



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO* EN CERDOS DE ENGORDA
ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Lemna gibba*.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ISRAEL DIAZ GARCIA.

ASESORAS:

DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

MVZ MARIA DE LOS ANGELES RUIZ RIVERA.

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”, en especial al departamento de Nutrición Animal por la oportunidad y el apoyo para realizar este trabajo en sus instalaciones.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por la valiosa oportunidad de formarme cultural y profesionalmente.

"Por mi raza hablará el espíritu"

AGRADECIMIENTOS.

A mi asesora la Dra. Leonor Sangines García por su confianza, apoyo, comprensión, paciencia, consejos y enseñanzas para realizar este trabajo.

Al Dr. Juan Ruiz Cervantes por su confianza, amistad y todo el apoyo para concluir este trabajo.

A la Dra. María de los Ángeles Ruíz Rivera por el interés brindado en este trabajo, así como su amistad y apoyo.

A la Dra. Deneb Camacho Morfín, al Dr. Miguel Angel Pérez Razo, al MVZ. Juan Arturo Olivares Díaz y al MVZ. Alejandro Paredes Fernández por el interés mostrado en este trabajo.

A la Dra. Magda Elena Beltrán Cuenca por su amistad, apoyo, consejos y por su tiempo en la asesoría de la búsqueda de material bibliográfico.

A la Biol. María Eugenia Juárez Silva, a la Q.F.B. Irene Torres, por su paciencia y apoyo en la capacitación del uso y funcionamiento del material de laboratorio, porque más que instructoras son unas grandes amigas.

A Patricia Torres por soportar tantas molestias en la petición de material.

A Gerardo Barcena y Nayeli Garduño porque me ayudaron y apoyaron al participar en el inicio de este proyecto.

DEDICATORIAS.

A las mujeres de mi vida:

A mi abue Elvira Ruiz Hernández por ser mi amiga, confidente, una segunda madre, por todo su amor y porque ahora si “aquí está su médico”. *Tu eres el ángel que siempre estará con mígo.*

A mi madre Etelvina García Ruiz por darme la vida, por ser mi amiga, mi apoyo incondicional, por toda su confianza, por su comprensión, por permitirme ser libre sin alejarme de su mano, por que con alegrías, tristezas y regaños inculcó en mi el valor de la honradez, humildad, honestidad y tenacidad para alcanzar lo que quiero.

A mi hermana por su apoyo, por su comprensión por compartir conmigo todos los momentos buenos y malos, por sus consejos que lograron encaminarme en los momentos que más lo necesitaba, por ser y permitirme ser su amigo.

La última pero no menos importante mi amor Maribel Ramiro por su apoyo, su amistad, comprensión, por enseñarme que el hecho de ser pareja no nos impide ser amigos, compañeros, confidentes y por permitirme pensar junto con ella en “vamos”.

A los hombres de mi vida:

A mi padre Alfonso Díaz por darme la vida, por su apoyo incondicional, por su confianza en permitirme elegir el camino que quería para mi vida, por sus consejos, por su disciplina la cuál ha formado en mi el carácter para discernir entre lo bueno y lo malo anteponiendo el valor de la responsabilidad y honestidad.

A mi hermano Alejandro por compartir conmigo todos los momentos buenos y tristes, por escucharme, soportarme, por sus consejos, por su confianza, por ser y permitirme ser su amigo.

A mis amigos:

A los Doctores Andrés Pérez Gutiérrez, Carlos Gómez Coronel y Francisco Serrano Muñoz, por su apoyo, por todos los momentos compartidos, por la confianza que depositaron en mi para formar parte del grupo de promotores, por que además de ser mis jefes son grandes amigos.

A mis amigos por compartir conmigo las diferentes etapas de mi vida, por todos esos momentos en los que juntos aprendimos, disfrutamos y sufrimos.

A Toño (mi compadre Gallo), Nacho, Bere, Karen, Omar, Katy, Carlitos, Elizabeth, Alejandro, Víctor Cruz, Abraham y Víctor Guerrero.

“Gracias Dios mío por la oportunidad de ésta bella vida”

Mi última oración.

Tus miradas de amor se terminaron
De tu ser de madre que cobijó mi vida
Tus consejos buenos se acabaron,
Solo queda el corazón y el alma herida.
¡Que triste fue sentir cuando te fuiste!
al ya no verte despertar del sueño eterno
hubo lágrimas y llantos que no viste
en un ambiente frío del crudo invierno

Miré tu cadáver taciturno y distraído
Dentro de aquella caja tosca y fría,
Fue un momento fatal que no lo olvido
Porque me invadió la desesperanza mía.
Colocamos flores y unos cirios ya usados
Haciendo para ti un humilde y bello altar
Y frente a unos santos viejos empolvados
Muchas gentes nuestras llegaron a rezar

Un antiguo crucifijo había en tu cabecera
A quien dirigíamos las voces suplicantes.
Yo rogaré por ti durante mi vida entera
En silencio y en todos los instantes.
Tu yerto cuerpo en hombros fue llevado,
Y nos dirigimos directo al camposanto,
Cruzando el río canto fúnebre entonaron
Pidiendo piedad y perdón al padre santo.

Fue abierta una tumba en suave tierra
Donde por siempre descansarían tus restos,
Es un lugar tuyo que mi amor encierra
Junto a la última morada de los nuestros.

A la tumba te bajaron lentamente,
Yo hablarte quise y mi boca enmudeció,
Un puñado de tierra echaba solamente
Porque la angustia a mi emoción venció.

Tu bajo tierra y mi corazón despedazado,
Escucha pues mi débil y única oración:
¡Descanza en paz, la lucha ha terminado!
¡Madre, ahora y siempre espero tu bendición!

Thomas Víctor Velasco.

Índice

1. Índice de cuadros.	
2. Resumen.	1
3. Introducción.	2
4. Hipótesis.	3
5. Objetivos.	4
6. Justificación.	5
7. Revisión de Literatura.	6
7.1 Porcicultura intensiva y medio ambiente en México. situación actual y perspectivas.	6
7.2 Tipos de producción Porcícola.	7
7.3 Modalidades y tecnificación.	8
7.4 Digestibilidad.	9
7.5 Pruebas de digestibilidad.	11
7.6 Digestibilidad boca- ileón o prececal.	13
7.7 Ventajas y desventajas de los índices digestivo ileales y fecales en el cerdo.	13
7.8 Digestibilidad ileal.	14
7.9 Factores que afectan la digestibilidad.	15
7.10 Digestibilidad de fibra en cerdos.	17
7.11 Formulación de dietas.	18
7.12 Hábitat, producción y explotación de <i>Lemna gibba</i> .	19
8. Material y método.	25
8.1 Composición Química de <i>Lemna gibba</i> (base seca).	26
8.2 Composición química de las distintas dietas durante el primer período experimental.	27
8.3 Composición química de las distintas dietas durante el segundo periodo experimental.	27

8.4 Composición química de las distintas dietas durante el tercer periodo experimental.	28
8.5 Análisis químicos.	28
8.6 Dietas utilizadas en el primer periodo de muestreo.	29
8.7 Dietas utilizadas en el segundo y tercer periodo de muestreo.	30
9. Análisis Estadístico.	30
10. Resultados y discusión.	32
10.1 Peso promedio de los animales en los diferentes periodos.	33
10.2 Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de la materia seca en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	35
10.3 Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de proteína cruda en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	37
10.4 Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de energía en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	38
10.5 Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de la fibra neutro detergente en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	40
10.6 Coeficientes de regresión y correlación entre el porcentaje de <u>Lemna gibba</u> y porcentaje de digestibilidad de los diferentes compuestos.	42
10.7 Coeficientes de regresión y correlación entre el peso vivo de los animales y porcentaje de digestibilidad de los diferentes compuestos.	43
11. Conclusiones.	45
12. Literatura citada.	46

Índice de cuadros

1. Ventajas y desventajas de los índices digestivo ileales y fecales en el cerdo.	13
2. Composición Química de <u>Lemna gibba</u> (base seca).	26
3. Composición química de las distintas dietas durante el primer periodo experimental.	27
4. Composición química de las distintas dietas durante el segundo periodo experimental.	27
5. Composición química de las distintas dietas durante el tercer periodo experimental.	28
6. Dietas utilizadas en el segundo y tercer periodo de muestreo.	29
7. Dietas utilizadas en el primer periodo de muestreo.	30
8. Peso promedio de los animales los diferentes periodos.	33
9. Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de la materia seca en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	35
10. Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de proteína cruda en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	37
11. Digestibilidad aparente <i>in vivo</i> de energía en cerdos alimentados con diferentes niveles de <u>Lemna gibba</u> .	38

12. Digestibilidad aparente *in vivo* de la fibra neutro detergente en cerdos alimentados con diferentes niveles de *Lemna gibba*. 40
13. Coeficientes de regresión y correlación entre el porcentaje de *Lemna gibba* y porcentaje de digestibilidad de los diferentes compuestos. 42
14. Coeficientes de regresión y correlación entre el peso vivo de los animales y porcentaje de digestibilidad de los diferentes compuestos. 43

RESUMEN.

