

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS VETERINARIAS



*“UTILIZACIÓN DE SÓLIDOS DE VINAZAS DE LA  
INDUSTRIA TEQUILERA PARA SU USO EN LA  
ALIMENTACIÓN DE CERDOS”*

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS PECUARIAS**

PRESENTA:

**JORGE HERNÁNDEZ GOBORA**

DIRECTOR: DR. GILBERTO IÑIGUEZ COVARRUBIAS

ASESOR: M. EN C. GERARDO SALAZAR GUTIÉRREZ

Las Agujas, Nextipac, Zapopan Jal.; Diciembre de 1998

184677/021247  
P334  
92



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS

## COORDINACIÓN DE POSGRADO

### H. COMITE DE POSGRADO DE LA DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS P R E S E N T E .

Por éste conducto nos permitimos enviar la **VERSION FINAL DE LA TESIS** que desarrolló el pasante de maestria del POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA: **M.V.Z. JORGE HERNANDEZ GOBORA** cuyo título es:

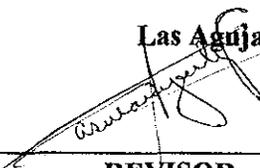
**"UTILIZACION DE SOLIDOS DE VINAZAS DE LA INDUSTRIA TEQUILERA PARA SU USO EN LA ALIMENTACION DE CERDOS"**

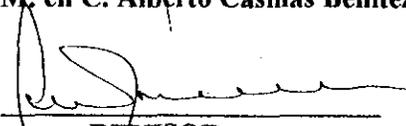
Trabajo dirigido por: **Dr. GILBERTO IÑIGUEZ COVARRUBIAS**  
Asesorado por: **M. en C. GERARDO SALAZAR GUTIERREZ**

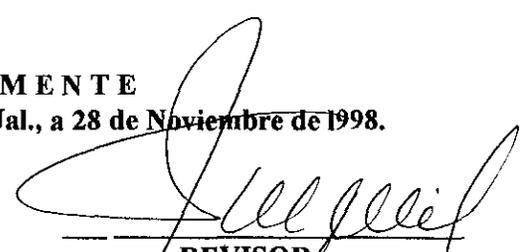
Los que suscriben la presente avalan esta versión, la cual fue revisada en forma colegiada y reúne los requisitos metodológicos necesarios.

**A T E N T A M E N T E**

**Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., a 28 de Noviembre de 1998.**

  
\_\_\_\_\_  
**REVISOR**  
**M. en C. Alberto Casillas Benitez**

  
\_\_\_\_\_  
**REVISOR**  
**PhD. José Zorrilla Ríos**

  
\_\_\_\_\_  
**REVISOR**  
**M. en C. Leonel González Jauregui**

  
\_\_\_\_\_  
**REVISOR**  
**M. en C. Daniel Santana Covarrubias**

  
\_\_\_\_\_  
**REVISOR**  
**M. en C. Delia G. González Aguilar**

c.c.p. Archivo de la Coordinación.

El presente trabajo se realizó en las áreas experimentales del Departamento de Producción Animal de la división de Ciencias Veterinarias, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

**M**e parece que yo podría vivir con los animales  
son tan plácidos y retraídos  
me detengo a contemplarlos largamente,  
no protestan, no se quejan de su situación,  
no andan desvelados en la obscuridad, ni lloran  
por sus pecados.

No me exásperan hablándome de sus deberes para  
Con Dios.

No hay ninguno que no esté satisfecho, no hay ninguno  
Que esté poseso de la manía de poseer.

No hay ninguno que se prosterne ante otro,  
ni ante los otros de su especie que vivieron  
Hace miles de años.

No hay ninguno que sea respetable o desgraciado  
sobre el haz de la tierra.

Walt Whittman

Querer es una gran cosa, la actividad  
Y el trabajo son consecuencia generalmente  
De la voluntad, y casi siempre, el trabajo

Va acompañado del éxito.

Trabajo, voluntad y éxito llenan la vida

De un hombre.

La voluntad abre las puertas del éxito

Con brillantez y felicidad, el trabajo hace

Pasar a través de estas puertas

y al final del viaje el éxito corona los

esfuerzos realizados.

Luis Pasteur



BIBLIOTECA CENTRAL

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por brindarme la oportunidad de continuar con proyectos de superación académica, y particularmente al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Al Departamento de Producción Animal de la División de Ciencias Veterinarias, por la disposición de las áreas experimentales.

A todo el personal del Departamento de Madera, Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería por las facilidades otorgadas.

A mi asesor M.C. Gerardo Salazar Gutiérrez, por su atinada y valiosa dirección en la realización del presente trabajo y principalmente por su confianza y motivación.

A mi director de tesis Dr. Gilberto Iñiguez Covarrubias por su dirección y apoyo en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al personal directivo del Rancho Cofradía de la Universidad de Guadalajara, por el apoyo brindado en las diferentes etapas de realización de esta investigación.

A mis amigos Francisco, Ramón y Ana por su valioso apoyo y por las experiencias compartidas durante esta etapa de formación.

A mis compañeros del Posgrado Interinstitucional de Ciencias Pecuarias por las experiencias compartidas en esta etapa de nuestras vidas.

A mis profesores de posgrado por su aporte de conocimientos.

Al cuerpo colegiado que tuvo a su cargo la revisión final de este trabajo, quienes por su experiencia, conocimiento y sentido de responsabilidad contribuyeron con sus aportaciones en el enriquecimiento del trabajo.

A todas aquellas personas que colaboraron en diferente forma para hacer posible la culminación de este proyecto.

## DEDICATORIAS

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

### A MIS PADRES :

María del Refugio Góbora de Hernández  
Antonio Hernández Hernández.

Por su ejemplo de esfuerzo y constancia para  
lograr las metas que se trazan en la vida

### A MI ESPOSA:

María Magdalena Romo Reyes

Por la paciencia, esfuerzo y motivación  
En la realización de este trabajo.

### A MIS HIJOS:

Omar Karim, Jorge Alan y Erick Antonio

Que representan uno de los principales estímulos en  
mi vida.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
Resumen .....	I
Introducción .....	1
Planteamiento del problema .....	5
Justificación .....	6
Hipótesis .....	7
Objetivos .....	8
Material y métodos .....	9
Resultados .....	25
Discusión .....	40
Conclusiones .....	43
Recomendaciones .....	44
Bibliografía .....	45
Anexos .....	49

## RESUMEN

La existencia en el país de diferentes métodos de producción de cerdos determina la presencia de distintos enfoques y tecnologías involucrados en su alimentación. Mientras que una parte de los porcinos reciben dietas típicas basadas en granos y pastas oleaginosas, en otros su alimentación se basa en la utilización de una gran diversidad de subproductos, muchos de ellos con importancia local o regional, comúnmente desconocidos en cuanto a su valor nutritivo y sus formas de utilización como alimento. En el presente trabajo se evaluó la utilización de los sólidos de vinazas del agave tequilero variedad azul tequilana Weber con inclusiones del 0, 20 y 40% en dietas para cerdos. Las dietas fueron balanceadas por cálculo utilizando el método por sustitución tomando como referencia el porcentaje de proteína cruda recomendada por las tablas de National Research Council U.S. (R.N.C.) y corroboradas por el análisis químico proximal (A.Q.P.). Se caracterizó el subproducto por análisis químico proximal (bromatológico) obteniendo 14.79% de proteína cruda, fibra cruda 26.40%, grasa cruda 2.74%, cenizas 11.64%, extracto libre de nitrógeno 44.43%, proteína verdadera 14.27% y energía bruta 3,799.62 Cal/g. en base seca. Se realizaron 3 experimentos: Experimento 1 : Prueba de comportamiento : se utilizaron 36 cerdos machos castrados resultado de las cruzas Yorkshire - Landrace con Duroc - Hampshire en etapa de crecimiento, con peso inicial de  $30 \pm 3$  kg el diseño experimental fue completamente al azar , se aplicaron tres tratamientos con 0, 20 y 40% de inclusión de sólidos de vinazas en estado fresco cuatro repeticiones; la prueba tuvo una duración de 56 días. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza , utilizando los procedimientos del paquete estadístico S.A.S. La ganancia diaria de peso fue de 748g, 684g y 623g respectivamente, no encontrándose diferencia estadística ( $p < 0.05$ ). En eficiencia alimenticia la dieta fue de 338, 284 y 229 g, para los tratamientos 0, 20 y 40% respectivamente, existiendo una diferencia significativa entre 0 y 40% y no así entre 20 y 40% y 0 y 20% ( $p < 0.05$ ). Experimento 2 : Prueba de comportamiento : se realizó con 36 cerdos machos castrados resultado de la cruce de las razas Yorkshire- Landrace con Duroc - Hampshire en etapa de finalización, el diseño experimental fue de bloques al azar utilizando el rango de peso inicial  $70 \pm 4$  kg como bloque, se aplicaron tres tratamientos 0, 20, 40% de inclusión de sólidos de vinazas deshidratados al sol, con cuatro repeticiones, La prueba tuvo una duración de 42 días. Los datos se analizaron utilizando los procedimientos del paquete estadístico S.A.S.. La ganancia diaria de peso fue de 813, 790, y 661g respectivamente para las dietas 0, 20 y 40% encontrándose diferencia significativa de la dieta con 40% en relación a las dietas de 0 y 20%, ( $p < 0.05$ ) no así entre el 0 y 20%. La eficiencia alimenticia fue de 259, 231 y 206g para 0, 20 y 40% respectivamente, hubo diferencia significativa entre la dieta con 40% con relación a la 0% ( $p < 0.05$ ) y no así entre 0 y 20%. Experimento 3 : Prueba de digestibilidad aparente : se utilizaron 12 cerdos machos castrados resultado de las cruzas Yorkshire- Landrace con Duroc - Hampshire en etapa de crecimiento, de 85 días de edad y  $45 \pm 2$  kg. de peso, se aplicaron tres tratamientos con inclusión de sólidos de vinazas deshidratados al sol en 0, 20 y 40% con cuatro repeticiones, la prueba tuvo una duración de 20 días (15 de adaptación y 5 de recolección), el diseño experimental fue completamente al azar, se determinó la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra cruda y nitrógeno. Los datos se analizaron utilizando los procedimientos del paquete estadístico

S.A.S. y para la diferencias de medias en los tres experimentos se utilizó las medias de cuadrados mínimos. En las dietas 0, 20 y 40% en las evaluaciones de materia seca 86.48, 78.25 y 70.67%, materia orgánica 88.65, 81.46 y 74.54%, nitrógeno 80.81, 68.78 y 58.73%, se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos ( $p < 0.05$ ), en la fibra cruda no hubo diferencia significativa entre las dieta 0 y 40%, y sí entre la dieta 0 y 20% ( $p < 0.05$ ). En las dietas 0, 20 y 40% el balance de nitrógeno la retención fue de 56, 49 y 44% respectivamente existiendo diferencia significativa entre los tres tratamientos ( $p < 0.05$ ). De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda la utilización de sólidos de vinazas deshidratados al sol en inclusiones del 20% o inferior, ya que no presentó diferencia significativa en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia. La utilización de subproductos agroindustriales no convencionales en la alimentación animal representan una alternativa viable para contribuir en la disminución de la contaminación ambiental y a la vez transformar estos subproductos en proteína de origen animal.

## INTRODUCCIÓN

BIBLIOTECA CENTRAL

El planeta está cubierto por sólo un 27% de superficie terrestre y un 73% de mares en donde únicamente una pequeña parte de la cubierta sólida permite la actividad agrícola y ganadera. Si consideramos que más del 97% del alimento que consumen los seres humanos proviene del medio terrestre y solamente alrededor del 3% de los mares, lagos y ríos; se entiende la necesidad de cuidar el uso racional de este recurso para poder producir cada día un volumen mayor de alimentos que permita satisfacer las necesidades del incremento de los habitantes del planeta (Boushy, 1994; Galina, 1993).

El planeta ha sufrido cambios físicos ocasionados por la tala inmoderada de los bosques y por lluvia ácida. Los bosques se disminuyen a una tasa anual de 11 millones de hectáreas; 31 millones de hectáreas forestales se dañan anualmente en países industrializados, aparentemente por contaminación ambiental de lluvia ácida. En la cobertura de los suelos en áreas de cultivo, se estima que un 17% del total del área vegetal ha sufrido algún grado de deterioro (Bifani, 1997).

Alrededor de 6 millones de hectáreas de desiertos se forman anualmente como consecuencia del mal manejo de los suelos. La extinción de plantas y especies animales en conjunto se estima en el presente en varios miles por año. Alrededor de 50 pesticidas son contaminantes de las aguas subterráneas, por lo que el grado de contaminación a nivel mundial es desconocido. La temperatura promedio se prevee aumentará entre 1.5 y 4.5 °C para el año 2050. El nivel del mar subirá 1.4 m. a 2.2 m. para el año 2100 por el sobrecalentamiento de la tierra y la descongelación de los polos (Bifani, *op. cit.*).

