kg/d	0.38	0.40	0.37	0.35	0.33	0.33	0.29	0.34	0.006	0.01
Respuesta a los 28d										
CAD kg/d	3.26	3.15	3.15	3.35	3.35	3.31	3.40	3.48	0.045	0.01
GPD kg/d	1.15	1.22	1.06	1.17	1.12	1.04	0.97	1.12	0.017	0.01
EA kg/d	0.36	0.39	0.4	0.35	0.34	0.32	0.29	0.32	0.006	0.01

GPD=Ganancia de peso diario; CAD= Consumo de alimento diario; EA= Eficiencia alimenticia; Los datos se presentan como las medias de mínimos cuadrados; EEM = Error estándar de la media.

En el Cuadro 5 se observa que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, en relación con la profundidad y composición de grasa y músculo dorsal medido con ultrasonido en tiempo real.

**Cuadro 5.** Mediciones de profundidad de grasa y músculo dorsal por ultrasonido en tiempo real.

Variable	Tratamiento								EEM	P<
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Profundidad promedio de <i>Longissimus dorsi</i> , cm.										

Inicio, 0d	3.18	3.54	3.54	3.49	3.32	3.46	3.33	3.44	0.076	0.94
Final, 28d	2.97	2.97	2.92	3.10	2.98	2.98	2.99	3.10	0.038	0.94
Profundidad promedio de grasa dorsal, cm.										
Inicio, 0d	1.38	1.38	1.35	1.31	1.33	1.37	1.32	1.27	0.041	0.97
Final, 28d	1.65	1.90	1.67	1.85	1.78	1.74	1.77	1.93	0.066	0.79

Los datos se presentan como las medias de mínimos cuadrados. EEM = Error estándar de la media.

Debido a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se permite pensar en el uso de la pasta de cártamo en dietas para cerdos en las últimas etapas de producción. Incluyéndola en niveles tan altos como el 32% de la dieta si se procesa apropiadamente y se asignan sus valores nutricionales con precisión.

Como con cualquier otro ingrediente, la inclusión de pasta de cártamo en dietas para cerdos, estará limitada por sus características nutritivas, el valor de complementación con otros ingredientes y su precio, siempre que las dietas se calculen con base en los aminoácidos digestibles y la energía.

La pasta de cártamo, como cualquier otro ingrediente, deberá usarse en función de su valor en digestibilidad, de EN y de la complementación con otros ingredientes; así, niveles altos de inclusión no impiden la expresión del potencial productivo de los cerdos.

## RECOMENDACIONES

- Seguir con las investigaciones sobre la pasta de cártamo en la alimentación de los cerdos, debido a que existe muy poca información al respecto para determinar el porcentaje de inclusión óptimo de éste ingrediente, en las dietas, para eficientar el proceso productivo, a los ganaderos.
- Se recomienda realizar un análisis sobre el punto en el que la inclusión de enzimas no interviene en la absorción de los nutrientes, así como hasta qué punto es necesaria la inclusión de la misma.
- Dar pláticas y asesorías a porcicultores sobre la pasta de cártamo para que incursionen en implementarla en sus dietas.



## LITERATURA CITADA

- Chiba, L. I., 2001. Proteins supplements. In A. J. Lewis and L.L. Southern Editions. Swine Nutrition (second edition). CRC Press Washington, D.C: p 35-36
- Darroch, C. S., 1990. Safflower meal. In Nontraditional feed sources for use in swine production, Thacker, P.A., and R.N. Kirkwood, Editions., Butterworths, Boston. p 373
- Gowda, N. K. S., J. V. Ramana, C. S. Presad and K. Singh. 2004. Micronutrient content of certain tropical conventional and unconventional feed resources of Southern India. Trop. Anim. Health. Prod.36 (1):77-94.
- Mündel, H. H., R. E. Blackshaw, J. R. Byers, H. C. Huang, D.L. Johnson, R. keon, J. Kubik, R. McKenzie, B. Otto, B. Roth and K. Stanford. 2004. Safflower Production on the Canadian Prairies. Agrculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Center, Alberta. p 3-7.
- Oelke, E. A. , E. S. Oplinger, T. M. Teynor, D. H. Putnam, J. D. Doll, K. A. kelling, B. R. Durgan and D. M. Noetzel. 1992. Safflower. Alternative Field Crop Manual, University of Wisconsin-Exension, Cooperative Extens.
- Shimada, A. S., y A. Aguilera, 1966. Utilización de la pasta de cártamo en la alimentación de cerdos en desarrollo. Tec. Pec. En Mexico. 7:6.
- Williams, K. C., and L. J. Daniels. 1973. Decorticated safflower meal as a protein supplement for sorghum and wheat based pig diets. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 13 (60): 48-55.

## Referencias electrónicas

- Bartoli, F., y J. Labala. 2011. Uso de enzimas en nutrición porcina. <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Aspectos%20Nutricionales/USO%20DE%20ENZIMAS%20EN%20NUTRICION%20PORCINA.pdf>. Consultado el 1 de Marzo de 2014.

- FAO. 2010. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-sofflower/crop-information/safflower/en/>. Consultado el 23 de Febrero de 2014.
- Göhl, B. 1982. Tropical Feeds. Feed information summaries and values. FAO, Division de Production and health series. [http://www.fastonline.org/CD3WD\\_40/JF/414/05-222.pdf](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/JF/414/05-222.pdf). Consultado el 2 de Marzo de 2014.
- GRDC. 2010. Raising the bar with better safflower agronomy. Grain Research and Development Corporation. [https://grdc.com.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0016/210634/grdc-raising-the-bar-with-better-safflower-agronomy.pdf.pdf](https://grdc.com.au/_data/assets/pdf_file/0016/210634/grdc-raising-the-bar-with-better-safflower-agronomy.pdf.pdf). Consultado el 8 de Marzo de 2014.