Con el objetivo de encontrar una fuente con alto contenido proteico, la cual pueda ser de fácil acceso para los productores de traspatio del Distrito Federal, se realizó este trabajo de investigación para evaluar a *Lemna gibba* como posible fuente de proteína en la alimentación de los cerdos. La planta fue obtenida de los canales de Xochimilco, se seco en bastidores para poder incorporarse a la dieta en base seca. Se utilizaron cerdos criollos de entre 20 y 30 kilogramos durante los periodos de crecimiento, engorda y finalización. Se formaron tres grupos experimentales los cuales contaron con 4 sujetos cada uno, los cuales fueron sometidos a dietas con una inclusión de 0, 15 y 25 % de *Lemna gibba*. Fueron analizadas la digestibilidad aparente in vivo de materia seca (MS), proteína cruda (PC), Energía bruta (EB), y fibra neutro detergente (FND), como variables respuesta entre periodos y entre las dietas, así mismo se utilizo el peso vivo de los animales para conocer si este afecta la digestibilidad de dichas variables. Las variables MS, PC fueron analizadas por análisis químico proximal por métodos de A.O.A.C, la EB por calorimetría y la FND por el método de Van Soest. Los resultados obtenidos muestran que la planta tiene un alto porcentaje de fibra; así como de proteína, la cual es altamente digerible por parte de los animales y por lo mismo puede ser considerada como fuente en las dietas. Así mismo se encontró que en un peso menor de 60 kilos se puede incluir un 15% de la planta para obtener un mejor aprovechamiento, y después de los 60 kilos incrementar hasta el 25% obteniendo un buen rendimiento

INTRODUCCION.

Los países en vías de desarrollo enfrentan el reto de acortar las brechas que los separan del mundo desarrollado; para ello han puesto en práctica un uso intensivo y/o inadecuado de los recursos naturales y una mayor explotación de la mano de obra que les permita el nivel de competitividad que exige la economía globalizada.

En la producción porcina resulta muy importante la eficiencia con que son utilizados los alimentos, si se tiene en cuenta que en general alrededor del 70 - 80% del costo de producción depende de este rubro. A su vez la eficiencia en el aprovechamiento digestivo ha quedado bien establecido que está estrechamente relacionado con rasgos de comportamiento como ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y la conversión alimenticia. Esto tiene una relevante importancia en la alimentación no convencional del cerdo para la determinación del valor nutritivo de un nuevo alimento.

En el Distrito Federal existen zonas lacustres en donde existe una producción de plantas acuáticas, las cuales pueden ser una fuente potencial de alimentos para las diferentes especies animales. En el caso de la *Lemna gibba*, esta contiene un valor considerable de proteína cruda, por lo que podría ser una alternativa a las materias primas proteínicas; sin embargo, es importante conocer la digestibilidad tanto de materia seca, proteína cruda y energía, de estos alimentos, y en particular en cerdos para engorda para posteriormente hacer recomendaciones adecuadas, ya que esta planta tiene un gran potencial de utilización por su distribución y rapidez en su crecimiento.

HIPÓTESIS.

La incorporación de 0, 15 y 25% de Lemna gibba en las dietas para cerdos en engorda, no modificará la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca, proteína cruda y energía, en las diferentes etapas de producción.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la digestibilidad total aparente *in vivo* en cerdos de engorda alimentados con diferentes niveles de la planta acuática *Lemna gibba* (0, 15 y 25%).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar el análisis químico de la planta *Lemna gibba*
- Conocer la composición química de las dietas a utilizar.
- Evaluar la digestibilidad total aparente *in vivo* de la materia seca, proteína cruda, fibra neutro detergente y energía, en tres etapas diferentes de la engorda de cerdos alimentados con diferentes niveles de la planta acuática *Lemna gibba* (0, 15 y 25%).

JUSTIFICACION.

En el Distrito Federal existen zonas en las cuales hay producción de plantas acuáticas, las cuales pueden ser una fuente potencial de alimentos para las diferentes especies animales. En el caso de la *Lemna gibba*, esta contiene un valor considerable de proteína cruda (Gutiérrez *et al.* 2001), por lo que podría ser una alternativa a las materias primas proteínicas; sin embargo, al emplearla en cerdos para engorda, se hace importante conocer la digestibilidad tanto de materia seca, proteína cruda y energía, para posteriormente hacer recomendaciones adecuadas, principalmente en producciones de traspatio en la zona lacustre de Xochimilco, así como en zonas donde pueda cultivarse esta planta.

REVISIÓN DE LITERATURA:

En la producción porcina es muy importante la eficiencia con que son utilizados los alimentos, ya que estos constituyen alrededor del 70 - 80% del costo de producción en dependencia de los insumos empleados. A su vez la eficiencia en el aprovechamiento digestivo, está estrechamente relacionada con rasgos de comportamiento como ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) y la conversión alimenticia (CA). Esto tiene una relevante importancia en la alimentación no convencional del cerdo para la determinación del valor nutritivo en un nuevo alimento (Ly *et al*, 2002 a).

Porcicultura intensiva y medio ambiente en México situación actual y perspectivas.

La porcicultura mexicana ha experimentado cambios a la vez profundos y contradictorios, impulsados tanto por factores internos como externos. Dentro de los acontecimientos del ámbito nacional que han afectado su evolución, debemos anotar las crisis económicas recurrentes que repercutieron en una drástica caída del consumo de carnes rojas en virtud de las sucesivas contracciones de los salarios mínimos; el incremento en los costos de producción por la espiral inflacionaria y en el alza de las tasas de interés que para muchos productores pusieron fuera del alcance la posibilidad de reinvertir y evitar el rezago de los cambios tecnológicos que mantienen a la actividad en un permanente perfeccionamiento (Alcocer y Escobar, 1996).

En México, la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos. Si bien su participación en el Producto Interno Bruto es mínima, alrededor del 0.3%, su relevancia reside en que proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de

la población (Alcocer y Escobar, 1996), por otra parte, influye de manera indirecta, ya que se utilizan bastas superficies agrícolas para la producción de granos forrajeros y oleaginosas y da lugar a una amplia y compleja cadena productiva que incluye la elaboración de alimentos balanceados, fármacos, biológicos veterinarios y la operación de establecimientos de sacrificio, despiezado e industrialización de la carne (Alcocer y Escobar, 1996).

Pérez en 1993 mencionó que no obstante el significativo desarrollo alcanzado por la porcicultura mexicana en los últimos 20 años, sus características fundamentales siguen siendo su enorme heterogeneidad productiva, su dependencia del exterior en la obtención de pie de cría e insumos alimenticios (entre un 30 y 40% del sorgo es de importación y más del 80% de la soya).

Tipos de producción Porcícola.

