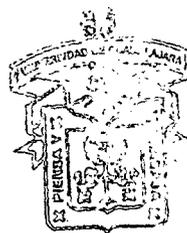


# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

“ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL EN UNA FABRICA  
DE TEQUILA, MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE SOLIDOS  
SEDIMENTABLES DE VINAZAS EN LA ALIMENTACION  
DE CERDOS”

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A  
P.M.V.Z. ALEJANDRO SIERRA RIZO  
D I R E C T O R :  
DR. GILBERTO INIGUEZ COVARRUBIAS  
A S E S O R E S  
M.V.Z. JORGE HERNANDEZ GOBORA  
M.V.Z. MIGUEL MERLOS BARAJAS  
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal. Octubre 1996

## **DEDICATORIA**

**A mi familia por su apoyo incondicional que me ofrecieron durante mis estudios y en especial a mi Padre, Madre y mis dos hermanas Matilde del Consuelo y Rocio**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento por el apoyo a la realización de este trabajo de investigación:

Al Departamento de Madera, Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, a la División de Ciencias Veterinarias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y al Rancho Cofradía de la Universidad de Guadalajara.

A los Ingenieros Marco Antonio Rodríguez y Enrique Legorreta Peyton de la Compañía CASA CUERVO S.A. de C.V. por no escatimar esfuerzo y por las enormes facilidades otorgadas.

Al Dr. Hugo Moreno García de Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara por su asistencia en el análisis estadístico de los resultados.

Al Dr. Gilberto Iñiguez Covarrubias, mi Director de tesis, quien me inculcó el gusto por la investigación, así como por su gran apoyo que me brindó durante la realización de este trabajo.

A mis asesores el MVZ Jorge Hernández Góborra y el MVZ Miguel Merlos Barajas por su apoyo incondicional que me ofrecieron para a realización de mi tesis.

A mis Revisores, MVZ Victor Mercado Peregrina, MVZ Emilio Campos Morales y MVZ David Román Sánchez Chipres, quienes me ayudaron en la culminación de mi tesis.

A mis compañeros del laboratorio de Biotecnología Ambiental y personal del Departamento de Madera, Celulosa y Papel quienes me brindaron una plena y agradable convivencia y muy especialmente a los Ingenieros Randall G. J. Coffie Goedhoop y Fco. Tamayo García en la realización de los análisis bromatológicos.

Al MVZ Fermin Reynaga Hernández quien me incursionó en el campo de la porcicultura.

A mis Maestros y compañeros de estudio que forjaron en mi el gusto por la Medicina Veterinaria.

# CONTENIDO

<i>RESUMEN</i>	
<i>INTRODUCCION</i>	<i>1</i>
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>4</i>
<i>JUSTIFICACION</i>	<i>5</i>
<i>HIPOTESIS</i>	<i>6</i>
<i>OBJETIVOS</i>	<i>7</i>
<i>MATERIAL Y METODOS</i>	<i>8</i>
<i>RESULTADOS</i>	<i>18</i>
<i>DISCUSION</i>	<i>24</i>
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>28</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>30</i>
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	<i>33</i>

## RESUMEN

El presente trabajo pretendió contribuir al saneamiento ambiental de una fábrica de tequila, mediante la evaluación nutricional de sólidos sedimentados de vinazas, en el comportamiento en cerdos en finalización. Para ello se realizó primero una prueba de aceptación de sólidos de vinazas con cuatro cerdos (dos repeticiones por tratamiento) durante 15 días. Como testigo, dos cerdos consumieron una dieta comercial, y los otros dos consumieron también dieta comercial sólo que el 50% de la proteína fue sustituida por proteína de sólidos sedimentables de vinazas. Después de lo anterior, se realizó una prueba de comportamiento con 12 cerdos en etapa de finalización. En un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento se les asignó a los cerdos alguna de las siguientes 3 dietas: 1) dieta comercial (dieta A), 2) dieta comercial con sustitución del 15 % de proteína comercial por proteína de sólidos de vinazas (dieta B) y, 3) dieta comercial con sustitución del 30 % de proteína comercial por proteína de sólidos de vinazas (dieta C). En la prueba de aceptación, los cerdos que consumieron dieta comercial con sustitución del 50 % de proteína, por proteína de vinazas, no ganaron ni perdieron peso aunque no hubo diferencia significativa ( $P>.05$ ) entre el consumo de alimento para los dos tratamientos. En la prueba de comportamiento, no se presentó una diferencia significativa ( $P>.05$ ) entre la ganancia de peso de los cerdos que consumieron dieta A en comparación a los cerdos que consumieron dietas B. No hubo diferencia significativa ( $P>.05$ ) entre los consumos para los tres tratamientos. En cuanto a la conversión alimenticia los valores fueron estadísticamente iguales ( $P>.05$ ) para las tres dietas A y B. Se encontró un ahorro en el consumo de concentrado del 17.9 % para la dieta B y de 30.3 % para la dieta C en relación a la dieta testigo. Sin embargo el consumo de sorgo aumentó 3 % para la dieta B y 22.9% para la dieta C en relación al testigo. Considerando el consumo de alimento convencional, se concluye que desde el punto de vista económico y nutricional, sólo puede ser factible la alimentación de cerdos, con un nivel de sustitución del 15% de proteína convencional por proteína de sólidos sedimentable de vinazas.

## INTRODUCCION

El cerdo es el animal doméstico que en la actualidad tiene una gran importancia en México, por ser el eje central de una de las principales industrias pecuarias productoras de proteína de origen animal con alta calidad para el consumo humano (19, 4).

La importancia de la porcicultura a nivel mundial es incuestionable, ya que se consume más carne de cerdo que de cualquier otro cárnico, a pesar de que importantes grupos de población, la rechazan por problemas de tipo religioso y/o por prejuicios relacionados con aspectos sanitarios (16, 4).

Según reportes de producción en México, la evolución de la porcicultura nacional, surge en las últimas décadas, como una actividad tecnificada, integrada y especializada. De 1986 a 1993, la actividad porcícola ha generado 6'730,000 toneladas de carne en canal, que junto con la avicultura, es la actividad pecuaria más dinámica (11, 14, 16, 19).

Actualmente en México se cuentan con verdaderas industrias porcícolas, con un pie de cría de alto valor genético, que ha obligado al poricultor a utilizar ingredientes de alta calidad, como los granos, que al subir el costo de estos, acarrea como resultado, un incremento en los costos de producción, situación que muchas veces puede dejar fuera de competencia al mercado nacional sobre el de Estados Unidos y Canadá (14, 19).