Dada la evidente degradación de los recursos naturales y del medio ambiente global, particularmente de aquellos insumos básicos para la producción de alimentos, surge una preocupación por la defensa de estos recursos limitados, y adquiere relevancia el desarrollo de una agricultura y ganadería sostenible, es necesario que todos los países pongan atención y que sus habitantes comprendan el gran deterioro ecológico que se ha desarrollado en los últimos años. La contaminación y el deterioro del medio ambiente no son exclusivas de la agricultura moderna o de cualquier fase del quehacer humano, sino el efecto de una compleja interacción de múltiples factores del desarrollo de las sociedades modernas.

Ante la degradación ecológica es necesario modificar los sistemas de producción animal para impactar lo menos posible al medio ambiente, así como el trato de los animales domésticos y garantizar la calidad, sanidad y pureza de los productos de origen animal que se destinen al consumidor. Todo esto implica que el factor económico en su forma tradicional no será el único para las empresas pecuarias ya que cada día se desarrollan mercados de productos de agricultura orgánica que han adquirido un valor agregado.

Los consumidores han aumentado su conocimiento de que alimentarse no significa necesariamente "nutrirse" y que el uso de alimentos con gran cantidad de agroquímicos o colesterol tienen un efecto nocivo sobre la salud (Galina *op. cit.*)

Esto ha desarrollado la necesidad de producir alimentos con biotecnologías “naturales” sin la adición de agroquímicos y con un mejor balance de nutrientes útiles para el hombre, estos nuevos productos agropecuarios tendrán que ser elaborados en condiciones de agricultura orgánica (Casas, 1990).

La población mundial de los animales domésticos es en la actualidad de poco más de 4,200 millones de cabezas para la producción de alimentos de origen animal, que consumen una población humana que supera 5,300 millones de personas (Anuario F.A.O. 1991).

La producción de granos en el mundo ha disminuido en los últimos años, debido en gran parte a que son afectados directamente por condiciones climatológicas y superficie de siembra, esto trae como consecuencia su encarecimiento, provocando especulaciones y desalentando la inversión en el sector pecuario. El 80% de los ingredientes utilizados en la alimentación de cerdos esta constituido por granos, en tanto que la alimentación animal representa del 65 al 70 % de los costos fijos de las explotaciones pecuarias (Celma, 1993, Magaña y Duarte, 1989)

En México, el consumo de sorgo es principalmente utilizado en la industria de alimentos balanceados que normalmente consumen 9.5 millones de toneladas, representa aproximadamente del 60 al 70 % del volumen del sorgo exportado por E.U.A. (Celma *op.cit.*)

El cerdo es el animal doméstico que actualmente tiene una gran importancia, ya que es el eje central de una de las principales industrias pecuarias productoras de alimentos de origen animal con alta calidad para el consumo humano. La producción de carne de cerdo a nivel mundial en 1996 fue la que ocupó el primer lugar con 88 millones de ton. y un inventario de 923.9 millones de cabezas, con un incremento del 2.7% anual (Fira, 1997).

La porcicultura como actividad tecnificada, integrada y especializada, surge en los años setentas y a partir de este momento se vive un proceso de dinamización que sólo es comparable con el de la avicultura, la otra actividad pecuaria conceptualizada como industria.

El dinamismo de la porcicultura durante la primera mitad de los setentas la colocó como el sistema ganadero más importante, por su aportación a la oferta total de cárnicos que mantiene hasta la fecha (Maqueda, 1983).

La producción nacional de carne de cerdo en canal en 1996 fue de 910.29 miles de ton., los principales estados productores fueron Jalisco con 184.1, Sonora 172.8, Guanajuato 101.6, Yucatán 71.6, Puebla 64.1 y Michoacán 54.7 miles de ton. produjeron el 71.26% del total anual (Fira, *op. cit.*)

Se estima que para el año 2,000 existirá en México una población de 97,000,000 de habitantes, con un consumo per capita de carne de cerdo 9 kg., por lo que se requerirá de 873,000 toneladas de carne por año; para cubrir esta demanda se requiere de un incremento de carne por año de 15,700 ton., y un incremento de piara (cerdos) por año de 22,000

hembras; en el año 2,000 el inventario de la piara nacional es estimado en 1,220,000 hembras (Anuario, *op. cit.*).

Jalisco ocupa el primer lugar en producción de cerdos contando con 32 municipios que son relevantes en esta actividad pecuaria, en 1996 los principales municipios productores fueron Yahualica con 271,192 ; Lagos de Moreno 243,640; San Juan de los Lagos 190,945; Zapopan 115,676 y Acatic 77,271. (SAGAR, 1996)

Actualmente se cuenta con verdaderas industrias con pies de cría de alto valor genético que ha obligado al porcicultor a utilizar ingredientes de alta calidad como son los granos, principalmente el sorgo y la soya; su cultivo compite directamente por las áreas de siembra utilizadas en la alimentación humana, por lo que surge la necesidad de buscar otras alternativas de alimentación que permitan solucionar la problemática de insumos en la alimentación de los cerdos, y se evite la competencia entre ésta y la humanidad. Una alternativa es la utilización de los desechos agroindustriales que se generan en las diferentes regiones de nuestro país. Mismos que son desperdiciados, fundamentalmente por la poca flexibilidad de la industria para su uso y por la falta de una promoción adecuada a las necesidades de la producción animal intensiva moderna (Cuarón, 1993).

Existen grandes retos, por una parte alimentar a la población animal que necesita grandes volúmenes de granos y forrajes para el sostenimiento de la producción de leche y carne, necesarias para alimentar la humanidad que se reproduce aceleradamente y se concentra en núcleos de población, lo que ha originado como consecuencia la industrialización para una mayor conservación así como una mejor presentación de los productos pecuarios. Aunado a esto, se genera una gran cantidad de desechos que provienen de los sectores agrícola e industrial en los que están incluidos tanto los proveedores de bienes de consumo como los mismos consumidores. Actualmente se tiene el compromiso de encontrar la mejor forma para el procesamiento, disposición y utilización de los desechos de frutas, verduras, pulpa de cítricos, de jitomate, de papa, de la industria tequilera, de tenerías y desechos de animales que puedan convertirse en ingredientes valiosos para la alimentación animal. (Boushy, *op. cit.*).

Una de las alternativas es la aplicación de la biotecnología que se define como el conjunto de tecnologías nuevas y tradicionales que involucran la aplicación de procesos biológicos y de organismos vivos o sus partes (tejidos y células) o productos de éstas como enzimas, en la producción pecuaria, industria farmacéutica y control de la contaminación (Casas, 1990).

Los procesos de fermentación fueron aplicados inicialmente a la industria alimenticia y algunos de los productos derivados de éstos son el queso, el vino, el vinagre y la cerveza, éstos datan de por lo menos 10,000 a 15,000 años A.C , como dato curioso se estima que más del 60% de las familias de la tierra comen o beben algún producto fermentado por lo menos una vez a la semana (Cedeño, 1995).

Desde hace 200 años se ha desarrollado una industria regional y única en el territorio nacional e internacional, la industria del tequila, le fue otorgada la concesión real por el Rey

Carlos IV de España al Estado de Jalisco en la persona de Don José Guadalupe Cuervo Cámara Regional de la Industria Tequilera (CRIT)1996. Actualmente este producto se fabrica en todo Jalisco, parte de Nayarit, Guanajuato y Michoacán.

En el estado de Jalisco en los últimos años se ha incrementado considerablemente la producción de tequila. La CRIT reportó una producción de tequila en 1997 de 156'543,364 litros; por cada litro de tequila se generan de 7 a 10 litros de vinazas (Cedeño *op. cit.*) lo que significa que durante ese año se generaron entre 1,095'803,548 y 1,565'433,640 litros de vinazas; este aumento de desechos está ocasionando contaminación al medio ambiente debido a su contenido de material orgánico que es altamente degradable, produciendo gases, calentamiento, malos olores y microorganismos patógenos (CRIT, 1998).

La producción de alcohol por medio de levaduras para realizar fermentaciones biológicas produce un residuo final llamado vinaza. Las vinazas son residuos líquidos finales de color ámbar que quedan de las torres de destilación después de la recuperación del tequila. Contienen una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), con sales disueltas como potasio, calcio, y iones sulfato, un pH menor de 3.9 y son descargadas a temperaturas de 96°C. La composición de las vinazas varía de acuerdo a las condiciones del proceso en la elaboración del tequila como pudieran ser los grados Brix del mosto inicial de fermentación, grado alcohólico alcanzado, la eficiencia de la destilación, etc. (Amerine, 1976, en Cedeño *op. cit.*) que se han transformado en un problema de contaminación ocasionado por el elevado contenido orgánico que posee.

Algunos países como Brasil, Holanda, Francia, Grecia y Bélgica en la producción de alcohol a partir de otras materias primas como la uva, la caña de azúcar y el enebro generan grandes cantidades de vinazas, que han sido estudiadas y aplicadas en la fertilización y como aditivo a forrajes con la creación de desecadores (Peraza, 1991).

Por el alto contenido de sólidos sedimentados (500 ml/ l.), carbono ( 43.5% ) de sólidos totales, (54 g / l ), nutrientes y pH ( 4.5 ) (Legorreta, 1994, en Iñiguez y Col. 1995) en las vinazas no pueden ser vertidas a los arroyos, ríos y lagunas, haciendo difícil y costoso para la industria tequilera cumplir con el proyecto de la Norma Oficial Mexicana (NOM- 064-ECOL. 1994) que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de la industria tequilera o destilería.

Los sólidos inorgánicos que se encuentran en las vinazas, son los nutrientes que se agregan a los mostos para su fermentación y generalmente son urea, sulfato y fosfato de amonio. El mosto es el zumo de la piña del agave cocido antes de ser fermentado, enriquecido con minerales y azúcares de caña (CRIT, 1996).

En estudios realizados se mostró que los sólidos de las vinazas están constituidos por 17% de materia seca, 13% de proteína cruda, 1.7 % de grasa cruda, 16.2% de cenizas, 23.5% de fibra cruda y 45% de Extracto libre de nitrógeno (Iñiguez y Col. *op. cit.*)

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria tequilera es una de las principales empresas en el estado de Jalisco que en los últimos años ha incrementado considerablemente la producción de tequila. En 1998 la Cámara Regional de la Industria Tequilera (CRIT), reportó una producción de tequila en 1997 de 156,543,364 litros, por cada litro de tequila se generan entre 7 a 10 litros de vinazas, que contiene 54 g/l de sólidos suspendidos (Cedeño, *op. cit.*), lo que significa que durante este año se generaron entre 1,095'803,548 y 1,565'433,640 litros de vinazas; este aumento de desechos está ocasionando contaminación al medio ambiente debido a su contenido de material orgánico que es altamente degradable, produciendo gases, calentamiento, malos olores y microorganismos patógenos.

Las vinazas contienen sólidos suspendidos ricos en materia orgánica altamente fermentable, con una disponibilidad química de oxígeno (DQO) de 60,000 mg/l; rebasan los estándares que establece la Norma Oficial Mexicana que marca 150 mg/l, por lo que no pueden ser vertidas en ríos, lagos o mares, situación que preocupa a los productores de esta industria, quienes se han dado a la tarea de buscar una aplicación benéfica. Estos desechos son depositados en lagunas de sedimentación para su tratamiento y posteriormente son utilizados como fertilizante, pero al aumentar su producción se ha rebasado esta vía de solución por el costo y la superficie donde son vertidos, motivo por el cual se tiene que buscar otras alternativas de uso, una de ellas sería la separación de la parte sólida y utilizarla en la alimentación animal.

Esto ayudaría a la disminución de la contaminación que genera esta industria y apoyaría a su vez a la porcicultura con un producto alternativo de alimentación.

## JUSTIFICACION

El estado de Jalisco se caracteriza por su producción agrícola y ganadera. En los últimos años la industria tequilera, única en el mundo incrementó considerablemente su producción generando por lo tanto un aumento en sus desechos, lo que trae como consecuencia un alto grado de contaminación.

En el proceso de obtención de tequila, el agave es cocido, fermentado y enriquecido con levaduras, azúcares y minerales; en la etapa final de la destilación una parte de estos compuestos salen en forma de vinazas, que se considera tienen un porcentaje de proteína microbiana y compuestos orgánicos que pueden aumentar su digestibilidad. El cerdo se ha caracterizado por ser una especie que transforma los desechos orgánicos en proteína de origen animal, por lo que es importante la evaluación del uso de las vinazas tequileras en la alimentación de esta especie..

Esto sería una alternativa para disminuir el problema de contaminación que genera esta industria y a su vez apoyaría a la porcicultura con un subproducto que garantice su permanencia en el mercado, ya que de acuerdo a la producción anual de tequila en 1997, de 156'543,354 litros, se dispondrá de 84'553,411 kg de sólidos de vinazas húmedos y 16'906,682 kg. deshidratados, por la que se hace necesario su evaluación nutricional en dietas para esta especie.

**CUCBA**



**BIBLIOTECA CENTRAL**

## **HIPOTESIS**

El proceso de industrialización del agave tequilero es enriquecido con minerales, azúcares y levaduras, un porcentaje de estos compuestos son desechados en las vinazas, por lo tanto éstos pueden ser analizados y utilizados en la alimentación del cerdo.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la utilización de sólidos de vinazas que genera la industria tequilera como ingrediente alternativo en la alimentación del cerdo.

### OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Evaluar las características físico-químicas de las vinazas de agave tequilero variedad azul *tequilana weber*.
2. Determinar el valor nutricional de los sólidos por medio de una digestibilidad aparente en cerdos (*método in vivo*) y balance de nitrógeno.
3. Comprobar el comportamiento productivo de cerdos en etapa de crecimiento y finalización 30 a 70 kg. con inclusión de sólidos frescos de vinazas como ingrediente alternativo y de 70 -105 kg con sólidos deshidratados al sol.

## MATERIAL Y METODOS

La investigación se realizó en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, en las áreas experimentales del Departamento de Producción Animal de la División de Ciencias Veterinarias, así como en el Departamento de Madera, Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara. Ubicados en el predio Las Agujas, municipio de Zapopan, Jalisco, con una latitud norte de 20° 14 minutos y una longitud oeste de 103° con 20 minutos con una altitud de 1500 msnm, con una temperatura máxima de 30°, mínima de 3.5° y un promedio de 18°C.

Se utilizaron sólidos de vinazas de agave tequilero variedad *azul tequilana* Weber proporcionado por una fábrica de tequila, éstas se obtuvieron por centrifugación (Figura 1), para su caracterización fueron muestreados por método de cuarteo, se evaluó el producto por medio del análisis físico-químico proximal (bromatológico), para conocer la calidad del nitrógeno se realizó el análisis de proteína verdadera (Cassava, 1987) y energía bruta utilizando un aparato calorímetro con bomba de oxígeno, tipo adiabático (Parr), todos los análisis se realizaron por triplicado y se registraron los resultados obtenidos (Tejada, 1992).

Se realizaron tres experimentos :

Dos pruebas de comportamiento y una de digestibilidad aparente.

Las dietas fueron isoprotéicas, balanceadas por cálculo utilizando el método de sustitución tomando como referencia las recomendaciones por el National Research Council U.S. (R.N.C. 1988) y corroboradas por el análisis físico-químico proximal (A.Q.P.). Se calculó la energía metabolizable con la metodología propuesta por Shimada 1987.

**Experimento No. 1.** Prueba de comportamiento en cerdos en crecimiento, con inclusión en las dietas de sólidos de vinazas en estado fresco ( humedad 82.25%).

Se utilizaron 36 cerdos machos castrados, producto de las cruces de razas Yorkshire-Landrace con Duroc-Hampshire de 65 días de edad, distribuidos al azar, ubicados en 12 corrales de piso de cemento con una dimensión de 2.5 x 2m, con bebedero de chupón y comedero de tolva en grupos de 3 cerdos por corral, con un peso inicial promedio de 30 ± 4 kg. alimentados a libre acceso, se aplicaron tres tratamientos con cuatro repeticiones.

Diseño Experimental :

$$Y = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde :

Y = Cualquier observación

$\mu$  = Media general

$T_i$   $\approx$  Efecto del tratamiento i-esimo

$E_{ij}$  = Error experimental en el i-esimo tratamiento y la j-iesima repetición (Steel; Torre, 1990)

En esta prueba se evaluaron 3 tratamientos: (cuadros 1,2,3 y 4)

- Dieta testigo consistente en el suministro de alimento con 14.3% de proteína cruda. Energía metabolizable 2890 Kcal en base húmeda (B.H.).
- Dieta, con una sustitución del 20% del contenido de la ración por sólidos frescos de vinazas con 13.7% de proteína cruda. Energía metabolizable 2330 Kcal en B.H.
- Dieta, con una sustitución del 40% del contenido de la ración por sólidos de vinazas húmedas con 13.8% de proteína cruda. Energía metabolizable 1730 Kcal en B.H.

Se evaluó el comportamiento productivo de: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión y eficiencia alimenticia.

La prueba duró 56 días, los cerdos se pesaron cada 14 días.

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA, utilizando los procedimientos del paquete estadístico de SAS (1979) y para diferencias entre medias se utilizó el método de medias de cuadrados mínimos.

**Experimento No. 2.** Prueba de comportamiento en cerdos en etapa de finalización con inclusión en las dietas de sólidos de vinazas deshidratados al sol.

Los sólidos de vinazas utilizados tuvieron un proceso de deshidratación solar en piso de cemento durante 8 días. Al secarse adquirieron una textura rocosa por lo que se molieron utilizando dos mallas 3/16 y de 1/8 de pulgada en un molino de martillos (Azteca No. 8 modelo SY508M de 7 HP).

Se utilizaron 36 cerdos machos castrados, resultado de las cruces de las razas Yorkshire-Landrace con Duroc - Hampshire, ubicados en 12 corrales con piso de cemento de 3x 4m con bebedero de chupón y comedero de tolva se distribuyeron en grupos de 3 cerdos, utilizando los rangos de peso inicial como bloque, el peso inicial promedio fue de  $70 \pm 4$  kg. alimentados a libre acceso, se aplicaron tres tratamientos con cuatro repeticiones.

El diseño experimental :

$$Y = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde :

$Y$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del tratamiento i-esimo

$B_j$  = Efecto de bloque j-esimo

$E_{ij}$  = Error experimental en el i-esimo tratamiento y la j-iesima repetición (Steel; Torre, 1990)

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

En esta prueba se evaluaron 3 tratamientos: (cuadros 5,6,7 y 8)

- Dieta testigo consistente en el suministro de alimento comercial con 13.0% de proteína cruda, energía metabolizable 3144 Kcal, Base húmeda (B.H.)
- Dieta, con una sustitución del 20% del contenido de la ración por sólidos de vinazas deshidratados al sol con 13.8% de proteína cruda, energía metabolizable 3054 Kcal en B.H.
- Dieta, con una sustitución del 40% del contenido de la ración por sólidos de vinazas deshidratadas al sol con 13.9% de proteína cruda, energía metabolizable 3054 Kcal en B.H.

Se evaluó el comportamiento productivo de: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión y eficiencia alimenticia.

La prueba duró 42 días, los cerdos se pesaron cada 14 días.

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA, utilizando los procedimientos del paquete estadístico de SAS (*op cit.*) y para diferencias entre medias se utilizó el método de medias de cuadrados mínimos.

**Experimento No. 3.** Prueba de digestibilidad aparente en cerdos en crecimiento utilizando dietas con inclusión de sólidos de vinazas deshidratados al sol.

Se utilizaron 12 cerdos machos castrados resultado de las cruces de las razas Hampshire-Duroc con Landrace - Yorkshire , para abasto de 85 días de edad y  $45 \pm 3$  kg. de peso en promedio.

Los animales se distribuyeron en 12 jaulas metabólicas, se evaluaron 3 dietas con 4 repeticiones, cada jaula representa una repetición, los animales se adaptaron 15 días antes de empezar a correr la prueba que tuvo una duración de 5 días. En la prueba se utilizó como marcador óxido férrico al 1% en el alimento con el objetivo de saber el momento de inicio de la recolección de las muestras y la finalización de la prueba; el agua y el alimento se suministraron a las 8:00 y 19:00 Hrs., la ración de alimento fue de 10% menos del cerdo que consumió menor cantidad durante la etapa de adaptación, se midió el consumo de agua; las heces y la orina se recolectaron 2 veces al día se pesaron y midieron, tomándose muestras representativas del 10% que fueron congeladas para su posterior evaluación. Para la recolección de orina se adicionó ácido clorhídrico 1.5 normal, utilizando 50 ml. en cada recipiente como conservador.

Diseño Experimental :

$$Y = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde :

$Y$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del tratamiento i-esimo

$E_{ij}$  = Error experimental en el i-esimo tratamiento y la j-iesima repetición (Steel; Torre, 1990)

Se evaluaron tres tratamientos (cuadros 1,9 y 10)

- Dieta testigo, consistente en alimento con 19.52% de proteína cruda en base seca y energía metabolizable 3198 Kcal.
- Dieta con una sustitución del 20% del contenido de la ración por sólidos de vinazas deshidratadas al sol con 19.82% de proteína cruda en base seca y energía metabolizable de 3075 Kcal.
- Dieta con una sustitución del 40% del contenido de la ración por los sólidos de vinazas deshidratadas al sol con 19.04% de proteína cruda en base seca y energía metabolizable de 2925 Kcal.

Se evaluó la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra cruda, nitrógeno y el balance de nitrógeno.

Al alimento y heces se les realizó un análisis físico-químico, a la orina se le determinó nitrógeno total. (A.O.A.C. 1990).

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA, utilizando los procedimientos del paquete estadístico de SAS (*op. cit.*) y para diferencias entre medias se utilizó el método de medias de cuadrados mínimos.

La energía metabolizable se determinó de acuerdo al procedimiento recomendado por Shimada, S.A., 1987, donde se utilizan coeficientes de digestibilidad como constantes (en la proteína cruda 80%, grasa cruda 90%, fibra cruda 50%, extracto libre de nitrógeno 80%) para la determinación del total de nutrientes digeribles, multiplicado por 4.4 para obtener la energía digerible y ésta se multiplica por .92 como constante en monogástricos (*Shimada op. cit.*).

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

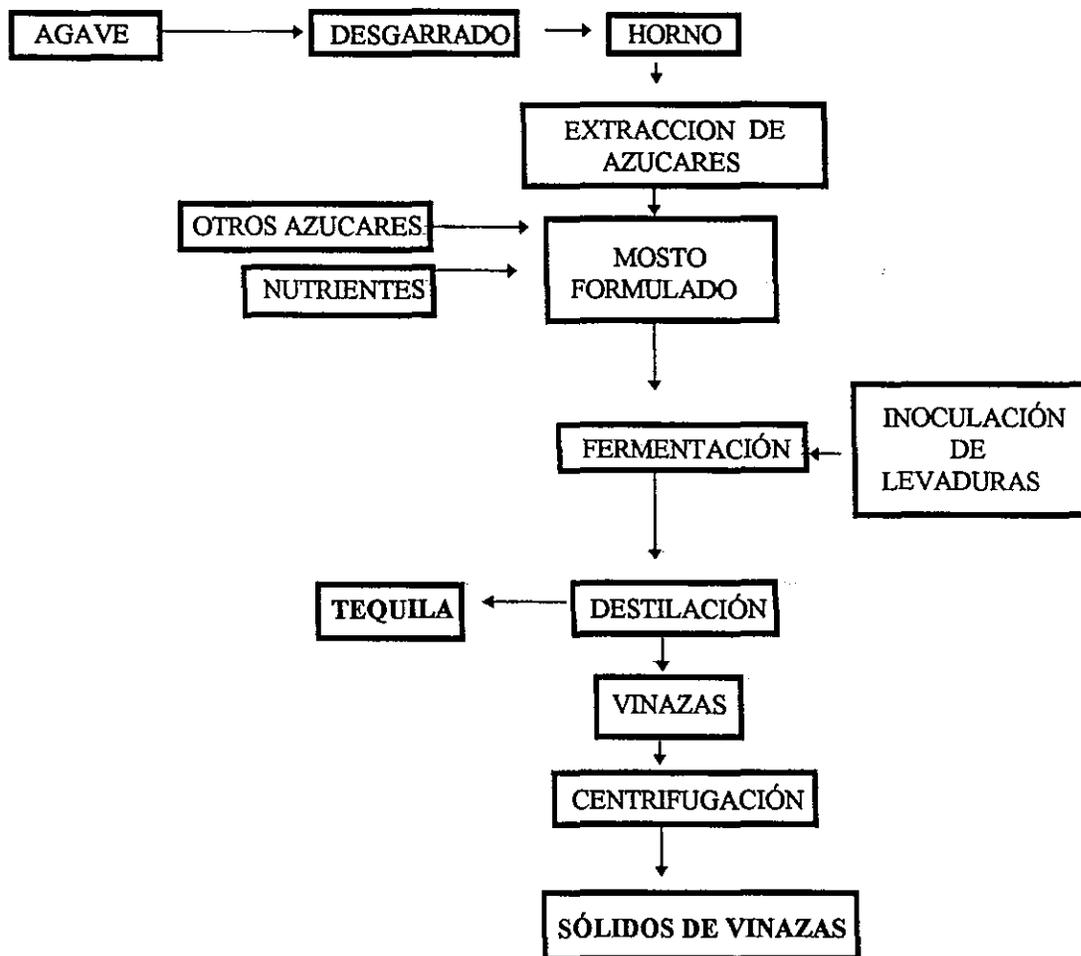


Figura 1. Diagrama de obtención de los sólidos de vinazas del agave tequilero (*tequilana weber*).

**Cuadro 1. Dieta base para cerdos en crecimiento<sup>b</sup> utilizada en la prueba de comportamiento**

<b>Ingredientes</b>	<b>Kg</b>	<b>%</b>
Sorgo	771.00	77.10
Soya	145.00	14.50
Aceite de Soya	10.00	1.00
Harina de pescado	40.00	4.00
Gluten de maíz	12.00	1.20
Ortofosfato	5.00	0.50
Carbonato de calcio	10.00	1.00
Lisina	1.20	0.12
Metionina	0.80	0.08
Mezcla vitamínica y micro minerales <sup>a</sup>	2.00	0.20
Sal	3.00	0.30

<sup>a</sup>5Vitamina A 1.500 U.I. , Vitamina D 3750 U.I., Vitamina E 12.5 U.I. , Riboflavina mg. , Niacina 60 mg. , Ac. Pantoténico 35 mg. , Vitamina B12 12.4 ug. , Colina 0.65g, Vitamina K 25 mg., Hierro 200 mg., Cobre 50 mg., Cobalto 33 mg., Iodo 5 mg., Manganeso 2 mg., Zinc 50 mg., Selenio 75 ug./kg.