Las ganaderías de producción se dividen en:

- Explotaciones de ciclo completo: todo el proceso productivo -cría, reproducción y engorda- tiene lugar en una misma explotación; utilizando únicamente la producción propia.
- Explotaciones de venta de lechones y/o primales: el proceso productivo se limita a la cría hasta el destete y/o a la recría para su engorda posterior en granjas tecnificadas.
- Tipo Mixto: son las explotaciones que utilizando sus propios lechones, recrían y ceban, sin perjuicio de que parte de dichos lechones o primales sean transferidos a otras granjas autorizadas (Taiganides *et al*, 1996).

Por su capacidad productiva se dividen en:

1) Explotaciones industriales.

a) Las dedicadas a la comercialización de la producción.

b) Explotaciones con animales reproductores, los cuales se pueden dividir en diferentes grupos:

Grupo I: de 6 a 50 reproductoras y/o hasta 350 animales.

Grupo II: de 51 a 200 reproductoras y/o hasta 2,000 animales.

Grupo III: de 201 a 750 reproductoras y/o hasta 5,500 animales

(Taiganides *et al*, 1996).

2) Explotaciones familiares o de traspatio, serán aquéllas que alberguen un máximo de cinco reproductoras y/o veinticinco cerdos. No comercializan su producción y su objetivo será el abastecimiento exclusivo de la familia que las sostienen (Taiganides *et al*, 1996).

Modalidades y niveles de tecnificación.

Aún cuando en México el sector social de la producción integrado por ejidatarios y comuneros es muy importante, la porcicultura especializada se concentra en el sector privado, al cual corresponde el 90% de las unidades de producción y el 94% de la piara (Pérez, 1993).

Se estima que un 70% de las unidades privadas son de ciclo completo; el resto son granjas de engorda, lechoneras en menor medida y un número muy pequeño de granjas productoras de pie de cría (Pérez, 1993).

Se infiere que en hace 10 años el sector tecnificado abarcaba al 46% de la piara, el semitecnificado al 20% y el de traspatio al 34%. Estimando que el sector

tecnificado respondía por el 55% de la producción de carne de cerdo, el semitecnificado por el 20% y el resto, que prácticamente no ingresa a los circuitos de comercialización regional y comercial, lo aportaba el sector de traspatio (Taiganides *et al*, 1996)

DIGESTIBILIDAD.

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado en primera instancia por el Análisis Químico Proximal (AQP), pero el valor real del mismo para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo. Esto obedece a que después de consumir un alimento, hay residuos indigeridos que son excretados en las heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del alimento, por lo que la primera pérdida impuesta al mismo está representada por la parte que no es digerida, ni absorbida en el animal. (Minson, 1982).

La digestibilidad de un alimento marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa de una alimentación cualitativa y es el índice que cuantifica el proceso de transformación que sufren los alimentos en el tracto gastrointestinal del animal desde su aprehensión e ingestión, hasta la excreción de los residuos de alimentos que no son aprovechados (Minson, 1982).

La digestibilidad de un alimento suele expresarse como la digestibilidad del mismo en base seca y como la digestibilidad de sus principios nutritivos, obtenidos del esquema analítico de Weende, es decir, cenizas, materia orgánica (materia seca menos cenizas), proteína cruda ($N \times 6.25$), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), este último incluye el almidón, y otros azúcares solubles (Ly, 1999).

A estos principios nutritivos se suele agregar la energía bruta. Lo anterior no excluye la posibilidad de determinar otras fracciones o nutrimentos presentes en un alimento en cuestión, que pueden contribuir a profundizar en el conocimiento de su potencial nutricional, como el contenido de pared celular, la lignina, los aminoácidos y otros (Ly, 1999).

Desde un punto de vista general, los indicadores de digestibilidad de mayor interés son la digestibilidad del nitrógeno (N), y por extensión, de la proteína, la materia orgánica y la energía (Ly, 1999).

Otro aspecto a considerar es la tendencia actual a tomar en cuenta dos tipos de digestibilidad de los alimentos o nutrimentos: la digestibilidad boca-recto o total y la de boca-ileón o prececal. Con la primera se mide toda la desaparición del alimento en el tracto gastrointestinal y comprende las llamadas digestión enzimática (hasta el ileon) y la microbiana o que tiene lugar en el intestino grueso la cual está muy correlacionada en cuanto a la materia orgánica y a la energía con los rasgos de comportamiento, mientras que la digestibilidad ileal de la proteína, se correlaciona a esta última con los rasgos de comportamiento (Ly, 1999).

Con las pruebas de digestibilidad o de balance (para el caso de los animales y el hombre respectivamente), se cuantifican los nutrimentos que se ingieren y se absorben en el tubo digestivo y las cantidades eliminadas en las heces. Para esto es necesario conocer tanto la cantidad del alimento ingerido como excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la parte que se asume fue digerida y absorbida por el animal, que al ser expresada como porcentaje resulta ser el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca o de cada uno de los componentes de los alimentos (Shimada, 1983; Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, ya que normalmente no se hacen ni mediciones, ni correcciones de los aportes metabólicos

y endógenos (de origen corporal), tales como enzimas, hormonas, metabolitos y células de descamación, entre otros, que se producen como consecuencia del proceso digestivo y que aparecen en las heces sin ser un residuo alimentario. Cuando dichos valores son corregidos se obtiene la digestibilidad verdadera, que en forma más precisa refleja la absorción de los nutrimentos aportados por el alimento (Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

Pruebas de digestibilidad.

Los métodos para la medición de la digestibilidad total aparente *in vivo*, implican el empleo de animales vivos, lo cual resulta costoso en cuanto a tiempo, mano de obra calificada, utilización de grandes cantidades de alimento y elevado número de análisis químicos, pero resultan ser más exactos en relación a los métodos alternos o *in vitro* (Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

En una prueba de digestibilidad se alimenta a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, esto con la finalidad de medir la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un período de tiempo determinado, este se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere que la coleta de las heces esté libre de contaminación urinaria y que represente la cantidad del residuo no digerido del alimento ingerido. Posteriormente, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en cada una de ellas (Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

Al animal se le suministra la dieta a probarse en las mismas cantidades diarias durante un período preliminar, con el objeto de limpiar o evacuar el tubo digestivo de cualquier material no digerible existente en el mismo y que provenga del alimento consumido antes de iniciar la prueba, así como para permitir que el animal se adapte a la nueva dieta. Después de este período se inicia la recolección de heces y se

continúa a través de toda la etapa de recolección. Posteriormente se analizan las heces, ya que los componentes que se pierden en las mismas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos (Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

Como se mencionó, la digestibilidad de un alimento va a expresarse como porcentaje de todo el alimento o de un componente nutritivo en particular, el cual no es excretado por el animal, asumiendo que es aprovechado y absorbido en el tracto gastrointestinal y comúnmente ésta es expresada en términos de materia seca y como porcentaje de coeficiente de digestibilidad aparente (Maynard, 1986; Church y Pond, 1987).

$$\% \text{ Digestibilidad} = (\text{consumo} - \text{excreción fecal}) / \text{consumo} \times 100.$$

Es importante señalar que cuando se determina la digestibilidad de celulosa o fibra, en animales monogástricos como el cerdo se habla de digestibilidad verdadera, ya que tanto la celulosa como la fibra no forman parte del tejido animal, no así cuando se hace referencia de cualquier otro compuesto que pueda ser secretado o excretado a través de las paredes intestinales y de ahí a las heces, como por ejemplo compuestos nitrogenados, lípidos, algunos hidratos de carbono y minerales; cuando este es el caso se antepone el adjetivo "aparente", quedando los términos como digestibilidad aparente o absorción aparente (Shimada, 1983; Church y Pond, 1987).

En los animales monogástricos el tiempo requerido para que los residuos de los alimentos pasen a través del tracto gastrointestinal es de 1 a 3 días, así mismo se menciona que en animales como el cerdo, la digestión y evacuación se completan normalmente a las 24 horas después de la ingestión de alimentos; sin embargo, para las pruebas de digestibilidad tanto en cerdos como en caballos el período de recolección de heces se hace de 4 a 6 días (Maynard, 1986).