La producción de granos en México ha disminuido en los últimos años, debido en gran parte a que ésta es afectada directamente por condiciones climatológicas y superficie de siembra, situación que trae como consecuencia el encarecimiento de estos productos, provocando especulaciones y desaliento en la inversión pecuaria, sobre todo al considerar que el 80% de los ingredientes utilizados en la alimentación de cerdos esta constituida por granos, y este costo representa entre el 65% y 70% de los costos fijos de las explotaciones porcinas (5).

La existencia en el país de diferentes métodos de producción de cerdos, determina la presencia de distintos enfoques y tecnologías involucradas en la alimentación. Una parte de la porcicultura utiliza dietas típicas basadas en granos, tortas o pastas de oleaginosas. (principalmente de soya) y diversos productos industriales, mientras que la otra parte, utiliza en la alimentación de los animales, una gran variedad de recursos, a veces de gran importancia -

local o regional, comúnmente desconocidos en cuanto a su valor nutritivo y sus formas de utilización como alimento. Algunos de estos recursos, han sido incluso desvalorizados en cuanto a su importancia como alimento, en los diferentes sistemas de producción, pero que debido a consideraciones socioeconómicas, técnicas y recientemente ecológicas, han empezado nuevamente a revalorizar (8).

Cada vez se aceptan con mayor énfasis los recursos alimentarios no convencionales, que por sus características potenciales representan una importante alternativa en la contribución a la problemática de la alimentación de los animales domésticos en México. El estudio de los recursos alimentarios potenciales para la alimentación animal, se justifica ampliamente, por tener gran prioridad dado su valor nutricional, diversidad y disponibilidad (8, 2, 10).

Siendo la porcicultura una de las especies que compite directamente con los granos y alimentos utilizados en la alimentación humana, surge la necesidad de buscar otras alternativas de alimentación animal como pueden ser los residuos o subproductos industriales que definitivamente no compiten con la alimentación humana y si en cambio, permite solucionar la problemática de disposición y manejo de muchos subproductos al utilizarlos en la nutrición animal (8, 19, 2).

Entre las industrias que generan subproductos en nuestro medio es la industria tequilera. Esta genera una gran cantidad de subproductos o sólidos, que por su volumen ocasionan muchas veces alteraciones en el medio ambiente. Entre los subproductos de la industria tequilera se tienen las vinazas. Estos residuos aunque líquidos pueden contener hasta 500 ml / l de sólidos sedimentables, sólidos que pueden recuperarse vía centrifugación. Este material es de origen biológico y orgánico dada su procedencia (Figura 1), por lo que pudiera ser utilizado en la nutrición de cerdos. Desafortunadamente los sólidos no son separados previamente antes de ser descargados en lagunas de estabilización, por lo que estos pueden sufrir degradación y descomposición biológica. El aprovechar subproductos en la nutrición animal puede contribuir a: 1) minimizar la competencia entre los seres humanos y los animales por los granos, b) participar en la solución a problemas ambientales, c) mejorar la nutrición humana al abaratar los costos de carne, d) crear nuevas industrias, e) reducir la importación de materia prima para la alimentación animal (2, 3, 8, 13).

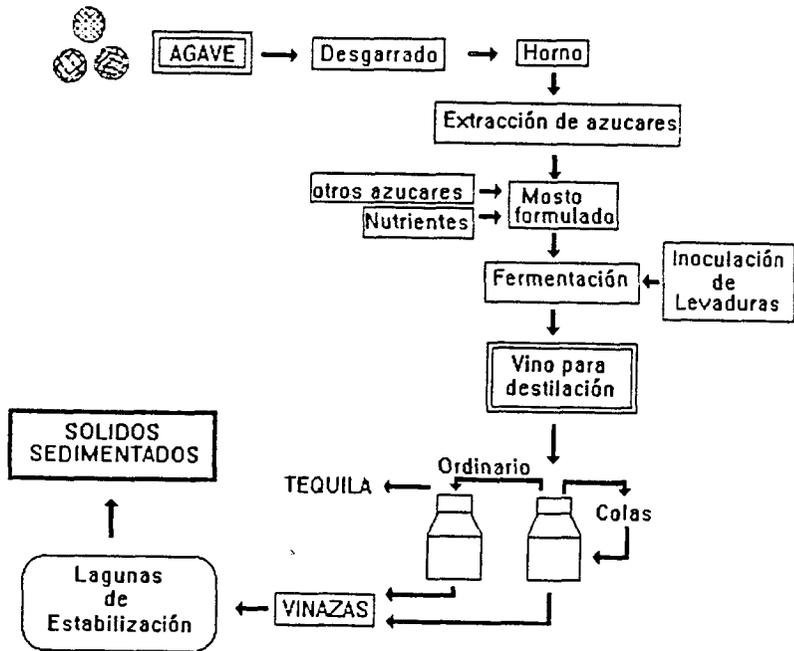


Figura 1. Origen de los sólidos sedimentables de vinazas tequileras obtenidos de lagunas de estabilización

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria tequilera es una de las principales actividades empresariales en el estado de Jalisco que en los últimos años ha aumentado su producción, ocasionado en forma colateral una mayor generación de desechos que impactan negativamente en el medio ambiente. Entre los desechos que genera esta industria están los sólidos sedimentables de vinazas tequileras. Sólidos formados principalmente de material orgánico que al fermentarse producen gases y olores desagradables, situación que ha preocupado a los productores de esta industria, quienes se han dado a la tarea de buscar una solución benéfica a su problema. Dadas sus características, los sólidos han sido utilizados como fuente de nutrientes para las plantas y como mejorador del suelo, pero al aumentar la generación de este subproducto se ha rebasado esta vía de solución. Entre las posibles alternativas de utilización y aprovechamiento de los sólidos sedimentables, destaca el utilizarlos en la alimentación animal.

## JUSTIFICACION

El estado de Jalisco se caracteriza por su producción agrícola, ganadera e industrial, con el reto de encontrar vías para un desarrollo sostenido. En materia de contaminación se tiene el reto de encontrar la mejor forma para el procesamiento y disposición de desechos contaminantes. La utilización de estos, requiere de una pronta atención, ya que el reciclamiento y/o reducción puede contribuir a lograr una disminución en la contaminación y a mejorar la presente situación ambiental.