<sup>b</sup> Cerdos de 30 - 70 kg. de peso.

**Cuadro 2. Composición del concentrado utilizado en las pruebas de comportamiento en cerdos en crecimiento<sup>a</sup>**

<b>Ingredientes</b>	<b>Kg.</b>	<b>%</b>
Soya	145.00	58.24
Aceite de Soya	10.00	4.02
Sorgo	20.00	8.03
Harina de pescado	40.00	16.06
Gluten de maíz	12.00	4.82
Ortofosfato	5.00	2.00
Carbonato de calcio	10.00	4.02
Lisina	1.20	0.49
Metionina	0.80	0.32
Mezcla vitamínica y micro minerales <sup>b</sup>	5.00	2.00

<sup>a</sup> Cerdos de 30 - 70 kg. de peso.

<sup>b</sup> 5 Vitaminas A 1.500 U.I. , Vitamina D 3750 U.I., Vitamina E 12.5 U.I. , Riboflavina mg. , Niacina 60 mg. , Ac. Pantoténico 35 mg. , Vitamina B12 12.4 ug. , Colina 0.65g, Vitamina K 25 mg., Hierro 200 mg., Cobre 50 mg., Cobalto 33 mg., Iodo 5 mg., Manganeso 2 mg., Zinc 50 mg., Selenio 75 ug./kg.

**Cuadro 3. Composición de las dietas utilizadas en la prueba de comportamiento en cerdos en etapa de crecimiento<sup>a</sup>**

Componente	Dietas <sup>e</sup>		
	0%	20%	40%
Sólidos de vinazas <sup>b</sup>	0	20.0	40.0
Sorgo	75.1	52.5	28.0
Concentrado <sup>c</sup>	24.9	27.5	32.0

<sup>a</sup> Cerdos de 30-70 kg. de peso

<sup>b</sup>Sólidos de vinazas en fresco

<sup>c</sup>Dieta base(cuadro 2)

<sup>e</sup> Como se ofreció los animales

**Cuadro 4. Composición química de las dietas utilizadas en la prueba de comportamiento en cerdos en etapa de crecimiento<sup>a</sup> con sólidos frescos recuperados de vinazas.**

Análisis proximal <sup>b</sup>	Dietas <sup>d</sup>		
	0%	20%	40%
Humedad	11.3	25.8	39.4
Materia seca	88.7	74.2	60.6
Proteína cruda	14.3	13.7	13.8
Fibra cruda	3.0	4.3	7.8
Grasa cruda	4.6	3.5	3.4
Cenizas	5.4	5.8	9.5
Extracto Libre de Nitrógeno	61.4	46.9	26.1
E.M. por cálculo (Kcal/100g) <sup>c</sup>	288.9	233.6	172.8

<sup>a</sup> Cerdos de 30 -70 kg.

<sup>b</sup> Realizados por los métodos de la AOAC. ( 1990)

<sup>c</sup> Shimada S. A. ( 1987)

<sup>d</sup> Como se ofrecieron a los animales

**CUCBA**



**BIBLIOTECA CENTRAL**

**Cuadro 5. Dieta base para cerdos en finalización<sup>b</sup> utilizada en la prueba de comportamiento.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Kg.</b>	<b>%</b>
Sorgo	835.00	83.50
Soya	100.00	10.00
Aceite de Soya	10.00	1.00
Harina de pescado	15.00	1.50
Gluten de maíz	15.00	1.50
Ortofosfato	6.60	0.66
Carbonato de calcio	11.60	1.16
Lisina	1.10	0.11
Metionina	0.70	0.07
Mezcla vitamínica y micro minerales <sup>a</sup>	2.00	0.20
Sal	3.00	0.30

<sup>a</sup>5Vitamina A 1.500 U.I. , Vitamina D 3750 U.I., Vitamina E 12.5 U.I. , Riboflavina mg. , Niacina 60 mg. , Ac. Pantoténico 35 mg. , Vitamina B12 12.4 ug. , Colina 0.65g, Vitamina K 25 mg., Hierro 200 mg., Cobre 50 mg., Cobalto 33 mg., Iodo 5 mg., Manganeso 2 mg., Zin 50 mg., Selenio 75 ug./kg.

<sup>b</sup> Cerdos de 70-105 kg. de peso.

**Cuadro 6. Composición del concentrado utilizado en las pruebas de comportamiento en cerdos en finalización<sup>a</sup>**

<b>Ingredientes</b>	<b>Kg.</b>	<b>%</b>
Soya	100.00	50.00
Aceite de Soya	10.00	5.00
Sorgo	35.00	17.50
Harina de pescado	15.00	7.50
Gluten de maíz	15.00	7.50
Ortofosfato	6.60	3.30
Carbonato de calcio	11.60	5.80
Lisina	1.10	0.55
Metionina	0.70	0.35
Mezcla vitamínica y micro minerales <sup>b</sup>	5.00	2.50

<sup>a</sup>Cerdos de 70-105 kg. de peso

<sup>b</sup>Vitamina A 1.500 U.I. , Vitamina D 3750 U.I., Vitamina E 12.5 U.I. , Riboflavina mg. , Niacina 60 mg. , Ac. Pantoténico 35 mg., Vitamina B12 12.4 ug. , Colina 0.65g, Vitamina K 25 mg., Hierro 200 mg., Cobre 50 mg., Cobalto 33 mg., Iodo 5 mg., Manganeso 2 mg., Zinc 50 mg., Selenio 75 ug./kg.

**Cuadro 7. Composición de las dietas utilizadas en la prueba de comportamiento en cerdos en etapa de finalización<sup>a</sup>**

Componente	Dietas <sup>°</sup>		
	0%	20 %	40%
Sólidos de vinazas <sup>b</sup>	0	20.0	40.0
Sorgo	80.0	62.5	45.5
Concentrado <sup>°</sup>	20.0	17.5	14.5

<sup>a</sup> Cerdos de 70-105 kg. de peso

<sup>b</sup>Sólidos de vinazas deshidratados al sol

<sup>°</sup> Dita base (cuadro 6)

<sup>°</sup> Como se ofreció a los animales

**Cuadro 8. Composición química de las dietas utilizadas en la prueba de comportamiento en cerdos en etapa de finalización<sup>a</sup> con sólidos deshidratados de vinazas**

Análisis proximal <sup>b</sup>	Dietas <sup>d</sup>		
	0%	20%	40%
Humedad	10.0	9.4	9.2
Materia seca	90.0	90.6	90.8
Proteína cruda	13.0	13.8	13.9
Fibra cruda	2.3	5.7	12.7
Grasa cruda	2.7	2.8	2.7
Cenizas	4.6	6.2	8.0
Extracto Libre de Nitrógeno	67.4	62.1	53.5
E.M. por cálculo (Kcal/100g) <sup>c</sup>	314.4	305.4	287.7

<sup>a</sup> Cerdos de 70-105 kg.

<sup>b</sup> Realizados por los métodos de la AOAC. (1990)

<sup>c</sup> Shimada S. A. (1987)

<sup>d</sup> Como se ofreció a los animales

**Cuadro 9. Composición de las dietas utilizadas en la prueba de digestibilidad en cerdos <sup>a</sup>**

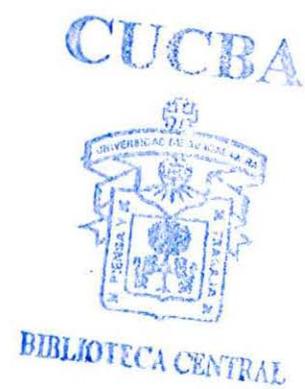
Componente	Dietas <sup>o</sup>		
	0%	20%	40%
Sólidos de vinazas <sup>b</sup>	0	20.0	40.0
Sorgo	70.0	52.5	35.0
Concentrado <sup>c</sup>	30.0	27.5	25.0

<sup>a</sup> Cerdos de 45 kg. de peso.

<sup>b</sup> Sólidos de vinazas deshidratados al sol

<sup>c</sup> Dieta base (cuadro 1)

<sup>o</sup> Como se ofreció a los animales



**Cuadro 10. Composición química de las dietas utilizadas en la prueba de digestibilidad en cerdos<sup>a</sup> con sólidos deshidratados de vinazas.**

Análisis proximal <sup>b</sup>	Dietas		
	0%	20%	40%
Proteína cruda	19.52	19.82	19.04
Fibra cruda	4.74	10.29	16.98
Grasa cruda	4.13	4.21	3.56
Cenizas	5.76	7.59	8.74
Extracto Libre de Nitrógeno	65.85	58.09	51.68
E.M. por cálculo (Kcal/100g) <sup>c</sup>	319.87	307.80	292.52

<sup>a</sup> Cerdos de 45 kg. de peso

<sup>b</sup> Realizados por los métodos de la AOAC. ( 1990)

<sup>c</sup> Shimada S. A. ( 1987)

## RESULTADOS

La utilización de alimentos no convencionales en la alimentación de cerdos tiene cada vez mayor importancia, ya que permite contribuir a la solución de la problemática de la alimentación de los animales domésticos.

Un subproducto que se produce regionalmente y en grandes cantidades son los sólidos de vinazas de agave tequilero variedad azul *tequilana Weber*, en el presente estudio se utilizó en la alimentación de cerdos presentando los siguientes resultados:

El análisis químico de sólidos de vinazas del agave tequilero se presenta en el cuadro 11, en base húmeda los resultados presentaron 82.25% de humedad, 17.75% de materia seca, 2.65% de proteína cruda; en base seca se obtuvo 14.79% de proteína cruda y en los sólidos deshidratados al sol la humedad fue de 5.6%, materia seca de 94.4 y la proteína cruda fue de 12.1%. A las muestras en base seca se les determinó proteína verdadera y energía bruta, la proteína fue de 14.27% y la energía de 3.799 Kcal/g

Experimento No. 1 en cerdos en etapa de crecimiento en la que se suministraron dietas con inclusiones de sólidos de vinazas en fresco al 0, 20 y 40% se obtuvieron los siguientes resultados :

La ganancia de peso diaria de los grupos 0, 20 y 40% fue de 748g , 684g y 623 g de respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre las dietas (cuadro 12).

El consumo de alimento para los cerdos alimentados con las dietas 0, 20 y 40% fue de 2.169, 2.401 y 2.686 kg por día, las dietas 0 y 20% no presentaron diferencias estadísticas significativas, ni entre las dietas 20 y 40%, existiendo una diferencia significativa entre la dieta 0 y 40% ( $p < 0.05$ ), (cuadro 12).

La conversión alimenticia fue de 2.94, 3.55 y 4.39 para las dietas 0%, 20% y 40% respectivamente, las dietas 0 y 20% no presentaron diferencias estadísticas significativas, ni entre las dietas 20 y 40%, existiendo una diferencia significativa entre la dieta 0 y 40% ( $p < 0.05$ )(cuadro 12).

La eficiencia alimenticia en las dietas 0, 20 y 40 fue de 0.338, 0.284 y 0.229 g. respectivamente su comportamiento fue similar al obtenido en el consumo de alimento y la conversión alimenticia ( $p < 0.05$ ), (cuadro 12).

Experimento No. 2 en cerdos en etapa de finalización en la que se evaluaron las dietas con inclusiones de sólidos de vinazas deshidratados al sol al 0, 20 y 40% se obtuvieron los siguientes resultados :

La ganancia de peso diaria los resultados obtenidos fueron para los grupos de cerdos alimentados con las dietas 0, 20 y 40% de 813, 790 y 661g respectivamente, existiendo una

diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre la dieta 40% con las dietas 0 y 20% y no así entre la 0 y 20% (cuadro 13). En la ecuación de regresión se obtuvo  $Y = 830.666 - 3.8X$  y  $r^2 = 0.86$ ; en el consumo de alimento no hubo diferencia significativa como se muestra en el cuadro 13, gráfica 1.

La conversión alimenticia fue de 4.055, 4.403 y 4.912 en las dietas 0, 20% y 40%, respectivamente presentando diferencia significativa entre las dietas 40 y 0% ( $p < 0.05$ ) y no hubo diferencia significativa entre las dietas 0 y 20%, en la ecuación de regresión se obtuvo el siguiente resultado  $Y = 4.028 + 0.214 X$  y  $r^2 = 0.988$  (cuadro 13, gráfica 3).

La eficiencia alimenticia fue de 0.259 g 0.231 g y 0.206 g en las dietas 0, 20 y 40%, respectivamente obteniendo diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre las dietas 40 y 0% y no así entre la dieta 0% con la dieta 20%, en la ecuación de regresión se obtuvo el siguiente resultado  $Y = 258.5 - 1.325X$  y  $r^2 = 0.998$  (cuadro 13, gráfica 4).

En las prueba de digestibilidad aparente se obtuvieron los siguientes resultados: digestibilidad de la materia seca para las dietas 0, 20 y 40%, con inclusiones de sólidos de vinazas deshidratados fue del 86.48, 78.25 y 70.67% respectivamente, encontrándose diferencias estadísticas significativas entre las tres dietas ( $p > 0.05$ ), en la ecuación de regresión se obtuvo  $Y = 86.37 + 0.395X$  y  $r^2 = 0.999$  (Cuadro 14, gráfica 5).