Digestibilidad boca-ileón o prececal.

En la actual existe una tendencia al uso de índices digestivos a nivel ileal y no fecal, debido a que los primeros se consideran más sensibles para detectar deficiencias en el valor nutritivo de los alimentos. Las ventajas y desventajas de acuerdo con Dierick *et al*, (1991) de la digestibilidad ileal con respecto a la fecal o total se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ÍNDICES DIGESTIVO ILEALES Y FECALES EN EL CERDO.

Digestibilidad ileal.	Digestibilidad fecal.
<ul style="list-style-type: none">- Laboriosa (canulación).- Costosa.- Fin de la fase hidrolítica.- Poco impacto de la microflora.- Los residuos son de la dieta.	<ul style="list-style-type: none">- Fácil de hacer.- Barata.- Fase hidrolítica y fermentativa no están diferenciadas.- Gran impacto de la microflora.- Los residuos son dieta mas masa bacteriana.
<p>Sensible a:</p> <ul style="list-style-type: none">- Influencia de lote- Tamaño de partícula- Procesamiento del alimento (peletizado, tratamiento térmico).- Promotores del crecimiento (agentes antimicrobianos, probióticos, ácidos orgánicos, enzimas).- Evaluación alimentaría correcta	<ul style="list-style-type: none">- Insensible.- Incorrecta.

FUENTE: Dierick *et al*, (1991).

Digestibilidad ileal.

La digestión en el intestino delgado, está enfocada principalmente a la digestión de proteínas, ya que el nitrógeno, y más específicamente los aminoácidos dietéticos que desaparecen del tracto antes de la válvula ileocecal, son aprovechables en gran medida por el cerdo, a tal punto que muchas veces se ha propuesto igualar el concepto de digestibilidad ileal con el de disponibilidad; lo cual no aplica para el resto de las fracciones de la materia orgánica, que por su aporte energético a partir de la digestión microbiana en el intestino grueso del cerdo, también suministran cierta cantidad de energía al animal (Ly, 1999).

Todo el desarrollo de la teoría de la digestión de los compuestos nitrogenados ha sido reforzado por el establecimiento de la interdependencia significativa entre la digestibilidad ileal del nitrógeno y los rasgos de comportamiento de interés económico (Ly, 1999). Lo interesante de la hipótesis anterior es que parece válida cuando se trata del uso de la harina de soya como fuente proteica única o mayoritaria en la dieta, pero no ocurre en los casos en que se incluyen otras fuentes proteicas en el alimento. El ensayo de digestibilidad ileal indica solamente una ligera, a veces insignificante, digestibilidad hasta el íleon terminal. Tal es el caso de la lisina, la treonina, la metionina y el triptófano, mientras que para los aminoácidos ramificados, es decir, la isoleucina, la leucina y la valina por efecto del calor parece ser menos importante, por lo que la reducción en la digestibilidad parece ser la principal causa de la disminución de su disponibilidad (Ly, 1999).

Por su parte Batterham en 1992 llamó la atención sobre el riesgo en que se incurre al identificar la disponibilidad de los aminoácidos con la digestibilidad ileal, cuando se asume que si un determinado aminoácido es absorbido en el intestino delgado, se encuentre en condiciones de contribuir a la síntesis proteica en el animal.

Algunos de los factores que van a afectar la disponibilidad de la proteína es el tratamiento térmico de los alimentos, ya que el calor tiende a disminuir la disponibilidad de aminoácidos esenciales y ser utilizados de forma ineficiente por el cerdo (Ly, 1999).

El valor nutritivo de las proteínas alimentarias esta dado por su digestibilidad, disponibilidad metabólica y su composición en aminoácidos. Estas se van a degradar en pequeños péptidos y aminoácidos bajo la acción de enzimas de digestión antes de atravesar la pared intestinal. Los aminoácidos del alimento no son todos liberados y absorbidos por el intestino durante la digestión. Así, la digestibilidad de una proteína representa la fracción desaparecida (absorbida) del sistema digestivo durante los procesos de digestión. La fracción no absorbida o indigestible aparece en las heces (Cabrera, 1964.)

Factores que afectan la digestibilidad.

Leng *et al* así como Bui *et al* 1995 mencionan en los animales monogástricos el tiempo que se requiere para que los residuos de los alimentos pasen a través del tracto gastrointestinal es de 1 a 3 días, mientras que en los rumiantes el período varía entre 4 y 6 días, que es el tiempo en el que se eliminan los residuos en animales alimentados a base de forraje.

Existen diferentes factores que pueden afectar la digestibilidad de un alimento, como por ejemplo la composición y preparación del mismo, el tiempo de tránsito gastrointestinal y factores del animal *per se*, como son la especie, edad y etapa productiva. Por otra parte se podría dar el caso en donde la digestibilidad pudiera ser sobre estimada, especialmente cuando la última comida del período experimental es larga y el incremento de la salida fecal es retrasado hasta después del final de la colección fecal (Minson, 1982; Maynard, 1986).

La digestibilidad de los diferentes componentes químicos va a ser distinta y depende, por una parte, de la proporcionalidad que guarden entre sí, influyendo de manera decisiva en los animales monogástricos la fibra cruda, ya que además de su poca o nula digestibilidad su presencia en grandes cantidades disminuye la de otros componentes dietarios. Asimismo, se reconoce que la digestibilidad de una mezcla no es necesariamente el promedio de los valores de sus componentes determinados en forma separada o indirecta, ya que cada alimento puede ejercer influencia sobre la digestibilidad de otros. Esto incluye tratamientos físicos, químicos o biológicos; cantidad de fibra y/o lignina presente en él; la cantidad de alimento consumido; tiempo de tránsito gastrointestinal; factores que afecten el apetito y la frecuencia en la alimentación; entre otros (Minson, 1982 y Maynard, 1986).

Así mismo, en los animales existen variaciones en cuanto a la digestibilidad de un alimento se refiere. Se sabe que dentro de una misma especie animal hay diferencias en el aprovechamiento de los alimentos y depende, sobre todo, de la raza, etapa productiva (edad) y estado de salud, que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes. Por lo tanto, la digestibilidad del mismo alimento puede variar aún dentro de la misma raza debido a que existen requerimientos nutricionales diferentes de un animal a otro (Shimada, 1983).

Por otro lado, existe una influencia del nivel de nutrición en la digestibilidad de los alimentos en diversas especies animales. Cuando se reduce la ingestión de alimento por debajo del nivel de mantenimiento en animales que poseen completos e intactos todos sus órganos del aparato gastrointestinal, éstos tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y en el aprovechamiento de los nutrimentos (Shimada, 1983).

Digestibilidad de fibra en cerdos.

La degradación microbiana de la fibra en el ciego y en el colon de los porcinos, genera ácidos grasos volátiles (AGV's) que pueden proporcionar del 5 al 30% de sus requerimientos energéticos en la etapa de crecimiento. Esta cifra puede ser mucho mayor para animales adultos, ya que las cerdas pueden mantener una capacidad reproductiva normal cuando se alimentan con dietas cuyo contenido es del 96-100% de hojas de alfalfa (*Medicago sativa*) (Cuarón *et al*, 1980); así mismo Muñoz *et al* (2003) mencionaron buenos resultados al alimentar cerdas gestantes con morera (*Morus alba*) durante la lactancia, encontrando que las cerdas mostraron conductas menos agresivas y los cambios en el espesor de grasa dorsal durante la gestación fueron similares a una dieta convencional, con un mayor peso al destete de los lechones, concluyendo que el uso de morera en la gestación y la reducción de alimento convencional, representó una disminución de 22.59% en el costo de producción, sin afectar las variables reproductivas.