En los últimos años, la industria tequilera ha tenido un incremento considerable en su producción, lo que se ha reflejado en un aumento en la generación de residuos, dado que la industria no ha sido capaz de manejarlos de una forma razonable y eficaz, lo que ha traído como consecuencia un alto grado de contaminación ambiental. Uno de estos residuos son los sólidos de las vinazas, que sólo se depositan en lagunas de sedimentación, supuestamente para su tratamiento y estabilización. Se presume que los sólidos están formados principalmente por proteína unicelular que bien pudiera ser utilizados en la alimentación de cerdos. Esto ayudaría a resolver un grave problema de contaminación, a la vez que apoyaría a la industria porcícola en la búsqueda de nuevas fuentes de alimentación, para ser más competitivos a nivel nacional e internacional, en este momento de crisis que se esta viviendo en el país.

## **HIPOTESIS**

Dado el origen y composición orgánica de los sólidos sedimentables de vinazas tequileras a reserva del grado de degradación que sufren en lagunas de sedimentación estos pueden ser utilizados en la alimentación de cerdos por su contenido proteico.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el comportamiento en cerdos con sólidos de vinazas tequileras sedimentados en lagunas de estabilización.

### OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1- Conocer las características bromatológicas de los sólidos sedimentados.
- 2- Evaluar el comportamiento de cerdos de 65 a 97 kg con dietas suplementadas con proteína de los sólidos sedimentados de acuerdo a su palatabilidad y aceptación.
- 3- Medir la conversión alimenticia.
- 4- Evaluar eficiencia alimenticia de acuerdo al ahorro de ingredientes convencionales.

## MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en el laboratorio de biotecnología ambiental del departamento de madera, celulosa y papel (DMCyP) del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) y en el área experimental del departamento de producción animal de la división de ciencias veterinarias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara.

Los sólidos sedimentados materia prima de este estudio, (Figura 3) fueron facilitados por una fábrica de tequila. El origen de estos sólidos es ilustrado en las Figuras 1 y 2. Los sólidos fueron transportados en un carro tanque desde las lagunas de sedimentación de la fábrica de tequila hasta las instalaciones donde se realizó el estudio. Dado el alto contenido de agua, (95-96%) estos fueron sujetos a un proceso de deshidratación solar. Al secarse los sólidos adquirieron una textura rocosa por lo que se molieron y pasaron por dos mallas de 3/16 y de 1/8 de pulgada en un molino de martillos (Azteca No. 8 modelo SY508M de 7 HP). Una vez molidos, los sólidos fueron analizados por su contenido de proteína cruda, cenizas, materia seca, humedad, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda, extracto etéreo y proteína verdadera de acuerdo a las siguientes técnicas:

### HUMEDAD Y MATERIA SECA. A.O.A.C. 934 .01 / 90 (1)

Se colocaron aproximadamente 2 gramos de muestra homogeneizada en cápsulas de porcelana puestas previamente a peso constante. Se llevaron las cápsulas a una estufa marca TERLAB, a una temperatura de 105°C hasta peso constante. Posteriormente se enfriaron en un desecador y se pesaron.

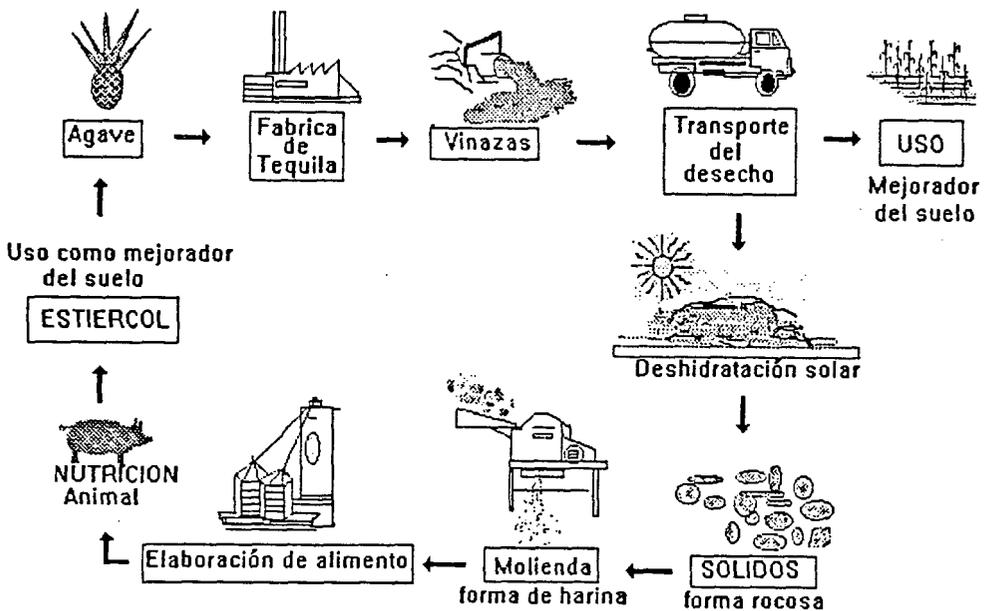
Cálculos:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{peso de la cápsula con muestra fresca} - \text{peso de la cápsula con muestra seca}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Materia seca (MS)} = 100 - \text{Humedad}$$



Figura 2. Representación de vinazas tequileras en lagunas de estabilización.



**Figura 3. Mejoramiento ambiental mediante el aprovechamiento de sólidos de vinazas.**

**CENIZAS A.O.A.C. 942.05 / 90 (1)**

Se pesaron aproximadamente 2 gramos de muestra homogeneizada, y se colocaron en un crisol de porcelana previamente puesto a peso constante. Las muestras se incineraron en una mufla marca THERMOLYNE 1400 a una temperatura de 550°C durante 2 horas. Después crisol y muestra se pusieron en un desecador hasta temperatura ambiental antes de pesar.

Cálculos:

$$\text{Cenizas} = \frac{(\text{peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**NITROGENO TOTAL KJENDAHL. PROTEINA CRUDA****Método Macro Kjendahl A.O.A.C. 984.13 / 90 (1)**

Se pesó aproximadamente 1 gramo de muestra y se colocó en un matraz macro-Kjendahl. Se le adicionó una pizca de reactivo selenio, y 25 ml de ácido sulfúrico resbalándolo por las paredes del matraz. El matraz se colocó en el sistema de digestión CRAFT 6 unidades a temperatura moderada; en cuanto no se formó espuma se pudo aumentar gradualmente la temperatura hasta ebullición constante durante 2 horas. Una vez enfriados los matraces se añadieron 300 ml de agua a cada uno. Posteriormente los matraces se colocaron en la unidad de destilación adicionando 100 ml de hidróxido de sodio concentrado. (esta solución se preparo diluyendo 580 gramos de hidróxido de sodio aforando en un matraz de 1000 ml con agua destilada) La fracción destilada (150ml) se colecto en un matraz Erlenmeyer, el cual contenía 25 ml de solución de ácido bórico al 4 % con 4 gotas de indicador Kjendahl (solución alcohólica de rojo de metilo al 0.2 % y solución alcohólica de azul de metileno al 0.2 % en relación 2:1) La muestra se tituló con ácido clorhídrico 0.1N hasta el vire de verde a violeta.