La digestibilidad de la materia orgánica en las dietas 0, 20 Y 40% fue de 88.65, 81.46 y 74.54%, existiendo diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos ( $p < 0.05$ ) en la ecuación de regresión el resultado fue  $Y = 88.605 - 0.3527X$  y  $r^2 = 0.999$ , (cuadro 14, gráfica 6).

La digestibilidad del nitrógeno para las dietas 0, 20 y 40% se obtuvo el 80.81%, 68.78% y 58.73% respectivamente, encontrando diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos, en la ecuación de regresión se obtuvo  $Y = 80.48 - 0.552X$  y  $r^2 = 0.999$  (cuadro 14, gráfica 7).

La fibra cruda en las dietas 0, 20 y 40% fue de 72.78, 65.60 y 71.39%, existiendo diferencia estadística significativa entre las dietas 0 y 20% ( $p < 0.05$ ), la dieta 40% no presenta diferencia significativa con relación a las dietas 0 y 20%. En la ecuación de regresión se obtuvo  $Y = 70.61 - 0.03475X$  y  $r^2 = 0.033$  (cuadro 14, gráfica 8).

En el balance del nitrógeno los resultados obtenidos fueron 140.7g, 125.5g, y 99.24g en las dietas 0, 20 y 40 % respectivamente como nitrógeno retenido que equivale a 56, 49 y 44% del nitrógeno consumido existiendo diferencia significativa en los tres tratamientos ( $p < 0.05$ ) (cuadro 15).

**Cuadro 11 . Composición química de sólidos de vinazas de agave tequilero (variedad azul tequilana Weber)**

Evaluación <sup>a</sup>	Base Húmeda %	Base <sup>b</sup> Seca %	Deshidratadas al sol %
Humedad	82.25		5.60
Materia seca	17.75		94.40
Proteína cruda	2.65	14.79	12.10
Fibra cruda	4.68	26.40	26.30
Grasa cruda	0.48	2.74	1.30
Cenizas	2.06	11.64	11.00
Extracto Libre de Nitrógeno	7.88	44.43	43.70
E.M. por calculo (Kcl/100g) <sup>c</sup>	47.24	316.93	271.62
Proteína verdadera <sup>d</sup>		14.27	

<sup>a</sup>Cada valor representa la media del análisis químico realizado por triplicado

<sup>b</sup>Energía Bruta = 3799.62875 Cal./gr.

<sup>c</sup> Shimada S.A., 1987

<sup>d</sup> Cassava, 1987

**Cuadro 12. Resultados de la prueba de comportamiento en cerdos en crecimiento alimentados con sólidos frescos de vinazas de agave tequilero**

Evaluación <sup>1</sup>	Dietas <sup>°</sup>			EEM <sup>2</sup>
	0%	20%	40%	
Peso inicial (Kg.)	30.26	30.48	30.65	0.478
Peso final (Kg.)	70.84	67.89	63.79	3.149
Ganancia de peso (g/d)	748	684	623	0.043
Consumo de alimento (kg/d)	2.169 <sup>a</sup>	2.401 <sup>a</sup>	2.686 <sup>b</sup>	0.092
Conversión alimenticia	2.94 <sup>a</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	4.39 <sup>b</sup>	0.274
Eficiencia alimenticia	0.338 <sup>a</sup>	0.284 <sup>ab</sup>	0.229 <sup>b</sup>	0.019

Período de prueba 56 días

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en línea indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup> Cada valor representa la media de 12 cerdos

<sup>2</sup> Error estandar de las medias

<sup>°</sup> Como se ofreció a los animales

**Cuadro 13. Resultados del estudio de comportamiento en cerdos en finalización alimentados con sólidos deshidratados de vinazas de agave tequilero**

Evaluación <sup>1</sup>	Dietas <sup>c</sup>			EEM <sup>2</sup>
	0%	20%	40%	
Peso inicial (kg)	71.70	73.32	74.87	1.493
Peso final (kg)	105.91	106.97	102.64	2.590
Ganancia de peso (g/día)	813 <sup>a</sup>	790 <sup>a</sup>	661 <sup>b</sup>	0.039
Consumo de alimento (kg/día)	3.146	3.409	3.218	0.230
Conversión alimenticia	4.055 <sup>a</sup>	4.403 <sup>a</sup>	4.912 <sup>b</sup>	0.256
Eficiencia alimenticia	0.259 <sup>a</sup>	0.231 <sup>a</sup>	0.206 <sup>b</sup>	0.012

Período de prueba 42 días

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en línea existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup> Cada valor representa la media de 12 cerdos

<sup>2</sup> Error estandar de las medias

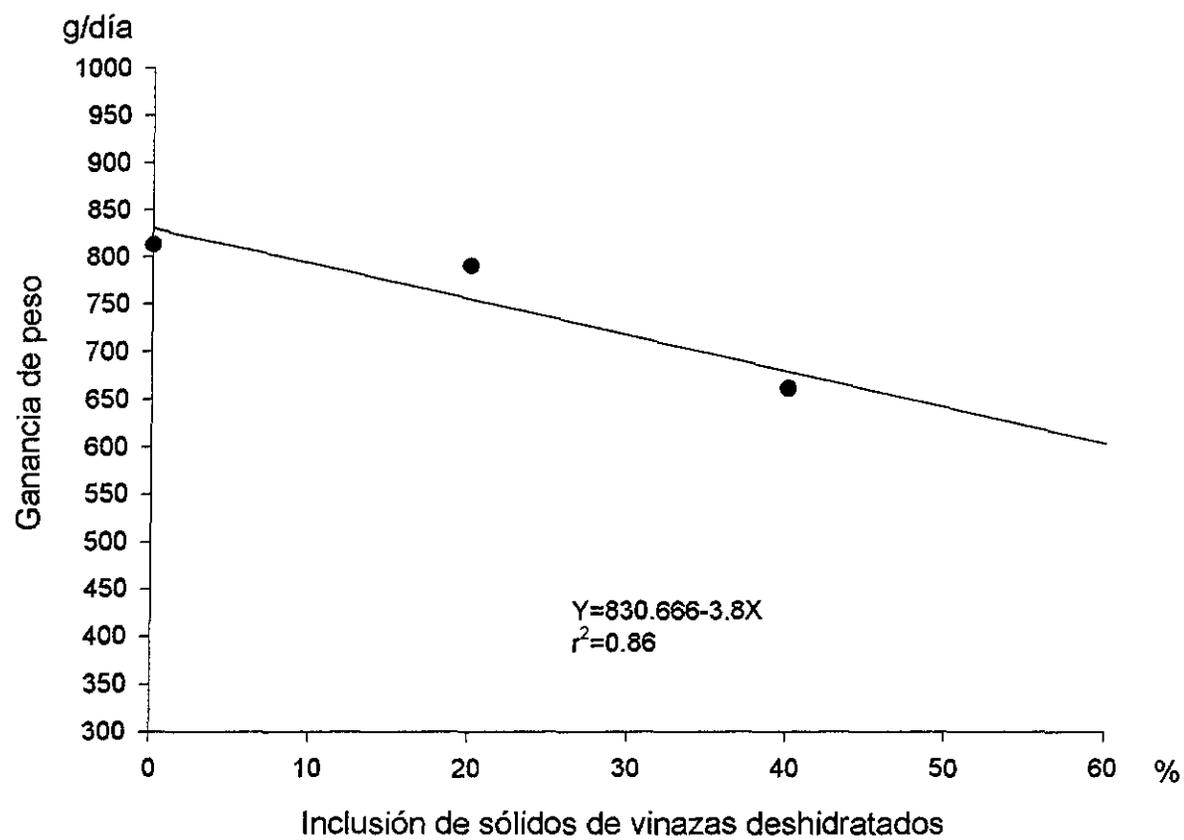
<sup>c</sup> Como se ofreció a los animales

**CUCBA**

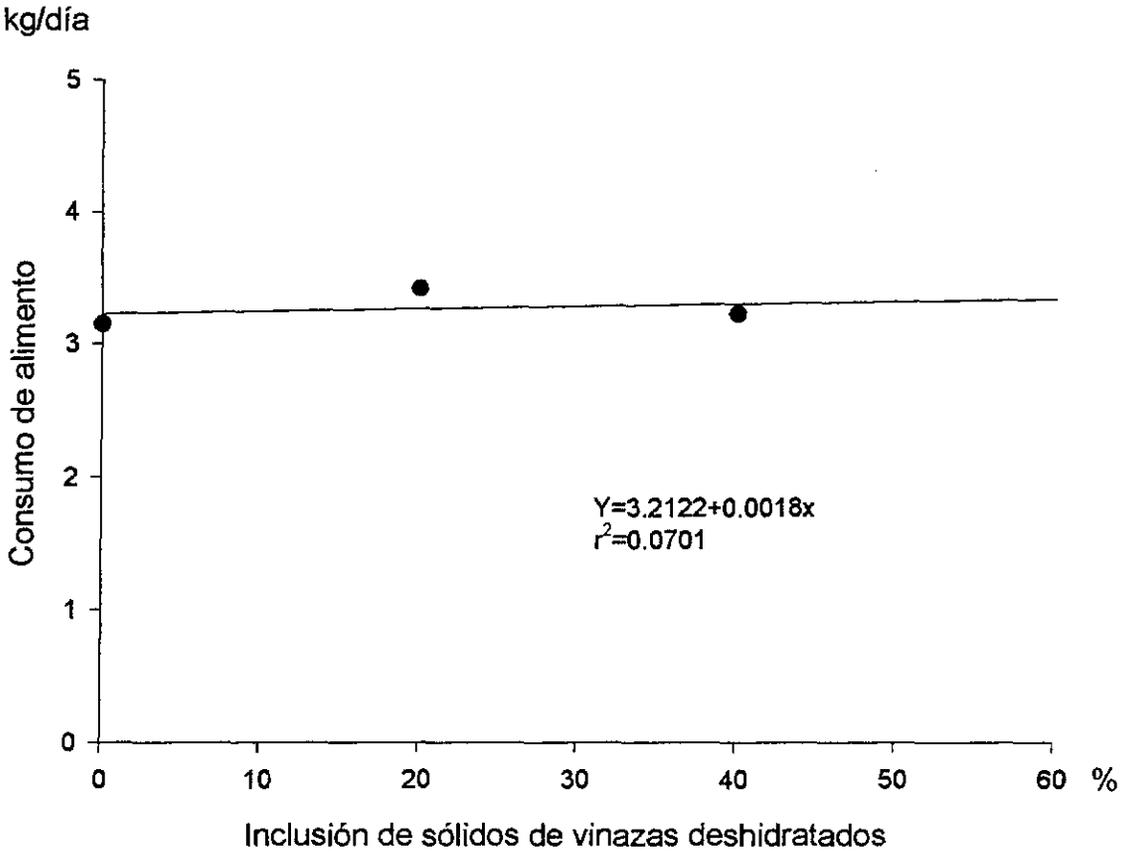


**BIBLIOTECA CENTRAL**

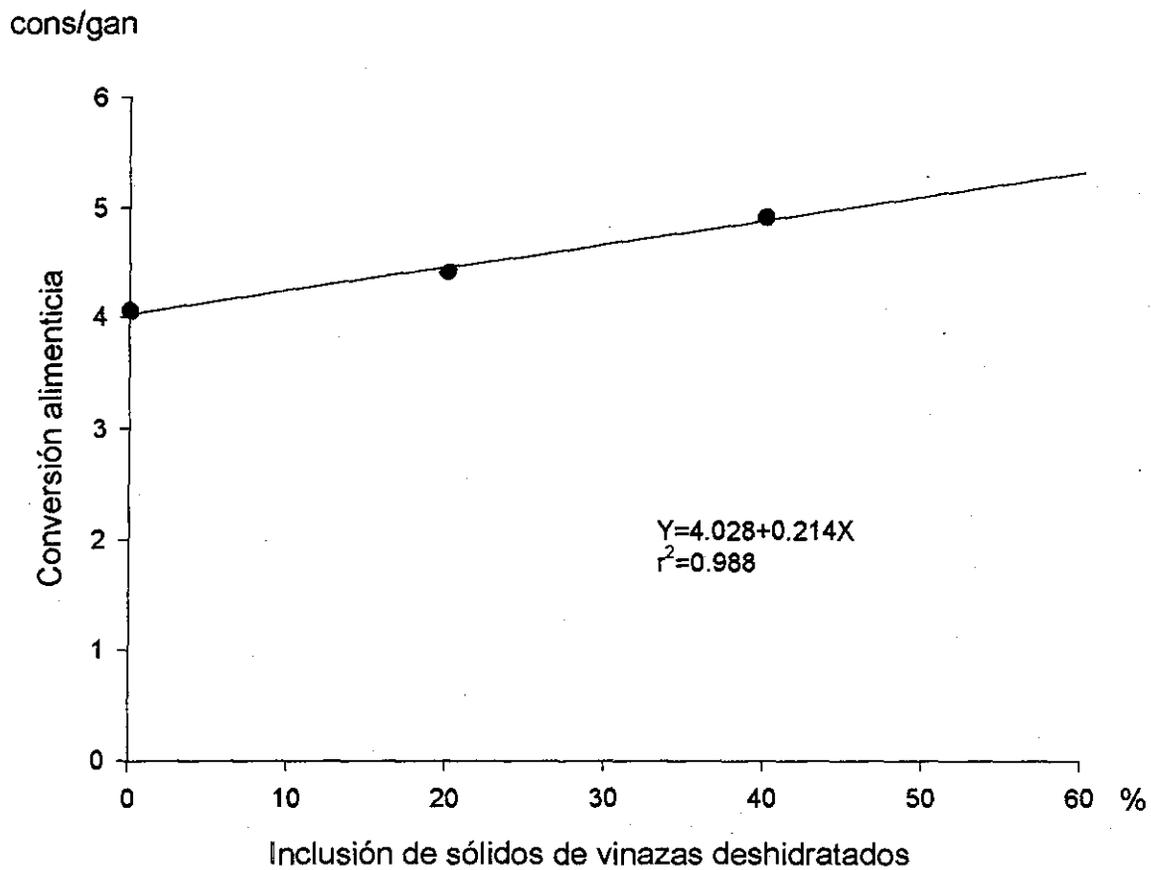
Gráfica 1. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la ganancia de peso en cerdos en etapa de finalización.