El número de bacterias celulolíticas presentes en el intestino grueso del cerdo puede aumentar cuando se prolonga el suministro de dietas ricas en fibra y estas llegan a representar el 10% de la flora. En la alimentación de las cerdas reproductoras se considera en el manejo, la restricción de alimento; sin embargo, estos animales tienen una capacidad de ingestión de 6-7 Kg. de alimento/día, por lo que la administración de alimentos con alto contenido de fibra resulta una alternativa en estos casos. Cuarón *et al* (1980) observaron que al proporcionar 2 Kg. de alimento más ensilaje de maíz *ad libitum*, se obtuvieron mayor número de lechones al parto y destetados que con alimento concentrado. Por su parte Pond (1989), sugirió que la energía digestible se puede predecir con mayor precisión si se determina el porcentaje de fibra neutro detergente (FND). Ya que los cerdos tienen poca capacidad de utilización de la fibra cruda (FC). King y Tavarner (1975) encontraron que elevados niveles de FND en el alimento, disminuían significativamente la digestibilidad de la materia seca y de la FND, y que el tiempo de retención del alimento en el tracto alimentario, también disminuía significativamente, por lo que concluyeron que la FND puede reemplazar a la FC,

considerándola como un valor de rutina para conocer el contenido de fibra y digestibilidad de los alimentos de los cerdos, utilizando la ecuación:

$$ED = 1.177 EB - 40.22 FND - 1085.$$

Desde 1990 un grupo de investigadores cubanos han venido trabajado con residuos foliares del camote (*hipomea batata*), plátano (*Musa Paradisiáca*), yuca (*Manihot sculenta*), así como con el raquis del plátano y con plantas acuáticas como el jacinto de agua, *Lemna* y *Azolla*. Los resultados encontrados apoyan la idea de la posibilidad de incorporar follajes de cultivos de alto rendimiento en el trópico, como fuente proteica no convencional en los sistemas de alimentación con base a los derivados de la caña de azúcar (Figueroa y Ly ,1990).

FORMULACIÓN DE DIETAS.

Formular una ración implica determinar la mezcla de ingredientes que permitan satisfacer las necesidades nutricionales de los animales de acuerdo con los objetivos de producción. Una buena formulación exige una adecuada planificación de cada una de las siguientes etapas:

1. Selección de ingredientes
2. Evaluación de su potencial nutritivo
3. Determinación de las necesidades nutricionales de los animales
4. Definición de los objetivos de producción
5. Formulación de la mezcla y
6. Evaluación de las características físicas y químicas de la mezcla.

El especialista en nutrición deberá evaluar en cada una de estas etapas el impacto de las decisiones a tomar en relación a los resultados productivos, los costos de producción y el impacto medioambiental. Las decisiones que se tomen después

de la formulación permitirán la minimización de la cantidad de nitrógeno y minerales del porcino que se eliminen en las heces (Shimada, 1983; Church y Pond, 1987).

Precisar el potencial nutritivo de los alimentos es esencial para ajustar el aporte de los mismos a las necesidades de los cerdos. Los alimentos mal caracterizados o que presentan variaciones importantes en su composición, obligan a los especialistas tener en cuenta márgenes de seguridad excesivos los cuales son muy costosos (Shimada, 1983; Church y Pond. 1987)

De inicio, el análisis químico proximal (AQP) nos determina aun cuando no de manera exacta la composición química de un alimento, a través de los principios inmediatos y estos son:

1. Humedad (agua).
2. Materia seca (MS):
 - a) porción incombustible (cenizas) y
 - b) porción combustible: proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), hidratos de carbono como extracto libre de nitrógeno (ELN), (Shimada, 1983; Church. y Pond, 1987).

HÁBITAT, PRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE *Lemna gibba*.

Las plantas acuáticas superiores o macrófitas son importantes componentes ecológicos de los sistemas acuáticos al ser productoras primarias que proveen hábitat para invertebrados, epifitas, peces y una gran diversidad de otros organismos acuáticos, constituyendo un recurso que hasta la fecha ha sido prácticamente subutilizado (Hopson y Zimba, 1993).

No existe una estricta definición del término macrófitas acuáticas, puesto que algunas plantas pueden desarrollarse en la zona de transición entre los ambientes terrestres y acuáticos o bien en zonas inundadas durante ciertas épocas del año, por lo que se consideran plantas acuáticas aquellas que crecen asociadas al agua o al

menos están presentes en suelos cubiertos de este elemento durante la mayor parte de su crecimiento (Boyd, 1968; Arredondo y Dewanji 1993).

Dentro de este grupo de plantas, destaca por su abundancia la *Lemna ssp.*, una pequeña planta flotadora de morfología simple, crecimiento rápido, de fácil propagación y con un contenido de proteína comparable a la de la pasta de soya y la harina de pescado (Hillman y Culley, 1978; Ali y Leeson 1994; Leng *et al* 1995).

En las zonas con gran abundancia de materia orgánica, proliferan exageradamente determinadas plantas y algunas acuáticas filamentosas (como las lentejas de agua *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *pleustofitos Miriophyllum spicatum* y *Cerathopyllum demersum*) que provocan una fuerte disminución del oxígeno en el agua, necesario para la vida de otras plantas como para la fauna (Wang, 1990).

Lemna gibba es una planta angiosperma que se encuentra flotando en cuerpos de agua dulce con crecimiento muy rápido (en el laboratorio multiplica su biomasa en 0.7 g/ día) con un aporte de nutrimentos óptimos y las condiciones de luz y temperatura adecuados (18°C a 29°C). La *Lemna gibba* es fácil de remover y es especialmente susceptible a las sustancias tenso activas presentes en la superficie que se concentran en la interfase aire – agua (Wang, 1990).

El hábitat natural de *Lemna gibba* es la superficie del agua fresca o salobre que es protegida de la acción de viento y del sol. No sobreviven en el agua de movimiento rápido (> 0.3 m / segundo) o agua desprotegida del viento (Ly *et al*, 2002a).

Las especies de *Lemna ssp* son adaptadas a una gran variedad de zonas geográficas y climáticas. Crecen mejor en zonas tropicales y templadas y muchas especies pueden sobrevivir a condiciones extremas de temperatura. (Bui *et al*, 1995).

Las mejores situaciones nutritivas para el crecimiento de *Lemna* están en aguas territoriales con cargas de material orgánico, con un suministro firme de

nutrientes. Una capa densa de Lemna impide la competencia con plantas acuáticas sumergidas, que requieren la energía solar para el crecimiento y también pueden excluir algunas de masas de agua a menudo (Leng *et al*, 1995)

A diferencia de la mayoría de las plantas, Lemna tolera las concentraciones relativamente altas de sales (hasta 4000 miligramos / litro de sólidos disueltos); los nutrientes son absorbidos por todas superficies de la hoja (Bui, 1995). Sobrevive aun pH de 5 a 9, pero se cultiva en un pH de 6.5 a 7.5. El sustrato ionizado es el sustrato de N preferido para Lemna, un pH alcalino cambia el balance de amonio - amoníaco hacia el estado ionizado y resulta en la liberación de amoníaco libre que es tóxico para Lemna en las concentraciones altas (>100 NH₃/litro de miligramos) (Leng *et al*, 1995).

Los requisitos de minerales encontrados para el crecimiento de Lemna son desconocidos aunque parece que la planta puede concentrar algunos minerales para su aprovechamiento más de 500,000 veces (Ly *et al*, 2002b). Leng *et al*, (1995), mencionaron que la sal de mar puede ser una buena fuente de aporte de minerales para usarse en el cultivo.

Las diferentes especies de Lemna pueden sobrevivir en condiciones sumamente adversas. La velocidad de crecimiento es muy importante para mantener el equilibrio en el agua de los niveles de nutrientes (Ly *et al*, 2002b). Las cargas de nutrientes y su balance, son importantes para la recuperación de esta planta en condiciones de temperaturas extremas, y en cambios de pH. Sin embargo, para que pueda prosperar, necesitan ser balanceados y mantenidos dentro de ciertos límites los diferentes nutrientes, temperatura y ph (Leng *et al*, 1995). Para tener una buena cosecha es necesario mantener una capa completa y densa de Lemna renovada; bajos niveles oxígeno; y un pH entre 6 y 7 (Leng *et al*, 1995).