Cálculos:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{(\text{S-B}) (14.007) (N)}{\text{g de muestra} \times 1000} \times 100$$

S = ml de HCl gastados en la muestra

B = ml de HCl gastados en el blanco

N = Normalidad del HCl

% proteína cruda = % nitrógeno x 6.25

### **PROTEINA VERDADERA (15)**

Se pesaron de 1 a 2 g. de muestra y se colocaron en un vaso de precipitados de 250 ml, añadiendo a la vez 50 ml de agua destilada. El vaso cubierto con un vidrio de reloj se calentó en una placa de calentamiento hasta ebullición. Después de retirar el vaso del calentamiento se añadieron 25 ml de sulfato de cobre (a una concentración de 60 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en un litro de agua destilada) para después con agitación añadir 25 ml de NaOH (12.5 g en un litro de agua destilada). El contenido del vaso de precipitados se dejó en reposo toda la noche (para favorecer la precipitación) para después filtrar a través de un papel filtro Whatman No. 1 colocado en un embudo Buchner de 11 cm de diámetro interior. La muestra se lavó con pequeñas porciones de agua caliente hasta completar aproximadamente 600 ml. El precipitado junto con el papel filtro se colocó dentro de un matraz Kjeldahl para la determinación de nitrógeno. De quedar partículas en el embudo, este se puede limpiar con un pedazo de papel filtro humedecido y colocado posteriormente también en el matraz Kjeldahl para su digestión. El contenido de nitrógeno de la muestra es determinado según el procedimiento descrito anteriormente para nitrógeno total Kjeldahl. El contenido de nitrógeno no proteico de la muestra se determina por diferencia de los valores de proteína cruda de proteína verdadera.

Cálculos:

% proteína verdadera = Nitrógeno proteico x Factor de conversión de nitrógeno a proteína 6.25

### **EXTRACTO ETereo. A.O.A.C. 920.39 /90 (1)**

Se pesaron de 2 a 3 gramos de muestra seca y se colocaron dentro de un cartucho de papel filtro de poro mediano. El cartucho con la muestra se colocó en el aparato de extracción-

(Soxhlet QUIMILAB de 6 unidades), utilizando un matraz de fondo plano (con perlas de ebullición) puesto previamente a peso constante. Las sustancias grasas se extrajeron con éter de petróleo a reflujo durante 6-8 horas a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo. Una vez terminada la extracción, el solvente se recuperó dentro del refrigerante Soxhlet y el matraz se llevó a peso constante a una temperatura de 80-90°C. El matraz se enfrió en el desecador y se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{(B - A)}{\text{peso de la muestra en gramos}} \times 100$$

A = Matraz a peso constante (g)

B = Matraz con extracto etéreo. (g)

#### **DETERMINACION DE FIBRA CRUDA. A.O.A.C. 962.09b / 90 (1)**

Se colocaron aproximadamente 2 gramos de muestra desengrasada, molida y seca en un vaso Berzelius de 600 ml, al que se le añadieron además 1 gramo de fibra cerámica y 200 ml de ácido sulfúrico al 1,25%. Se acopló el vaso en el aparato de reflujo especial para determinar fibra cruda (marca CRAFT de 6 unidades) y se mantuvo a ebullición durante 30 minutos, agitándolo ocasionalmente. Se filtró el contenido del vaso a través de un embudo Buchner (este embudo está constituido de 2 piezas de polypropileno cubierto con una malla 200). Se enjuagó el vaso con 50 ml de agua destilada caliente y se levó el residuo 3 veces. Se removió el residuo del filtro y se colocó nuevamente en el vaso, adicionando 200 ml de NaOH al 1.25%. En reflujo se calentó a ebullición nuevamente el vaso durante 30 minutos. En seguida se filtró y enjuagó con 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25% en caliente. Se lavó el residuo con agua destilada caliente (3 veces). para luego lavar con 25 ml de etanol manteniendo la succión en el filtro para secar lo más posible el residuo. Este se transfirió a un crisol (previamente puesto a peso constante), se secó en una estufa a 110°C durante 6 horas; se enfrió en un desecador y pesó (A).

Posteriormente se calcinó en una mufla durante 2 horas a 550-600°C; se enfrió en el desecador y pesó (B).

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(A - B)}{\text{Peso de la muestra desengrasada y seca en gramos}}$$

A = Peso del crisol con residuo seco (g)

B = Peso del crisol con residuo calcinado (g)

## PRUEBAS BIOLÓGICAS

La realización de las pruebas biológicas se llevó a cabo en dos partes: a) prueba de aceptación y b) prueba de comportamiento.

a) **Prueba de aceptación.**- Para la prueba de aceptación se utilizaron 4 cerdos machos híbridos f2 (cruza de yorkshire-landrace con duroc-hampshire) con un peso promedio de 48.6 kg donde los sólidos sedimentables fueron evaluados en la nutrición de los cerdos mediante dos tratamientos isoproteicos al 0 y al 50 % de sustitución de proteína, de un concentrado comercial (Tabla 1) por proteína de sólidos de vinazas, en donde se evaluó el consumo de alimento, y la ganancia de peso durante 14 días. Antes de realizar las mediciones los animales tuvieron un período de adaptación a las jaulas y al alimento de 5 días, las dietas contenían el 13.5% de proteína cruda (Tabla 2).

b) **Prueba de comportamiento.** Para la realización de esta prueba se utilizaron 12 cerdos machos híbridos f2 (cruza de yorkshire-landrace con duroc-hampshire) con un peso aproximado de 65 kg donde los sólidos de vinazas fueron evaluados en la nutrición con la preparación de 3 dietas isoproteicas, tomando como base sorgo y un concentrado comercial (Tabla 1). Se formularon las dietas por el método de sustitución simple (7) ver anexos, donde las dietas quedaron constituidas con el 0, 15 y 30% de proteína de los sólidos de vinazas,

considerando 13.5% de proteína cruda en las dietas. La dieta testigo quedo constituida por 80 % de sorgo y 20% de concentrado. La dieta B con sustitución del 15% de proteína cruda de vinazas, estaba constituida de 9.85 % de sólidos de vinazas, 75.17% de sorgo y 14.98% de concentrado. La dieta C con sustitución del 30% de proteína cruda de vinazas estaba constituida de 19.71% de sólidos de vinazas, 70.31% de sorgo y 9.97% de concentrado (Tabla 1 y 2).