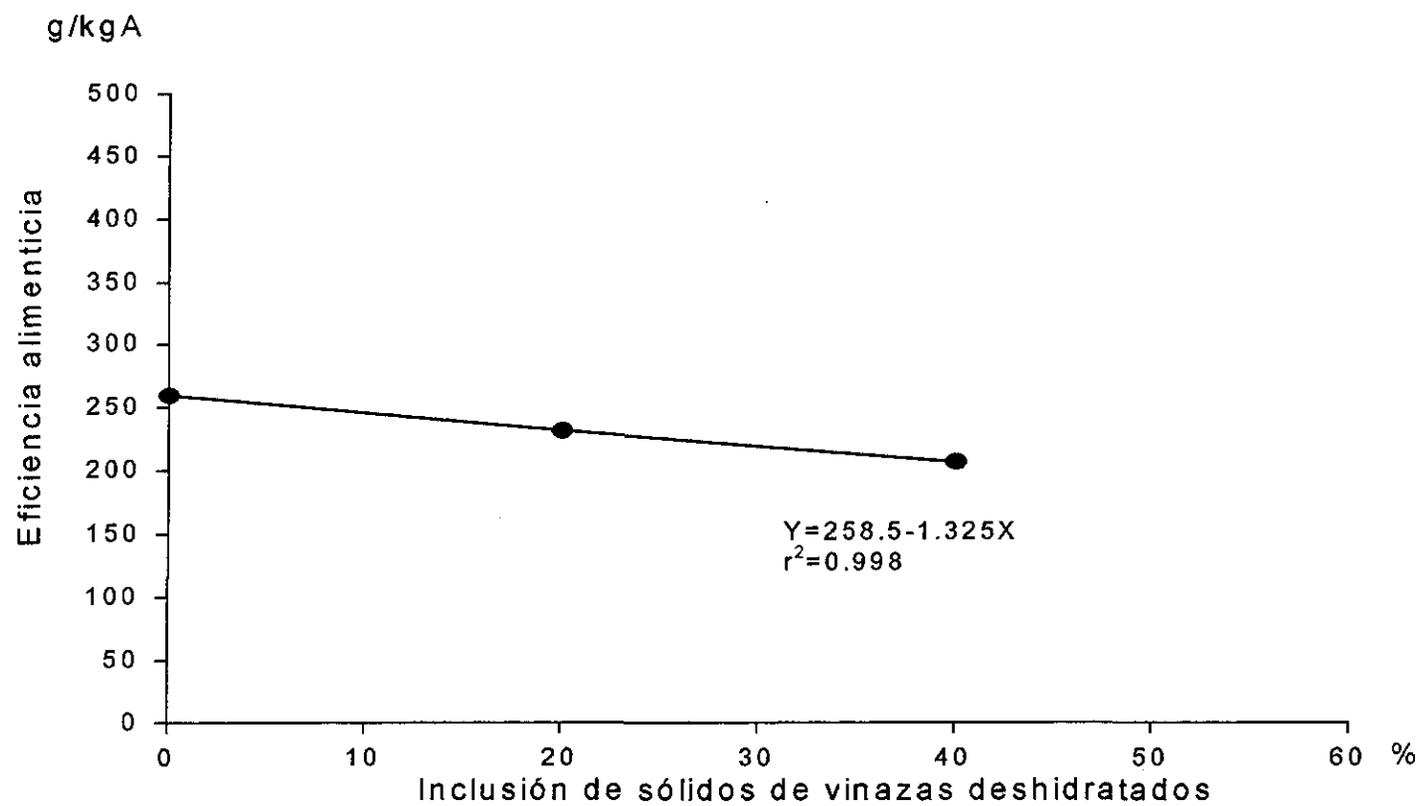
Gráfica 2. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación del consumo de alimento en cerdos en etapa de finalización.



Gráfica 3. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la conversión alimenticia en cerdos en finalización.



Gráfica 4. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la eficiencia alimenticia en cerdos en etapa de finalización



**Cuadro 14. Digestibilidad aparente de alimentos con inclusión de sólidos de vinazas de agave tequilero en cerdos**

Evaluación	Dieta			EEM <sup>2</sup>
	0%	20%	40%	
Digestibilidad <sup>1</sup> %				
Materia seca	86.48 <sup>a</sup>	78.25 <sup>b</sup>	70.67 <sup>c</sup>	1.114
Materia orgánica	88.65 <sup>a</sup>	81.46 <sup>b</sup>	74.54 <sup>c</sup>	.9841
Nitrógeno	80.81 <sup>a</sup>	68.78 <sup>b</sup>	58.73 <sup>c</sup>	2.1210
Fibra cruda	72.78 <sup>a</sup>	65.60 <sup>b</sup>	71.39 <sup>ab</sup>	2.3956

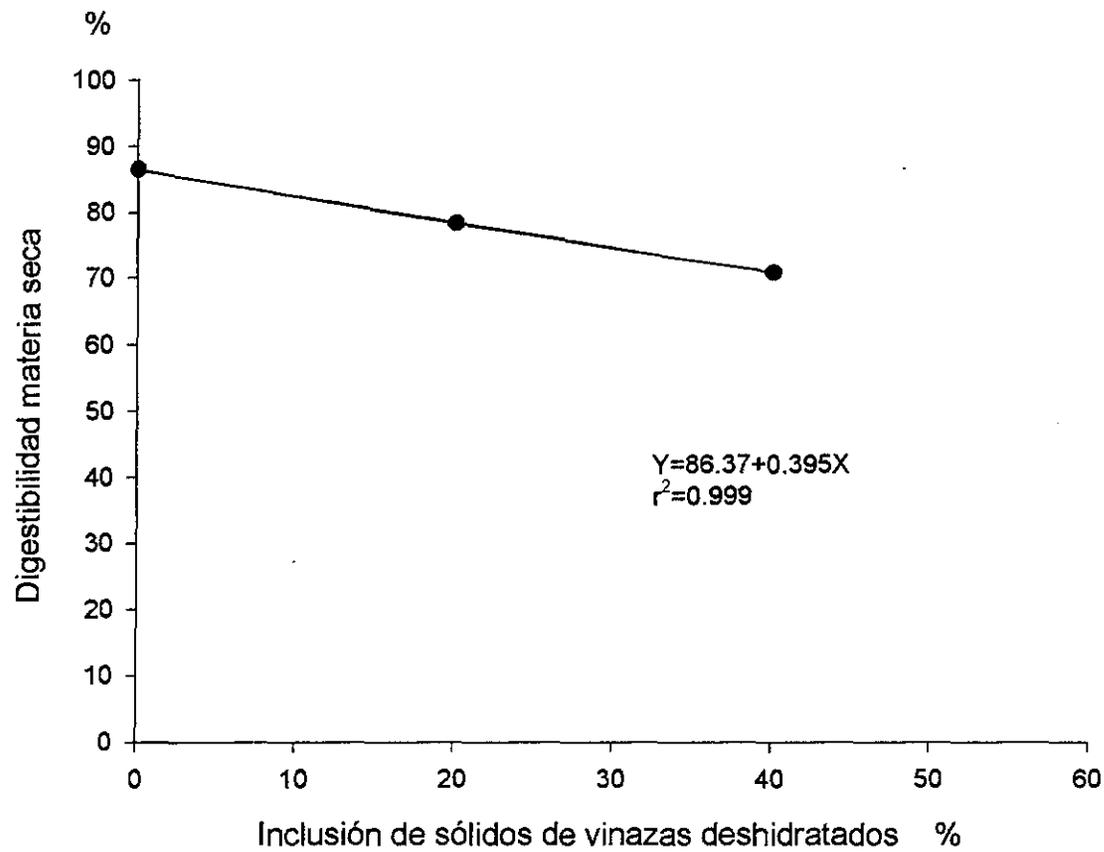
Período de recolección cinco días

<sup>a,b,c</sup> Literales diferentes en línea indican diferencia significativa (  $P < 0.05$  )

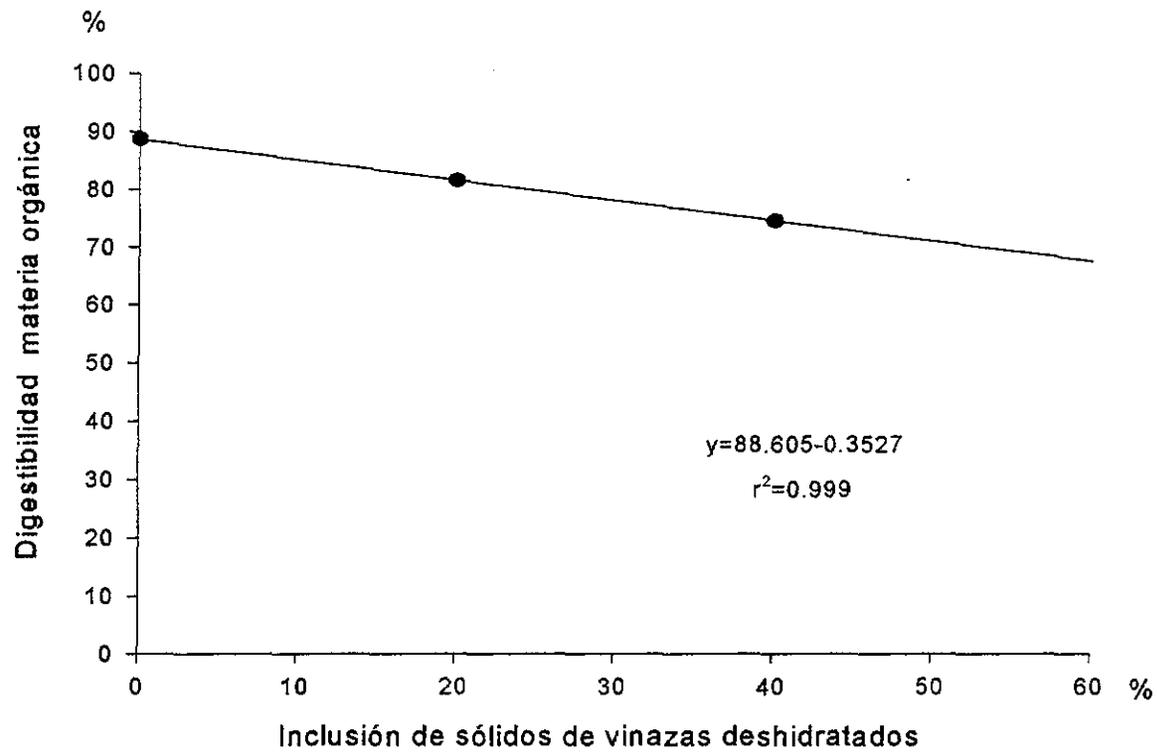
<sup>1</sup> Cada valor representa la media de 4 animales