Las fuentes más económicas de agua son efluentes del agua residual de casas, plantas del procesamiento de alimentos, corrales de alimentaciones de

ganado vacuno, producción intensiva de cerdo y ave (Ly *et al*, 2002a). Materiales sólidos, como estiércol, excrementos humanos, o desechos del procesamiento de alimentos, también pueden ser mezclados con el agua y añadidos a una laguna en niveles apropiados (Wang, 1990).

Las plantas en crecimiento rápido actúan cuando un nutriente se hunde, absorbiendo principalmente nitrógeno, fósforo, calcio, sodio, potasio, magnesio, carbono y cloruro del agua residual. Estos iones son retirados permanentemente del flujo del afluyente siguiente a recoger de una proporción de la cosecha. Dependiendo del agua residual, la tanda recogida puede desempeñar un papel como puede ser: I) proporcionar proteínas y minerales, II) suplemento de forraje o fertilizante. Sin embargo puede ser que deba descontaminarse antes de suministrar una parte de ella como dieta para animales, si los metales pesados están presentes en el agua, cuando estos son concentrados por la *Lemna gibba* (Leng *et al*, 1995).

El mantenimiento para el crecimiento eficiente de *Lemna gibba* requiere de una distribución plana de una capa gruesa de plantas al otro lado de la superficie de la laguna entera. La investigación inicial mostró que hay una relación de la densidad de la planta que respalda la velocidad de crecimiento óptimo para las condiciones predominantes (Ly *et al* 2002). En el caso en que se este cosechando se puede mencionar que aproximadamente en una hectárea, 1 Kg. *Lemna* en base húmeda por m^2 , resulta en un rendimiento medio extrapolado de 32 toneladas MS / ha / año (Leng *et al*, 1995).

La producción anual en peso seco de biomasa de esta planta acuática cosechándola dos o tres veces a la semana, es aproximadamente de 55 ton/ha. *Lemna* absorbe directamente en cada fronda gran cantidad de nutrientes los cuales son utilizados para las dietas de animales, además forma natas flotantes de fácil cosecha y crece en cualquier cuerpo de agua dulce (Wang, 1995).

Lemna tienen estructuras especiales que han sido simplificadas por la selección natural. Una hoja de *Lemna* es plana y ovoide. Muchas especies tienen

raíces adventicias que funcionan como un órgano de estabilidad y que cuida alargarse cuando los nutrientes de mineral en el agua son agotados (Wang, 1990).

Comparado con la mayoría de las plantas, las hojas de Lemna tienen poca fibra (5 % en material seco de plantas cultivadas) cuando no necesitan respaldar estructuras verticales. Las raíces, sin embargo, parecen ser más fibrosas. Por consiguiente la planta tiene poco o nada de material indigerible incluso para animales monogástricos. Esto contrasta con alimentos como soya, arroz, o maíz, donde aproximadamente 50 % de la biomasa es en forma de residuos de digestibilidad de alto contenido en fibra (Leng *et al*, 1995).

La composición química de Lemna depende de los nutrientes contenidos en el agua y las condiciones climáticas predominantes. Las plantas llegan a contener hasta 43 % de Proteína Cruda en base seca, puede ser utilizada sin procesamiento adicional como una dieta completa para peces (Leng *et al*, 1995).

Estas han sido empleadas por pequeños productores en climas tropicales de países en vías de desarrollo para alimentar aves, cerdos y peces principalmente como una fuente de proteína. En rumiantes, podrían presentar una fuente de nitrógeno y fósforo (Gutiérrez *et al*, 2001).

Leng *et al* (1995) mencionaron que esta planta puede ser utilizada en patos y pollitos, ya que se obtiene una mayor conversión alimenticia y ganancia de peso, proporcionándola preferentemente en forma deshidratada. Así mismo que tanto cerdos de traspatio como rumiantes podrían ser alimentados con Lemna recién cosechada.

Lemna es rica en fibra y proteína (fibra 23 % N x 6.25 y 7.5 % en M.S) mostró que reemplazar las fuentes de proteína convencionales en dietas para cerdos en crecimiento redujo la producción incrementado la cantidad de forraje requerido para el crecimiento por unidad (Leng *et al*, 1995).

Thanh Hang durante 1997 realizó un experimento con 44 cerdos híbridos (Large White x Mong Cai) de 23 – 25 kg de peso inicial para comparar los efectos de la suplementación de la dieta tradicional en Vietnam (raíces de yuca ensilada, desechos de destilerías, salvado de arroz y el follaje de la papa dulce) con hojas de yuca ensilada o la planta Lemna minor en fresco, ambos como fuente de proteína. Se encontró que los cerdos alimentados con la Lemna , finalmente fueron mas pesados (86.31 Kg.) ganaron peso mas rápido (0.552 kg/d) y obtuvieron una mejor conversión alimenticia (3.66) que los cerdos que consumieron la dieta tradicional (67.5 Kg.; 0.404 kg/d y 4.50 respectivamente).

La Lemna tiene una proteína de mejor calidad en relación a las leguminosas, esto debido a la proporción de aminoácidos esenciales, siendo parecida a la proteína de origen animal (Hillman y Culley, 1978). Al ser cultivada en agua rica en nutrientes, presenta una concentración alta de minerales como potasio, fósforo así como en pigmentos, particularmente caroteno y xantofila, por lo que se considera una fuente rica en vitamina A, que la hacen un suplemento especialmente valioso para la producción de ave y otros especies animales (Leng *et al*, 1995).

MATERIAL Y MÉTODOS:

Para medir la digestibilidad total aparente *in vivo*, se utilizaron 12 cerdos para engorda con un peso inicial de 30 Kg. promedio, los cuales fueron divididos en tres grupos de cuatro individuos cada uno de forma aleatoria. Los animales permanecieron en corrales individuales con rejillas durante todo el período experimental y adaptado con bastidores para la separación de heces y orina.

Los tratamientos consistieron en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Lemna gibba* (0, 15 y 25 %) y complementadas con otros ingredientes hasta alcanzar los niveles nutricionales recomendados por el NRC (1988). Las dietas fueron suministradas a los animales durante toda la engorda y las pruebas de digestibilidad consistieron en el primer período (30 Kg. de peso) de siete de adaptación y tres para la colecta de heces, mismas que se pesaron diariamente, y de las cuales se tomó una alícuota del 10%, conservándolas en congelación para sus análisis posteriores; de materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía bruta (EB) y fibra neutro detergente (FND). Así mismo se llevó el registro de consumo de alimento. Durante el segundo y tercer período se colectaron las heces por tres días a los pesos de 55 y 75 Kg.

La colecta de la planta se realizó en los canales del pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, que se encuentra situado en la zona sureste del Distrito Federal, en la Delegación Xochimilco dentro de la región chinampera, ubicada entre los paralelos 19° 14' 00" y 19° 17' 00" y los meridianos 98° 58' 00" y 99° 06' 00". Su altura al nivel del mar es de 2300 m, con un clima C (Wo) (W) de acuerdo con la clasificación de Köppen, el cual corresponde a templado subhúmedo con bajo grado de humedad, con una temperatura media anual de 16°C, mínima de 8°C y máxima de 31°C. La precipitación pluvial está en el rango de los 600 a 900 mm anuales, distribuida en los meses de mayo a octubre (Soriano y Losada, 1993).

La macrófita fue cosechada manualmente con una red e inmediatamente se secó al sol sobre bastidores. Una vez seca, se tamizó para eliminar la materia ajena a este estudio.

Cuadro 2. Composición Química de Lemna gibba (base seca).