Las dietas fueron evaluadas en un experimento completamente al azar con 12 cerdos, teniendo tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. El estudio fue evaluado por el comportamiento de los cerdos en base al consumo de alimento y ganancia de peso durante 42 días. Los animales se pesaron cada 14 días. Antes de iniciar el experimento se concedió a los cerdos un periodo de adaptación de 10 días.

Los resultados en ambas pruebas (de adaptación y de comportamiento) fueron evaluados mediante un análisis de varianza (18). La diferencia entre medias fue evaluada según el método propuesto por Duncan (6).

Tabla 1

**Composición del concentrado<sup>a</sup> utilizado en las pruebas de aceptación y comportamiento**

Ingrediente	( kg )
Soya	100.0
Aceite vegetal de soya	10.0
Harina de pescado	15.004
Sorgo	32.997
Gluten de maíz	15.004
Ortofosfato	11.6
Carbonato de calcio	11.6
Lisina	1.102
Metionina	0.704
Mezcla de Vitaminas y aditivos <sup>b</sup>	1.999

<sup>a</sup>Utilizado en la dieta testigo en una proporción de 200 kg de este concentrado más 800 kg de sorgo.

<sup>b</sup>Vitamina A 1,500 UI, Vitamina D 3,750 UI, Vitamina E 12.5 UI, Riboflavina 5 mg, Niacina 60 mg, Ac. pantotenico 35mg, Vitamina B12 12.4ug, Colina 0.65 g, Vitamina K 25mg, Hierro 200 mg, Cobre 50 mg, Cobalto 33 mg, Iodo 5 mg, Manganeso 2 mg, Zinc 50mg, Selenio 75ug, /kg de mezcla.

Tabla 2

Composición de las dietas utilizadas en la prueba de aceptación y de comportamiento.

Componente(%)	Dietas			
	A	B	C	D
Sólidos de vinazas <sup>a</sup>	0	98.5	197.1	328.5
Sorgo	800.0	751.7	703.1	638.0
Concentrado <sup>b</sup>	200.0	149.8	99.7	33.5

<sup>a</sup>Para las dietas B, C y D corresponde respectivamente al 15, 30 y 50% de sustitución de proteína del concentrado por proteína de los sólidos de vinazas.

<sup>b</sup>Comercial (Tabla 1).

## RESULTADOS

La Tabla 3 presenta la composición bromatológica de los sólidos sedimentados de las vinazas, una vez que estos se deshidrataron y molieron, donde se aprecia un aceptable contenido de proteína cruda de la cual casi el 100% corresponde a nitrógeno proteico.

La Tabla 4 presenta parte de la composición bromatológica de la materia seca de las tres diferentes dietas utilizadas en la prueba de comportamiento en cerdos, cuando se alimentaron con sólidos de vinazas, en niveles de sustitución de proteína del 0, 15 y 30%.

Los resultados de la prueba de aceptación se presentan en la Tabla 5, donde se aprecia que no hubo diferencia significativa entre los consumos de alimento para los dos tratamientos ( $P > .05$ ), con la diferencia de que los cerdos que consumieron la dieta con inclusión de sólidos de vinazas no ganaron peso.

La Tabla 6 presenta los resultados de la prueba de comportamiento en cerdos con un peso inicial promedio de 65 Kg. No hubo diferencia significativa entre los consumos de alimento para los tres tratamientos ( $P > .05$ ). Las dietas A y B fueron estadísticamente iguales en cuanto a la ganancia de peso y conversión alimenticia ( $P > .05$ ). Ver gráficas de resultados de conversiones en la Figura 4.

Tabla 3

Composición bromatológica de los sólidos sedimentables de vinazas tequileras<sup>a</sup>

Componente	(%)
Humedad	12.6
Materia seca	87.4
Composición de la materia seca	
Cenizas	21.6
Proteína cruda	20.7
Nitrógeno Proteico	20.6
Extracto etéreo	0.2
Fibra cruda	16.3
Extracto libre de nitrógeno <sup>b</sup>	41.2

<sup>a</sup>Después de ser deshidratados al sol.

<sup>b</sup>Es la diferencia a 100 de la sumatoria del contenido cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda.

Tabla 4

## Composición bromatológica de las dietas utilizadas en la prueba de comportamiento

Análisis(%)	Dietas <sup>a</sup>		
	A	B	C
Humedad	12.5	12.3	12.7
Materia seca	87.5	87.7	87.3
Composición de la materia seca			
Cenizas	5.7	6.1	7.1
Proteína cruda	13.8	13.8	14.8
Extracto etéreo	3.8	2.7	2.8
Fibra cruda	2.9	4.0	6.0
ELN <sup>b</sup>	61.3	61.1	56.6

<sup>a</sup>Composición de las dietas Tabla 2.

<sup>b</sup>Extracto libre de nitrógeno calculado mediante la diferencia a 100 de la sumatoria del contenido cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda.

Tabla 5

Resultado del estudio de la prueba de aceptación de los sólidos sedimentables de vinazas en cerdos en desarrollo

Evaluación	Dieta		EEM <sup>c</sup>
	Testigo <sup>a</sup>	Con sólidos <sup>b</sup>	
Ganancia (g/d)	676 <sup>d</sup>	35 <sup>e</sup>	.188
Consumo (kg/d)	2.275 <sup>f</sup>	2.085 <sup>f</sup>	.082

<sup>a</sup>Sorgo y concentrado de la Tabla 1.

<sup>b</sup>Esta dieta representó un 50% de sustitución de proteína del concentrado (Tabla 1) por proteína de sólidos de vinazas.

<sup>c</sup>Error estandar de la media.

<sup>d,e,f</sup>Medias con la misma literal son estadísticamente iguales ( $P < .05$ ).