<sup>2</sup> Error Estandar de las Medias

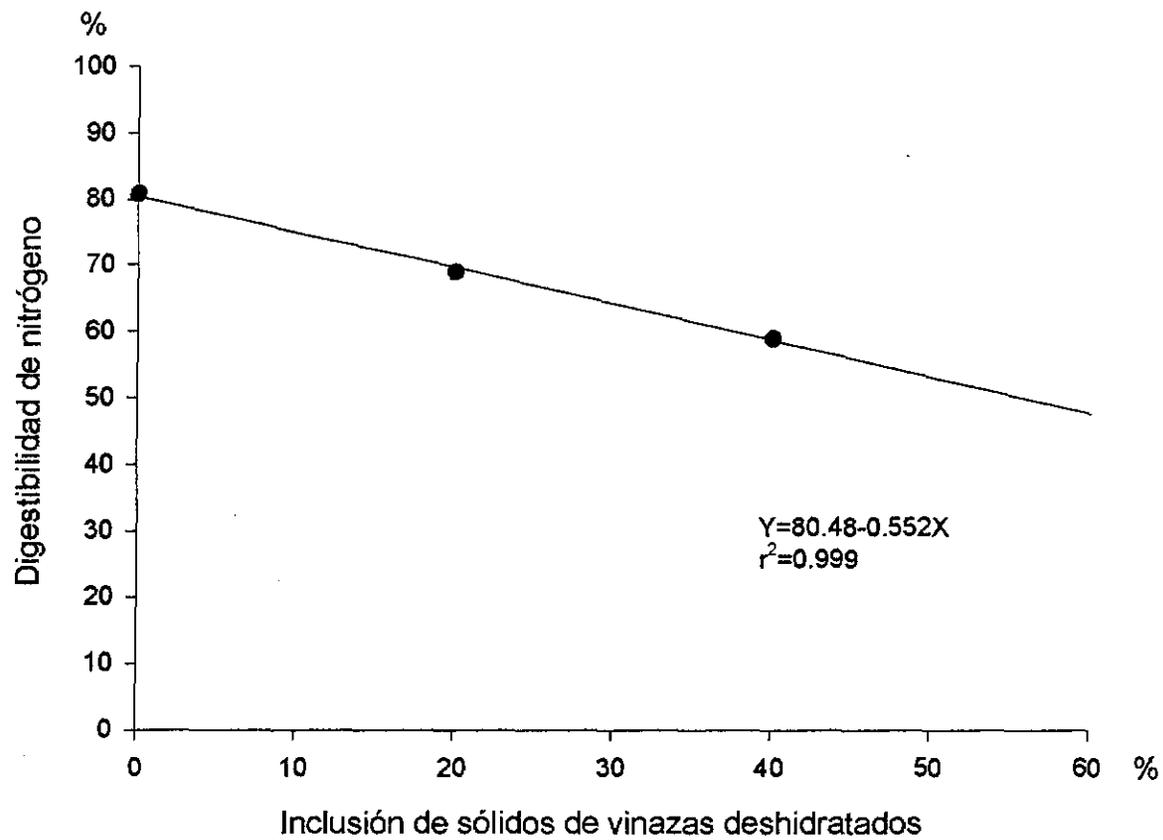
Gráfica 5. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la digestibilidad aparente de la materia seca en cerdos.



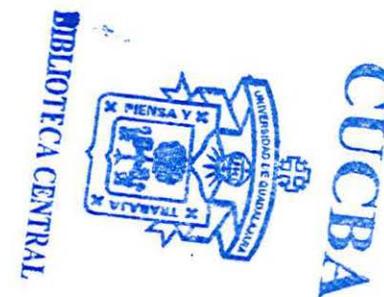
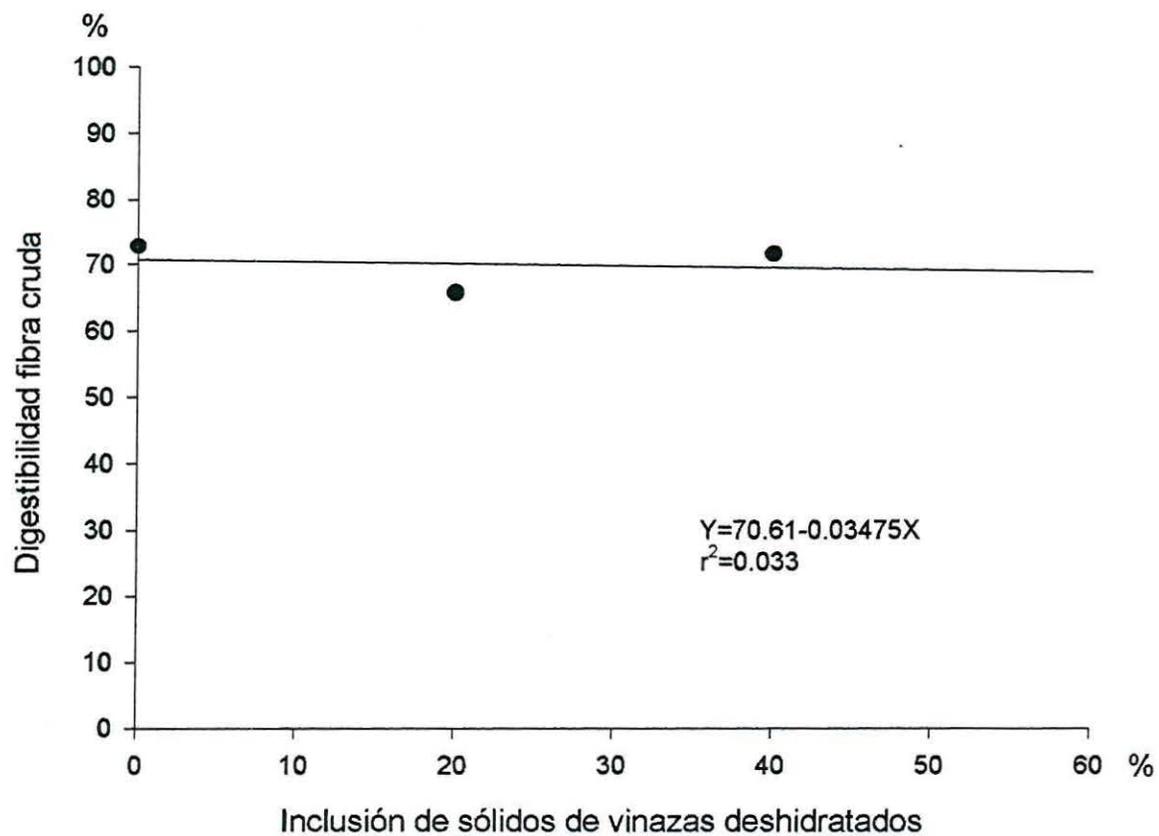
Gráfica 6. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la digestibilidad aparente de la materia orgánica



Gráfica 7. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la digestibilidad aparente del nitrógeno en cerdos.



Gráfica 8. Ecuación de predicción y coeficiente de correlación de la digestibilidad aparente de la fibra cruda en cerdos.



**Cuadro No. 15. Balance de nitrógeno en cerdos en etapa de crecimiento<sup>1</sup> alimentados con dietas con inclusión sólidos de vinazas deshidratados**

Dieta con Inclusión <sup>2</sup> sólidos de vinazas %	Consumo materia seca Kg.	Nitrógeno total/alim. g	Producción Heces Kg.	Nitrógeno total/heces g	Producción orina l.	Nitrógeno total/orina g	Retención de nitrógeno %
0	8.060	251.4 <sup>b</sup>	1.089 <sup>a</sup>	47.97 <sup>a</sup>	5.015 <sup>c</sup>	62.72 <sup>c</sup>	56.00 <sup>c</sup>
20	8.060	255.5 <sup>b</sup>	1.753 <sup>b</sup>	79.70 <sup>b</sup>	3.530 <sup>b</sup>	50.30 <sup>b</sup>	49.00 <sup>b</sup>
40	7.435	226.0 <sup>a</sup>	2.280 <sup>c</sup>	95.64 <sup>c</sup>	2.515 <sup>a</sup>	31.12 <sup>a</sup>	44.00 <sup>a</sup>
EEM <sup>3</sup>	1.875	3.8	0.11	2.70	0.23	3.1	1.35

<sup>1</sup>Cerdos de 45 kg de p.v.

<sup>2</sup>Los valores representan la media de 4 cerdos.

<sup>3</sup>Error Estándar de las Medias.

<sup>4</sup>Literales distintas en la misma columna indican diferencia estadística (  $p < 0.05$  ).

## DISCUSION

La existencia en el país de diferentes sistemas de producción de cerdos determinan la presencia de distintos enfoques y tecnologías en su alimentación. Los sistemas de producción intensivos con animales de alta calidad genética reciben dietas típicas basadas en granos de cereales, pastas de oleaginosas y diversos productos agroindustriales y en otros su alimentación se basa en la utilización de una gran diversidad de recursos muchos de ellos con una importancia local o regional, comúnmente desconocidos en cuanto a su valor nutritivo y sus formas de utilización como alimento.

Los resultados obtenidos en los sólidos de vinazas en base seca fueron: proteína cruda 14.79%, fibra cruda 26.40%, grasa cruda 2.74%, cenizas 11.64%, extracto libre de nitrógeno 44.43% ; son semejantes a los reportados en estudios realizados en sólidos fermentados obtenidos del mosto del agave tequilero por Iñiguez y Col. (*op. cit.*) donde reportan la proteína cruda en base seca 13.2%, fibra cruda 23.5%, grasa cruda 1.7, cenizas 16.2, y extracto libre de nitrógeno 45.4% .

El contenido de proteína cruda en los sólidos de vinazas del agave tequilero y los sólidos fermentados del mosto es similar a los que presentan subproductos de origen animal como la cerdaza con 15.87% y la bovinaza con 11.14% (Cobos, 1988) como en las vinazas de la industria azucarera con 15.48% de proteína cruda. (Magaña, *op. cit.*). Los sólidos al deshidratarse al sol tuvieron una pérdida de proteína de 15% que resulta inferior a la pérdida de proteína de las cerdazas deshidratadas al sol que es de un 40% (Salazar, 1994) .

En la prueba de comportamiento en etapa de crecimiento con inclusiones de sólidos de vinazas en estado fresco no hubo rechazo del producto y en las dietas con mayor inclusión se aumento el consumo. En la ganancia de peso no se encontró diferencia estadística significativa, pero sí numérica y ésto se puede atribuir a que el contenido de proteína cruda no se vio afectado dado que se ajustó con mayor cantidad de concentrado en relación a la dieta testigo, pero sí en la cantidad de energía, por lo que los animales tuvieron que aumentar su consumo de alimento para equilibrar las deficiencias nutricionales, afectando directamente la conversión y la eficiencia alimenticia. (Cuarón, 1993) , (Iñiguez,*op.cit.*) ; uno de los inconvenientes que presentó este subproducto fue que los microorganismos que posee actúan directamente sobre los otros componentes de la dieta ocasionando fermentaciones y su utilización en la alimentación debe de ser inmediata porque su contenido de humedad es un medio propicio para la proliferación de hongos.

La conversión alimenticia fue mayor en inclusiones del 40%, y el efecto se atribuye a la cantidad de humedad que contienen los sólidos, que al ser incorporados a la dieta diluye los demás componentes disminuyendo la cantidad de energía, razón por la cual los animales de la dieta 40% consumieron más cantidad de alimento.

En pruebas de comportamiento realizadas en ovinos con sólidos de mosto del agave tequilero se reportan resultados semejantes, existiendo una mayor conversión en las dietas con mayor inclusión de sólidos en fresco (Iñiguez, *op. cit.*). Esto se refleja en la eficiencia

alimenticia donde los animales de la dieta 40% presentaron la eficiencia más baja.

En el experimento 2, prueba de comportamiento en cerdos en etapa de finalización, la utilización de este subproducto deshidratado en dietas con inclusión del 40% reflejó una ganancia diaria de peso de 661g, estos resultados concuerdan con los obtenidos en pruebas en etapa de finalización con la utilización de otros subproductos como la melaza en inclusión del 15%, donde se obtuvo ganancias diarias de 640g (Espinoza, A. y Col., 1997), en la cerdaza fermentada en inclusiones del 30% se reportan ganancias diarias de 620 gr. (Zaldivar, 1995), en sólidos sedimentados del agave *variedad azul* tequilana Weber con sustitución de la proteína del 30% se obtuvieron ganancias de 615g (Sierra, 1996). Resultados en pruebas de comportamiento en borregos con inclusión de sólidos de vinazas de agave tequilero (deshidratados) son semejantes con los obtenidos en el presente estudio, donde la menor ganancia de peso se obtuvo en la dieta con mayor inclusión (Vázquez, 1997).

En cuanto a la conversión y eficiencia alimenticia del experimento en que se utilizó sólidos deshidratados los resultados obtenidos en los cerdos alimentados con la dieta 40% mostraron los valores más bajos y esto se pueden atribuir a la reducción de concentrado y sorgo; resultados similares se reportan en pruebas realizadas con la utilización del mismo subproducto en ovinos y pollos de engorda (Vázquez y De Luna, 1997).

En la prueba de digestibilidad los parámetros evaluados: materia seca, materia orgánica, y nitrógeno se demostró que a mayor inclusión de sólidos de vinazas afecta negativamente la digestibilidad, que se puede relacionar con el aumento en la velocidad del paso de los nutrientes ya que los niveles de fibra y cenizas fueron altos y éstos pueden tener un efecto de arrastre sobre los demás nutrimentos. En el balance de nitrógeno se reflejó un comportamiento muy semejante, ya que a mayor inclusión de sólidos de vinaza el porcentaje de retención fue menor. En los cerdos alimentados con la dieta 40%, el paso del alimento fue más rápido de acuerdo al marcador utilizado al inicio de la prueba para la recolección, las heces marcadas aparecieron en un período 16, Hrs. en promedio en tanto que en la dieta del 0% su período de aparición fue de 36 Hrs. aproximadamente; resultados similares se reportan en estudios con inclusiones de estiércol fermentado en alimentación de cerdos en crecimiento y finalización (Salazar, Cuarón, 1993).

La digestibilidad de la fibra cruda en las dietas 0 y 40% no presentaron diferencia estadística significativa, puede ser que los cerdos al consumir en mayor volumen este subproducto su organismo se especializó en la degradación de este compuesto.