Compuesto	g/100 g
Materia seca	10.96
Proteína cruda	25.40
Cenizas	20.14
Extracto etéreo	1.37
Fibra cruda	11.07
Extracto libre de nitrógeno	42.02
Total de nutrientes digestibles*	58.86
Fibra neutro detergente	39.28
Energía digestible (calculada)** Mcal /Kg	2.595
Energía bruta (Mcal/Kg)	3.200

***TND = PC(0.75)+FC(0.5)+EE (0.9)(2.25)+ELN(0.75)**

**** EDC= 1Kg de TND = 4409 Kcal**

La composición química de las dietas para las diferentes etapas de la engorda, cubrieron con las recomendaciones del RNC (1988); siendo muy similar la dieta del segundo y tercer período experimental como se muestra en los Cuadros 3, 4 y 5.

CUADRO 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DISTINTAS DIETAS DURANTE EL PRIMER PERÍODO EXPERIMENTAL.

Componente (g/100 g)	DIETA TESTIGO 0% <u><i>L. gibba</i></u>	DIETA 2 15% <u><i>L. gibba</i></u>	DIETA 3 25% <u><i>L. gibba</i></u>
Materia Seca	87.36	87.35	87.65
Proteína cruda	15.79	16.64	16.64
Energía bruta	3.12	3.16	3.11
Fibra neutro detergente	9.36	11.39	11.36

CUADRO 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DISTINTAS DIETAS DURANTE EL SEGUNDO PERIODO EXPERIMENTAL.

Componente (gr/100 gr)	DIETA TESTIGO 0% <u><i>L. gibba.</i></u>	DIETA 2 15% <u><i>L. gibba.</i></u>	DIETA 3 25% <u><i>L. gibba.</i></u>
Materia Seca	89.71	89.51	88.77
Proteína cruda	15.89	16.53	16.53
Energía bruta	3.04	3.4	3.64
Fibra neutro detergente	8.32	10.03	11.03

CUADRO 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DISTINTAS DIETAS DURANTE EL TERCER PERIODO EXPERIMENTAL.

Componente (gr/100 gr)	DIETA TESTIGO 0% <u><i>L. gibba</i></u> .	DIETA 2 15% <u><i>L. gibba</i></u> .	DIETA 3 25% <u><i>L. gibba</i></u> .
Materia Seca	89.71	89.51	88.77
Proteína cruda	15.68	16.12	16.12
Energía bruta	3.04	3.4	3.64
Fibra neutro detergente	8.32	9.73	11.03

Análisis químicos:

Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios del Departamento de Nutrición Animal de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, a través de:

1) Análisis Químico Proximal por el método del A.O.A.C., 1990.

a) Materia seca (MS).....método 934.01

b) Proteína Cruda (PC).....método 976.05

2) a) Energía Bruta (EB)..... Por calorimetría (Manual Parr).

b) Fibra Neutro Detergente (FND) se determinó por el método de Van Soest y Wine (1967) con ayuda del equipo ANKOM.

Los análisis de MS se realizaron por cuadruplicado, mientras que PC, EB y FND fueron realizados por duplicado.

En los cuadros 6 y 7 se presentan las dietas empleadas en las diferentes etapas de muestreo, las cuales se realizaron a los 30, 55 y 75 Kg. de peso vivo promedio. El Cuadro 6 corresponde a las utilizadas en el primer periodo, mientras que el Cuadro 7 a las del segundo y tercer periodo de muestreo.

CUADRO 6. DIETAS UTILIZADAS EN EL PRIMER PERIODO DE MUESTREO.

INGREDIENTES (% EN BASE SECA)	DIETA TESTIGO	DIETA 2	DIETA 3
Sorgo (molido)	54.54	42.30	33.60
Soya (pasta 44%P.C.)	30.20	23.90	19.81
Melaza	12.00	12.00	11.87
Grasas de Pollo*	1.630	5.319	8.000
<i>Lemna</i> (%)	0	15	25
Vitaminas y minerales	0.250	0.250	0.250
Fosfato	0.754	1.117	1.464
Carbonato	0.624	0.046	0.000
Mcal/Kg	3,200	3,200	3,200
PC%	18,000	18,000	18,000

* subproducto de rosticerías.

CUADRO 7. DIETAS UTILIZADAS EN EL SEGUNDO Y TERCER PERIODO DE MUESTREO.

INGREDIENTES (% EN BASE SECA)	DIETA TESTIGO	DIETA 2	DIETA 3
Sorgo (molido)	60.24	51.49	42.63
Soya (pasta 44%P.C.)	22.34	15.41	11.34
Melaza	12.00	12.00	12.00
Grasa de pollo*	2.510	5.059	7.706
Vitaminas y minerales	0.250	0.250	0.250
<i>Lemna</i> (%)	0	15	25
Fosfato	0.389	0.000	1.068
Carbonato	0.614	0.056	0.000
Metionina	0.267	0.000	0.000
Lisina	0.697	0.000	0.000
Treonina	0.686	0.000	0.000
Mcal/Kg	3,200	3,200	3,200
PC%	15,000	15,000	15,000

* subproducto de roscerías.

Análisis estadístico:

Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Gill, 1978) de tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Para la comparación múltiple de medias, se empleó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $P < 0.05$, con ayuda del Proc Anova (SAS, 1985).

Las variables de respuesta consideradas fueron la digestibilidad total aparente *in vivo* de Materia Seca, Proteína Cruda (PC), Energía Bruta (EB) y Fibra Neutro Detergente (FND). El análisis se realizó entre tratamientos y entre periodos.

El modelo matemático correspondiente es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta;

μ = media poblacional;

τ_i = tratamiento

E_{ij} = error aleatorio

Se realizó un análisis de regresión y correlación entre las digestibilidades de MS, PC, fibra neutro detergente FND y EB y el porcentaje de *Lemna gibba* en cada periodo experimental; así mismo entre la relación de peso vivo de los animales y las digestibilidades de MS, PC y EB en los diferentes períodos.

El modelo matemático correspondiente es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 + E$$

Donde:

$\beta_0 = \alpha$ (intersección)

$\beta_1 = \beta$ (pendiente)

Y = variable de respuesta

E = error aleatorio

RESULTADOS Y DISCUSION.

En el cuadro número 2 se presentan los resultados de la composición química de la *Lemna gibba*, se puede observar que el valor de proteína cruda (PC) fue de 27%, menor a lo encontrado por otros autores, que mencionan que puede tener valores de 35-40% esto probablemente como indican Thi Kim y Ogle (2004) se pueda deber a que la *Lemna* de otros estudios crece en cultivos enriquecidos con efluentes de biodigestores. Al comparar los datos con los obtenidos por Gutiérrez *et al* (2001), quienes trabajaron con material de la misma región, se puede observar que esta se mantiene constante independientemente del tiempo de colecta, ya que en la mayoría de los compuestos se encontraron valores similares a excepción de FND que fue mayor (47.84%) a la de este trabajo, los datos encontrados en este rubro fue similar a la encontrada por Ly *et al*. (2002b). La cantidad de PC presente fue de 25.40% en base seca (B.S.), la cual es intermedia entre la del sorgo y la soya, y que por presentar un nivel mayor al 20%, puede considerarse como una fuente proteínica, por lo que al incorporar *Lemna gibba* en la dieta en proporciones de 15 y 25%, disminuyó en 6.3 y 10.39% el aporte de soya respectivamente.

El valor de fibra cruda fue de 11.07, por lo que en los porcentajes introducidos en las dietas, no se afectó el nivel recomendado en las raciones para cerdos de engorda de un máximo de 8% (Cunha, 1977), para que exista un buen funcionamiento del tracto digestivo. Así mismo menciona que es muy importante la calidad de la fibra y que se puede tolerar sin problema altas cantidades de alfalfa de buena calidad, por otra parte, se menciona que la restricción del consumo de alimento durante el periodo de finalización por el consumo de fibra incrementa la calidad de la canal, debido a una reducción en la deposición de grasa; sin que se afecte la digestibilidad de la dieta (Low, 1985).