Tabla 6

**Resultados de la prueba de comportamiento con sólidos sedimentados de vinazas en cerdos en finalización<sup>a</sup>**

Evaluación <sup>c</sup>	Nivel de sustitución de proteína <sup>b</sup>			EEM <sup>d</sup>
	0%	15%	30%	
Peso inicial(kg)	67.9	62.0	65.54	
Peso final(kg.)	104.8	95.0	91.37	
Ganancia por cerdo(kg.)	36.9	33.0	23.75	
Ganancia diaria de peso(kg.)	0.879 <sup>e</sup>	0.785 <sup>e</sup>	0.615 <sup>f</sup>	.037
Consumo de alimento(kg./d)	3.212 <sup>e</sup>	3.142 <sup>e</sup>	3.129 <sup>e</sup>	.038
Conversión	3.654 <sup>e</sup>	4.005 <sup>e</sup>	5.104 <sup>f</sup>	.195

<sup>a</sup>Período de prueba 42 días.

<sup>b</sup>Nivel de sustitución de la proteína del concentrado (Tabla 1) por proteína de los sólidos sedimentados de vinazas.

<sup>c</sup>Cada valor representa la media de 4 cerdos.

<sup>d</sup>Error estandar de la media.

<sup>e,f</sup>Medias con la misma literal en el mismo parámetro analizado son estadísticamente iguales (P.<.05)

## CONVERSIONES EN PRUEBA DE ADAPTACION



## CONVERSIONES EN PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

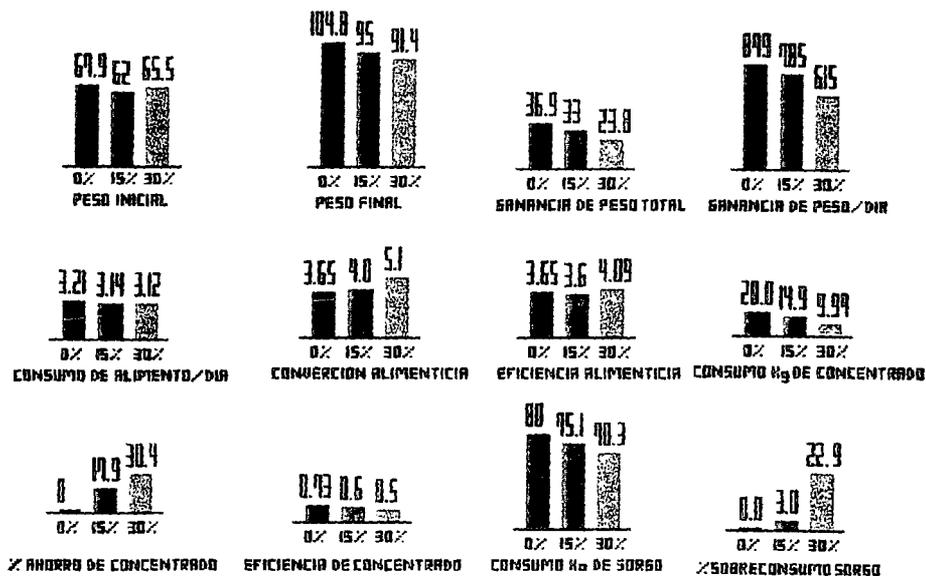


Figura 4. Gráficas de resultados promedio de conversiones en cerdos con sólidos sedimentables de vinazas tequileras obtenidos de lagunas de estabilización

## DISCUSION

La Tabla 3 presenta la composición bromatológica de los sólidos sedimentados de las vinazas, una vez que estos se deshidrataron y molieron. A pesar de que los sólidos han sido sujetos a un proceso de fermentación anaerobia en las lagunas de sedimentación, estos presentaron un aceptable contenido de proteína cruda, de la cual casi el 100% corresponde a nitrógeno proteico. En base a los resultados de Iñiguez y Hernández (9) quienes analizaron los sólidos de vinazas antes de ser vertidos en las lagunas, se puede apreciar un aumento del 96% en el contenido de cenizas (21.6 vs 11.0) lo que demuestra que durante el estancamiento de los sólidos de vinazas en las lagunas, estos sufrieron una degradación. Dado el pleno desconocimiento de los sólidos sedimentables en la nutrición de cerdos, se corrió una prueba de aceptación con un nivel de sustitución del 50% de proteína de un alimento comercial por proteína de sólidos de vinazas. Los resultados se presentan en la Tabla 5. Como se puede apreciar, a pesar de haber existido un buen consumo de alimento en comparación a la dieta testigo, y de que la proteína cruda de los sólidos corresponde casi al 100% de nitrógeno proteico, los animales que consumieron la dieta con la inclusión de sólidos de vinazas no ganaron peso, en este experimento no hubo diferencia significativa ( $P > .05$ ) entre el consumo de alimento para los dos tratamientos. Por lo que en base a esto, se debe de tomar en cuenta la posible presencia de elementos en los sólidos de vinazas que no permiten la absorción de otros nutrientes, por lo tanto se debiera dar continuidad a estudios posteriores donde se analice el contenido químico real de los sólidos de vinazas tequileras específicamente en cuanto a minerales y aminoácidos. La Tabla 4 presenta parte de la composición química de la materia seca de las tres diferentes dietas, utilizadas en la prueba de comportamiento de cerdos alimentados con sólidos de vinazas, en las que se incorporó el 0, 15 y 30% de proteína cruda de los sólidos de vinazas. La Tabla 6 presenta los resultados de la prueba de comportamiento en cerdos con un peso inicial promedio de 65 kg. No hubo diferencia significativa ( $P > .05$ ) entre los consumos de alimento para los tres tratamientos. En la ganancia de peso no hubo diferencia significativa entre los tratamientos A y B ( $P > .05$ ). En cuanto a la conversión alimenticia los valores fueron también estadísticamente iguales ( $P > .05$ ) para estas dos dietas. Se encontró un