En el balance de nitrógeno presentó un efecto negativo, en la medida que se incrementó la inclusión de sólidos de vinazas el porcentaje de retención disminuyó, esto se puede atribuir a la velocidad de paso del alimento por la cantidad de fibra y minerales contenidos en las dietas.

En este estudio se detectó que los sólidos de vinazas de agave tequilero presentan resultados parecidos a otros subproductos como la pollinaza, bovinaza, cerdaza, etc. al ser

integrados en las dietas, en los cuales se comprueba que a mayor inclusión disminuyen tanto la digestibilidad, como la ganancia de peso, y se incrementa la conversión alimenticia, por lo que se recomienda que su inclusión bajo este criterio sea en porcentajes del 30% o inferiores ; (Espinoza; Saldivar *op.cit.*)

Al igual que otros subproductos con contenidos altos en humedad, el principal problema es el secado, ya que si no se realiza adecuadamente corre el riesgo de proliferación de hongos, pudiendo ocasionar trastornos digestivos. Para evitar este problema se tendrá que implementar equipo adecuado que facilite este proceso y garantizar su calidad. (Cuarón *op.cit.*), una de las ventajas de este subproducto es que se obtiene como desecho de la industria tequilera, actualmente esta industria produce 156'543,364 litros de tequila en el último año, generando por cada litro un promedio de 100 gr. de sólidos de vinazas en base seca; con esta producción se garantiza su presencia en el mercado.

Aunque los resultados obtenidos con la mayor inclusión de sólidos de vinazas presentaron los valores productivos más bajos se considera factible su utilización, ya que en las condiciones actuales el uso de alimentos alternativos y el empleo de tecnologías que aportan soluciones concretas al grave problema de la contaminación ambiental y el deterioro de los recursos naturales toman una gran importancia frente a la creciente preocupación a nivel mundial por la aplicación de los criterios de sustentabilidad en la producción agropecuaria y a la creciente demanda de alimentos de origen animal para satisfacer una población en constante crecimiento.

El presente estudio se puede considerar la base para estudios posteriores, debido a que las dietas fueron balanceadas por cálculo utilizando el método de sustitución y evaluadas por el análisis químico proximal (A.Q.P.), por lo que se recomienda para trabajos subsecuentes se pueda profundizar en su caracterización con estudios de aminograma, taninos, minerales etc.

## CONCLUSIONES

- La inclusión de sólidos de vinazas en estado fresco y deshidratados al sol como alimento para cerdos en crecimiento y finalización, no presentó rechazo del producto.
- La utilización de sólidos de vinazas en estado fresco no se recomiendan para la alimentación en cerdos dado al exceso de humedad y el bajo contenido nutricional.
- En la prueba en que se utilizó los sólidos deshidratados al sol la dieta con inclusión del 40% presentó parámetros productivos más bajos.
- Bajo el criterio de formulación de dietas isoprotéicas (proteína cruda), se puede recomendar la utilización de este subproducto, en inclusión del 20% ya que tuvo valores muy similares a la dieta testigo.
- Los sólidos de vinazas en inclusiones ascendentes en dietas para cerdos afectaron negativamente la digestibilidad de la materia seca y de los demás componentes probablemente por un efecto de arrastre al incrementarse la velocidad de paso (a mayor inclusión de vinazas, mayor velocidad de paso del alimento).

## RECOMENDACIONES

- Realización de futuros trabajos para caracterizar más ampliamente los componentes de los sólidos de vinazas del agave tequilero y los posibles factores antinutricionales.
- Desarrollar pruebas de comportamiento en que se utilice este subproducto como un ingrediente más de la dieta, y ya caracterizado utilizarlo en un sistema de formulación adecuado.
- Evaluar el uso de este subproducto en cerdos reproductores.
- Realizar pruebas de rendimiento en canal y efectos toxicológicos de la inclusión de este subproducto en dietas para cerdos.

**BIBLIOGRAFIA**

1. AOAC. 1990, Official methods of analysis 15th edn. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
2. Bateman, J.V. 1970. Nutrición animal: manual de métodos analíticos. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.), Herrero Hnos., Sucs. S.A. México/Buenos Aires, pp.444-447
3. Bifani, P. 1997. Medio ambiente y desarrollo. Ed. Universidad de Guadalajara. 3a. Edición, México. pp. 350-372
4. Boushy, A.R. 1994. Procesamiento y utilización de desechos en la alimentación animal y control ambiental. Traducido del inglés por el Dr. Gilberto Iñiguez C., trabajo presentado en el Primer Seminario Internacional Sobre Industria Avícola. Guadalajara, Jal. México, pp. 11-17.
5. Casas, C. 1990. Alternativas biotecnológicas para la utilización de desechos agropecuarios. Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento del Estiércol de Cerdo. pp. 11-12.
6. Cassava, 1987. A process for protein enrichment by solid substrate fermentation in rural conditions. *Biotechnology and Bioengineering*. Vol. XXIX, pp 962-968.
7. Castellanos, R.A. y col. 1990. Manual de técnicas de investigación en ruminología, Sistema de educación continua en producción animal en México. p 13.
8. Cedeño, C.M. 1995. Tequila Production. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15(I) pp. 1-11.
9. Celma, A.R. 1993. Situación internacional de la oferta y la demanda de granos. *Desarrollo Porcícola*. México (16) pp. 11-14.
10. Cobos, P.M., y Col. 1985. Composición nutritiva de excretas animales. Segundo congreso anual de investigación, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México, pp. 101-111.
11. Cuarón, I.J. 1993. Alternativas para la alimentación de los cerdos. *Desarrollo Porcícola*, (10) pp. 5-11.
12. Dagloria, N.A. 1975. Utilización agrícola de las vinazas. *Reporte de Brasil Azucareiro*. (3) pp. 1-8

13. Day, D.L. y Harmon, B.G. 1975, Properties Related to animal wastes utilization in: standardizing. Properties and analytical methods related to animal; Waste Research, Soc. Arg. Eng. St. Joseph M. I. U.S.A., p. 48.
14. Derache, R. 1986. Alcohol, ingestión, metabolismo y toxicidad. Toxicología y seguridad de los alimentos. Ed. Omega. pp. 409-428.
15. Eder, K.V. 1976. Tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales en fábrica de levadura y alcohol. Ingeniería Química. pp. 103-111.
16. Espinoza, A., Orozco, M. y Rodríguez, T. 1997. Utilización de melaza a diferentes niveles de inclusión (5, 10 y 15%) en dietas para cerdos en etapa de finalización (60-100 kg.) y valorización de las características de la canal. Tesis Div. Cs. Veterinarias U. de G. pp 9-10.
17. Estevez, R., Almazán, O. 1974. Producción de proteínas vía levadura torula, diferentes alternativas. Revista ICIDCA. 8 (2) 51-62.
18. Fira, Boletín Informativo. 1997. Oportunidades de desarrollo de la porcicultura en México, Núm. 296, Vol. XXIX, pp. 4-7
19. Galina, H.M. 1993. El nuevo papel del zootecnista en la producción animal y la conservación del medio ambiente. Memorias Simposium sobre agrotecnia, ecología y pastoreo de rumiantes en los trópicos. U. de G. pp 10-20.
20. Hoyos, G. 1993. Biotecnología, aplicaciones actuales y potenciales. Swine. 1 (2) 6-11.
21. Iñiguez, C. G. y col. 1995. Utilization of recovered solids from tequila industry vinasse as foder feed. Bioresource Technology vol. 55, pp.151-158.
22. Korregay, E.Y. et.al. 1977. Nutrient characterization of these nutrients by swine. J. Anim. Sci. 44 (4) 608.
23. Kunha, J.T. 1980. Swine feeding and nutrition. Ist. ed. Academic Press. U.S.A. pp 90-117
24. Magaña, C. A. y Duarte, V.F. 1989. Finalización de cerdos con diferentes niveles de vinaza. IV Congreso Nacional AMENA, A.C. Acapulco, Guerrero. Pp. 18-21.
25. Maqueda, A.J. 1983. La porcicultura mexicana. Síntesis Porcina. 2 (7) 6.
26. Mazón, R.J. 1991. La porcicultura mexicana ante el tratado de libre comercio. Desarrollo porcícola. (9) 15-19.
27. NOM-064-ECOL 1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial. 10 de junio, México, D.F. pp 7-14

28. Ngodigha, E.M. et. al. 1994. Effect of brewers dried grain on growth performance and plasma amino acids of young pigs. *J. Appl. Anim. Res.* 6, pp. 97-104.
29. Peraza, L.F. 1991. Estudio de alternativas tecnológicas para el tratamiento de vinazas de la industria azucarera y tequilera. (Reporte interno) CIATEJ, A.C. Pater, B.P. 1994. *New Snack. Pig International.* 24 (9) 16-18.
30. Pérez, E.R. 1991. Balance de la porcicultura. *Desarrollo porcícola.* (9) 35-39
31. Salazar, G.G. 1994. Uso y manejo de excretas de cerdo en granjas porcinas. *Agrocultura.* 5, (31) 27-30.
32. Salazar, G.C., Cuarón, I.J.A. 1993. Valor nutritivo de las excretas fermentadas de cerdo. *Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Jalisco*, p 126
33. SAS, 1979, *SAS User's Guide.* Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC. U.S.A.
34. Shenan, G.J. et. al. 1980. Utilization treatment and disposal of distillery wastewater. *Water Research.* (14) 257-272.
35. Shimada, S.A. 1987. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Sistema de educación continua en roducción animal en México, A.C. pp. 36-39
36. Sierra, R.A. 1996. Estudio para el mejoramiento ambiental en una fábrica de tequila, mediante el aprovechamiento de sólidos sedimentables de vinazas en la alimentación de cerdos. Tesis de licenciatura, C.U.C.B.A., U. de G. pp 4-5.
37. Steel, R.D.G., and Torrie, J.H. 1990. Principles and procedures of statics. A biometrical approach. McGraw-Hill, Inc. Toronto. Ontario.
38. Tegbe, S.B. and Zimmerman, D. 1977. Evaluation of a yeast single cell protein in pig diets. *Journal of Animal Science.* Vol. 45 No. 6, p. 1309-1316.
39. Tejada, H.I. 1980. Análisis de alimentos para consumo animal. *Técnica Pecuaria*, pp 2-26
40. Vázquez, A.E. 1997. Utilización de vinazas tequileras en la alimentación de ovinos. Tesis M.C. C.U.C.B.A., U. de G., pp 26- 47
41. Wetter, C. Poeppinghaus K, Morais H, Dias M. 1989. Production of protein for animal feed stuff using organic wastewaters from wine distilleries. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 21, Gran Bretaña, pp. 1853-1856.
42. Weise, F. 1968. The influence of chopping on the fermentation rocess in direct-out silage. *Das Writs Chafseigen futter* 14, 294.

43. Yoshida, M. and Hoshii, H. 1979. Nutritive value of garbage of supermarkets for poultry feed. *JPM. Poultry Sci.* 16 (6), p. 350-355.
44. Zaldivar, R.M. y col. 1995 Restricción del consumo de alimento en cerdos en etapa de finalización, utilizando estiércol fermentado de cerdo. Tesis, Div. Cs. Veterinarias U. de G. pp. 5, 18.

## ANEXOS

## ANEXO I

## Costo de la dieta testigo

Ingredientes	Costo/Kg.	Kg/ton	\$
Sorgo <sup>d</sup>	1.30	800.00	1,040.00
Soya <sup>a</sup>	3.00	88.00	264.00
Aceite vegetal <sup>b</sup>	6.50	10.00	65.00
Premezcla <sup>c</sup>	3.862	102.00	394.00
Costo del concentrado <sup>c</sup>	3.615	200.00	723.00
Costo por tonelada			1,763.00

<sup>abc</sup> La mezcla de estos ingredientes forman el llamado concentrado

<sup>d,e</sup> La mezcla de éstos forma la dieta testigo

## ANEXO 2

**Análisis económico por concepto de alimentación en la prueba de comportamiento en cerdos en etapa de finalización de 70 a 105 kg.**

Ingredientes	Dietas <sup>a</sup> Consumo (Kg.)		
	0%	20%	40%
Sorgo (\$1.30)	1,268.57	1,073.97	738.08
<b>Costo \$</b>	<b>1,649.14</b>	<b>1,396.16</b>	<b>959.50</b>
Sólidos de vinazas (\$0.54)	0	343.67	648.87
<b>Costo \$</b>		<b>185.58</b>	<b>350.38</b>
Concentrado (\$3.615)	317.14	300.71	235.21
<b>Costo \$</b>	<b>1,146.46</b>	<b>1,087.06</b>	<b>850.28</b>
Consumo total Kg.	1,585.71	1,718.35	1,622.16
<b>Costo total \$<sup>b</sup></b>	<b>2,795.6</b>	<b>2,668.80</b>	<b>2,160.16</b>
Costo por tonelada \$ <sup>c</sup>	1,763.00	1,553.11	1,331.65
<b>% Ahorro en costo/alimento</b>		<b>4.53</b>	<b>22.73</b>

<sup>a</sup> Dietas con inclusión de sólidos deshidratados de vinazas

<sup>b</sup> Alimento consumido en 42 días de prueba.

<sup>c</sup> Se obtiene de dividir el costo total entre el consumo total por mil.