ahorro en el consumo de concentrado del 17.9 % para la dieta B y de 30.3 % para la dieta C en relación a la dieta testigo. Sin embargo el consumo de sorgo aumentó 3 % para la dieta B y 22.9% para la dieta C en relación al testigo. Considerando el consumo de alimento convencional, se concluye que desde el punto de vista económico y nutricional, sólo puede ser factible la alimentación de cerdos, con un nivel de sustitución del 15% de proteína convencional por proteína de sólidos sedimentable de vinazas. A pesar de no haber existido una diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre el consumo de alimento de los cerdos en los tres tratamientos, si se presento una diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en la ganancia de peso y conversión alimenticia para los tres tratamientos. Aunque los resultados para las dietas A y B fueron estadísticamente iguales se observo en este estudio experimental que los cerdos de la dieta B dejaron de ganar 94 gr de peso corporal lo que representó 3.9 Kg del peso final en comparación con los cerdos de la dieta A, que desde el punto de vista practico representaria de acuerdo a la ganancia diaria de peso (785 gr) de dichos cerdos de la dieta B, un aumento de 4.9 días de salida al mercado que representa logicamente un aumento en el consumo de alimento. En esta misma Tabla 6 de resultados, se puede apreciar que a medida que se incrementa el nivel de proteína de sólidos de vinazas en las dietas, se reduce la ganancia diaria de peso y se disminuye la eficiencia, lo que se vuelve a demostrar nuevamente como en los resultados de la Tabla 5, la posible presencia de elementos que afectan la digestibilidad de otros, teoría que se refuerza más si consideramos el análisis bromatológico de la tabla 4 para cada una de las dietas. No existe marcada diferencia en cada uno de los componentes de la materia seca, como para que exista diferencia significativa en la ganancia de peso y eficiencia entre los cerdos que consumieron 0, 15 y 30% de proteína de sólidos sedimentados.

Las Tabla 7 presenta los diferentes valores de eficiencia para los tres tratamientos, eficiencia considerando sólo el consumo de sólidos de vinazas y eficiencia considerando sólo el consumo de los nutrimentos convencionales. En relación a esta ultima consideración, se puede apreciar una eficiencia de 3.654 para la dieta sin sólidos de vinazas y de 3.607 para la dieta con el 15% de sustitución de proteína. Esta última eficiencia aunque representa un sobreconsumo de sorgo del 3%, la dieta para los cerdos puede resultar más económica que el control, dado el 17.9% de ahorro en el consumo de concentrado. Aunque para la dieta con sustitución del 30% de proteína de vinazas, se presenta un ahorro del 30.4% en el consumo de concentrado, su

aplicación en la dieta de cerdos puede verse limitada por el 22.9% de sobreconsumo que se tiene del sorgo (Tabla 7) y el decremento de 264 g de ganancia de peso diario para esta dieta en comparación con la dieta testigo (Tabla 6).

Tabla 7

**Ahorro en el consumo de concentrado al incluir sólidos  
sedimentables de vinazas en la dieta de cerdos**

Evaluación <sup>b</sup>	Nivel de sustitución de proteína <sup>a</sup>		
	0%	15%	30%
Conversión alimenticia <sup>c</sup>	3.654	3.607	4.096
Consumo de concentrado(kg)	0.7308	0.60	0.508
corresponde a (%)	100.0	81.96	69.62
ahorro (%)	0	17.9	30.38
Consumo de sorgo(kg)	2.9232	3.008	3.588
corresponde a(%)	100.0	102.90	122.74
sobreconsumo(%)	0	3.0	22.9

<sup>a</sup>Corresponde de las dietas A, B y C respectivamente.

<sup>b</sup>Cada valor representa la media de 4 cerdos.

<sup>c</sup>Considerando sólo el consumo de alimentos convencionales.

## CONCLUSIONES

1- A pesar de la degradación anaerobia que sufren los sólidos de vinazas en las lagunas de estabilización, y de la posible contaminación, estos pudieran ser utilizados en la alimentación de cerdos en engorda, ya que no se presentaron problemas aparentes de toxicidad y hubo una buena aceptación de los sólidos a pesar del olor desagradable.

2- En el análisis de los sólidos de las vinazas se presentó un contenido de proteína cruda de 20.7%, del cual casi el 100% fue nitrógeno proteico. Este resultado fortalece la idea de poder utilizar los sólidos de vinazas en la nutrición de cerdos, tomando en consideración el alto contenido de cenizas que tienen los sólidos por haber sido sujetos a un proceso de degradación anaerobia en las lagunas de estabilización, por lo que de acuerdo a las recomendaciones por Iñiguez y Hernandez (9), para evitar este problema y el del mal olor, lo más conveniente es utilizar los sólidos antes de ser depositados en las lagunas.

3- En las dietas con inclusión de sólidos de vinazas, se observó que los cerdos tuvieron un mejor desarrollo musculo-esquelético, que los cerdos de la dieta testigo. Los cerdos alimentados con sólidos de vinazas fueron más altos y largos, con características magras sin haber clasificado la canal, en cambio los cerdos de la dieta testigo, tuvieron una tendencia de baja estatura, así como formación exagerada de grasa y abultamiento abdominal, por lo que se concluye que se puede esperar un buen comportamiento en cerdos de 65 a 97 kg de peso, cuando son alimentados con dietas suplementadas con un 15% de proteína de sólidos sedimentados de vinazas tequileras.

4- De acuerdo a las conversiones alimenticias obtenidas, al utilizar una sustitución del 15% de proteína de sólidos de vinazas se puede lograr un ahorro del 17.9% de concentrado. A niveles más elevados se reduce la ganancia de peso de los animales.

5- En base a este y otros estudios posteriores, los sólidos sedimentables de vinazas tequileras, pudieran utilizarse en otras áreas de producción de cerdos, como en la alimentación de sementales, hembras gestantes y hembras en días abiertos.

6- En base a los resultados de este trabajo y los reportados por Iñiguez y Hernández (9), lo más recomendable es utilizar los sólidos de vinazas justo después de salir del proceso de destilación del tequila, lo que definitivamente evitaría la degradación innecesaria de los sólidos en las lagunas y los malos olores que se generan en ellas.

### **RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES**

Dado que los cerdos aceptaron en buena medida los sólidos sedimentados de vinazas tequileras, se recomienda lo siguiente para posteriores investigaciones:

- 1- Determinar el contenido de aminoácidos y minerales de los sólidos, así como profundizar en los posibles factores antinutricionales.
- 2- Clasificar canales de cerdos alimentados con sólidos de vinazas tequileras, evaluando grasa dorsal y rendimiento de la canal.
- 3- Analizar posibles daños histopatológicos que pudieran existir en órganos como; hígado, riñones, bazo, intestino delgado etc.
- 4- Evaluar los sólidos en otras áreas de producción de granjas porcinas.

## ANEXOS

### FORMULACION DE RACIONES PARA AJUSTAR PROTEINA.

En la formulación de raciones de las dietas utilizadas en la prueba de aceptación y comportamiento con sólidos de vinazas tequileras, se utilizo sorgo y un concentrado comercial (ver Tabla 1 en material y métodos) para la etapa de finalización de cerdos de 60 a 95 kg. con un contenido de proteína cruda de 13.5%. Formado a base de 80.0 % de sorgo con 8.9 Proteína cruda, y con 20.0 % de concentrado con 31.9 % de Proteína cruda.

En las prueba de aceptación se formularon las dietas testigo y al 50% de sustitución de proteína del alimento comercial por proteína de los sólidos de vinazas.por el método de sustitución simple (7). de la siguiente manera:

---

DIETA CONTROL (A)	DIETA 50% (B)
20% de concentrado	3.35% de concentrado
80% de sorgo	63.8% de sorgo
	32.65% de sólidos
$20 \times 0.319 = 6.38$	$3.35 \times 0.319 = 1.07$
$80 \times 0.09 = 7.20$	$63.8 \times 0.09 = 5.7$
	$32.65 \times 0.207 = 6.8$
Total proteína 13.58%	Total proteína 13.57%

---

En la prueba de comportamiento se formularon las dietas con el 0, 15 y 30% de proteína que fue proporcionada por los sólidos por el mismo método de sustitución simple (7) y fue de la siguiente manera:

DIETA CONTROL (A)	DIETA 15% (B)	DIETA 30% (C)
20% de concentrado 80% de sorgo	14.98% de concentrado 75.17% de sorgo 9.85% de sólidos	9.97% de concentrado 70.31% de sorgo 19.71% de sólidos
20 X 0.319 = 6.38 80 X 0.09 = 7.20	14.98 X 0.319 = 4.77 75.17 X 0.09 = 6.76 9.85 X 0.207 = 2.03	9.97 X 0.319 = 3.18 70.31 X 0.09 = 6.32 19.71 X 0.207 = 4.07
Total proteína 13.58%	Total proteína 13.56%	Total proteína 13.57%

La composición de las dietas 0, 15, 30 y 50% de inclusión de sólidos de vinazas tequileras, utilizadas en la prueba de aceptación y de comportamiento se señala en la Tabla 8.

**Tabla 8**  
**Composición de las dietas utilizadas en la prueba de aceptación y de comportamiento**

Componente (kg)	Dietas			
	A	B	C	D
Sólidos de vinazas <sup>a</sup>	0	98.5	197.1	326.5
Sorgo	800.0	751.7	703.1	638.0
Concentrado <sup>b</sup>	200.0	149.8	99.7	33.5
Análisis calculado <sup>c</sup>				
Materia seca	87.7	87.6	87.4	87.3
Energía digestible <sup>d</sup>	3.394	3.351	3.306	3.248
Energía metabolizable <sup>d</sup>	2.987	3.030	3.073	3.129
Proteína	13.65	13.64	13.62	13.60
Fibra	4.163	5.410	6.658	8.304
Grasa	4.059	3.579	3.097	2.463
Cenizas	4.93	6.14	7.36	8.96
Calcio	0.815	1.026	1.239	1.532
Fosforo	0.597	0.513	0.430	0.320
Metionina	0.265	0.214	0.163	0.095
Lisina	0.702	0.567	0.432	0.254
Metionina-Cistina	0.356	0.311	0.266	0.206
Triptofano	0.133	0.113	0.094	0.068
Treonina	0.383	0.328	0.273	0.201

<sup>a</sup>Para las dietas B, C y D corresponden respectivamente al 15, 30 y 50% de sustitución de proteína del concentrado por proteína de los sólidos de vinazas.

<sup>b</sup>Ver Tabla 1

<sup>c</sup> Por método de computadora Nutrion II.

<sup>d</sup>Representada en megacalorías por kilogramo de alimento.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- AOAC. Official methods of analysis. 11 th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1990.
- 2- Boushy A.R.Y. The benefit of feed from waste. Memorias del primer seminario Internacional Industria avícola: Procesamiento y utilización de desechos para la alimentación animal. 9-11 de noviembre. Guadalajara, Jal. México. pp. 15-30. 1994.
- 3- Boushy A.R.Y. and Van der Poel A.F.B. Poultry feed from waste, processing and use. Ed. Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 1994.
- 4- Campos E. Conozca las bondades del cerdo. Boletín. Unión regional de poricultores de Jalisco. Guadalajara, Jal. México. 1994.
- 5- Celma-A. R. Situación internacional de la oferta y demanda de granos. Desarrollo porcícola. No. 16. pp. 10-14. 1993.
- 6- Duncan, D.B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1. 1995.
- 7- Ensminger M.E. and Parker R.O.; Swine science. ed Interstate. pp 171-176. 1984.
- 8- Grande D., Sanginés, L., Pérez-G. F. y Suárez B. Recursos alimenticios no convencionales y su empleo en la alimentación del cerdo. Conapor, No. 3. pp. 27-31. México. D. F. 1993.
- 9- Iñiguez - C: G: y Hernández - G: J. Aprovechamiento de sólidos de vinazas tequileras en la nutrición de cerdos (Reporte interno). Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara. 1996.
- 10- Iñiguez-C.G; Robles-C.A. and Franco-G.M.J: Continuous solid-substrate fermentation of swine waste recovered solids for pig feed. *Bioresources Technology* 50(2):129. 1994.
- 11- Manual de referencias técnicas y estadísticas porcinas. Unión regional de poricultores del estado de jalisco. Reporte anual. Guadalajara. jal. México. 1993.
- 12- Merck and Co inc.; El manual merck de veterinaria; Ed. Centrum, 3ra edición. pp 1409-1436. 1988.
- 13- Menéndez F.J.A. Sub-productos industriales. Bromatología animal. Ter. ed. Limusa. pp. 840-842. México, D.F. 1986.

14- Menéndez F.J.A y Agraz G. A.A. Ganado porcino. Limusa . pp. .95, 113, 225, 227, 232, 571. México, D.F. 1993.

15- Methodes d'analyses des engrais et des aliments du bétail. Ministère de l'Agriculture, Brussels. Belgium. 1953.

16- Schwentesius R.R. y Gómez C.M. Algunos aspectos de la porcicultura internacional. y su impacto sobre México. Conapor, No. 2. México, D. F. 1993.

17- Shimada A.S.; Fundamentos de nutrición animal comparativa. Ed.Offset Universal. 3ra reimpresión. pp. 29-41. 1987.

18- Steel, R.D.G. and Torrie, J.H. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Mcgraw-Hill, Inc., Toronto, Ont. 1980.

19- Trujillo O.E. y Flores C.J. Producción porcina. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 9-39. México, D.F. 1988.