En el cuadro 8 se muestran los pesos de los animales para cada uno de los periodos experimentales (al inicio, mitad y final de la engorda). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre el peso de los animales de los diferentes tratamientos, pero sí fueron distintos entre periodos, siendo representativo para el inicio, mitad y final de la engorda, lo cual implica que los animales conforme pasa el tiempo, también tienen un mayor desarrollo del sistema digestivo, hasta alcanzar la etapa adulta.

CUADRO 8. PESO PROMEDIO (Kg) DE LOS ANIMALES LOS DIFERENTES PERIODOS.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	ESM
Tratamiento 1 (Testigo)	29.55± 3.28 ^{Aa}	54.59± 5.13 ^{Ab}	87.11± 1.05 ^{Ac}	7.17
Tratamiento 2 (15% <i>L. gibba.</i>)	30.49± 3.24 ^{Aa}	59.46± 4.81 ^{Ab}	86.73± 1.41 ^{Ac}	6.89
Tratamiento 3 (25% <i>L. gibba.</i>)	29.44± 3.96 ^{Aa}	56.21± 5.39 ^{Ab}	81.27± 4.21 ^{Ac}	9.12
ESM	7.02	10.22	5.27	

Literales mayúsculas ^{AB} distintas indican diferencia estadística entre dietas (renglones), y minúsculas ^{ab} entre periodos (columnas) $P < 0.05$. ± = error estándar
ESM = error estándar de la media.

En el cuadro 9 se presenta la digestibilidad *in vivo* de la materia seca; en las tres etapas de la engorda (30, 60, 90 Kg. de peso vivo) en las diferentes dietas; se puede observar que en el caso de la dieta 2 se incrementó solamente en el tercer período de la engorda; mientras que en las otras dietas no se detectaron diferencias significativas entre periodos. Así mismo se puede ver que la dieta testigo fue la que obtuvo una mayor digestibilidad en el primer período en relación con las otras dietas, lo cual coincide con los datos obtenidos por Gutiérrez *et al* (2001) quienes encontraron una digestibilidad *in vivo* de materia seca de 81.31% en animales de 25 a 60 Kg de peso vivo alimentados con 10% de *Lemna gibba* en su dieta y de 84.30%

en la dieta testigo. Por su parte Rodríguez y Preston (1996) estimaron por regresión una digestibilidad del 61% cuando se proporcionaba un 100% de *Lemna* en la dieta; así como un 83% de digestibilidad al adicionar 40% de *Lemna* a una dieta a base de jugo de caña.

Por otro lado, un estudio realizado por Duc *et al*, (2003) en donde estudiaron dietas con niveles de 25, 50 y 75% de *Lemna gibba* en la composición de dietas para cerdos, observaron que la digestibilidad de materia seca fue de 87.9, 88,7 y 88.9% respectivamente, para cada uno de los tratamientos utilizados, en animales que tenían un peso promedio de 60 Kg., lo cual fue muy similar a los obtenidos durante este trabajo al final de la engorda.

En el estudio realizado por Gutiérrez *et al* (2001), se indica que la presencia de *Lemna gibba*, hizo descender las digestibilidades de materia seca y de proteína cruda; la digestibilidad de todo tipo de dieta suele decrecer, en mayor o menor grado en los cerdos, a medida que los animales consumen niveles crecientes de fibra en el alimento, así como sucedió durante este experimento. Sin embargo, conforme aumentó la edad de los animales, se incrementó también la digestibilidad *in vivo*, especialmente en el tercer periodo. Esto tiene que ver con la relación que tiene la *Lemna* y la energía, como se puede observar en los análisis de regresión que se muestran en el cuadro 13.

Es importante hacer notar que la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca de la dieta testigo fue superior en las dos primeras etapas de la engorda en relación con las dietas con *Lemna gibba*, lo cual coincide con lo citado por Gutiérrez *et al* (2001); sin embargo, en la última etapa de la misma, niveles de 15% de *Lemna* presentaron valores de digestibilidad de M.S iguales al testigo, esto debido probablemente a que los animales desarrollaron su tracto digestivo en particular el intestino grueso y que el límite de inclusión de fibra neutro detergente es de 10%; con niveles del 25% a pesar que la digestibilidad se incrementa con respecto a los períodos anteriores, fue menor a los otros tratamientos; se ha observado que un efecto que tiene la fibra, es reducir el tiempo de tránsito y por lo tanto el tiempo al que

está expuesto el alimento en el proceso de digestión (Low, 1985), lo cual puede haber sucedido en este caso. Por su parte Ly *et al* (2002b) al estudiar diferentes plantas acuáticas encontraron que la digestibilidad *in vitro* de materia seca de *Lemna minor* fue del 51.2%, lo cual pueden verse reflejado en las digestibilidades de las dietas.

CUADRO 9. DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO* DE LA MATERIA SECA EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Lemna gibba*.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	ESM
Tratamiento 1 (Testigo)	87.86± 1.67 ^{Ab}	89.79± 1.42 ^{Aab}	93.37± 1.62 ^{Aa}	3.17
Tratamiento 2 15% <i>L.gibba</i>	78.71± 0.92 ^{Bb}	79.27± 0.51 ^{Bb}	92.57± 2.44 ^{Aa}	3.07
Tratamiento 3 25% <i>L.gibba</i>	79.59± 1.78 ^{Bb}	80.57± 1.91 ^{Bb}	85.87± 1.02 ^{Ba}	3.24
ESM	3.03	2.81	3.58	

Literales mayúsculas ^{AB} distintas indican diferencia estadística entre dietas (renglones), y minúsculas ^{ab} entre periodos (columnas) P < 0.05. ± = error estándar
ESM = error estándar de la media.

En relación con la digestibilidad de la proteína cruda, se puede observar que disminuyó conforme se aumentaron las proporciones de *Lemna gibba* en las dietas correspondientes (Cuadro 10). Sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos alimentados con 0 y 15% de *Lemna gibba* a partir de los 60 Kg. de peso, y solo en la dieta con el 25% se notó una diferencia significativa (P<0.05) en las primeras etapas de la engorda, al compararse con la dieta testigo.

Es importante considerar el valor de la digestibilidad de la planta *per se*, lo cual influirá en la digestibilidad de las dietas como ocurre con otros componentes, Ly *et al* en 2002b) mencionaron un valor de digestibilidad *in vitro* de de 75.4% para el nitrógeno, mientras que Domínguez *et al* en 1997 encontraron un valor de digestibilidad *in vivo* de 56%.

En el segundo periodo se observa un aumento de la digestibilidad conforme el animal iba incrementando su edad, mientras que en el tercer periodo y no obstante las cifras detectadas, para las dietas con 0, 15 y 25% de *Lemna gibba* respectivamente no se observaron diferencias significativas, esto debido a la gran variación que hubo en los datos.

A pesar del alto valor de proteína cruda de la *Lemna gibba*, se observa que al incrementar el porcentaje de esta en la dieta, se afectó la digestibilidad de dicho compuesto, provocando una disminución en las diferentes etapas de crecimiento, a pesar de que en el tercer período no se encontró diferencia estadística ($P>0.05$); alcanzando los mejores resultados a los 75 Kg. de peso de los animales, esto probablemente a que el aparato digestivo se fue adaptando al tipo de dieta, Por su parte Low (1985) mencionó que al incrementarse la cantidad de fibra tanto soluble como insoluble se puede incrementar la secreción endógena de nitrógeno, por lo que la digestibilidad aparente del mismo puede estar en función, no sólo de la digestibilidad inherente de la proteína dietética, sino también al tipo y cantidad de fibra que se incorpora a la dieta. Por otra parte, al aumentar la cantidad de fibra en la dieta, se favorece la producción de microorganismos a nivel de intestino grueso, mismos que al ser eliminados en las heces, y por lo tanto, incrementar el valor de proteína cruda en las mismas.

Rodríguez y Preston (1996) al hacer una predicción de la digestibilidad del nitrógeno de 100% de *Lemna* encontraron un valor de 61% y con jugo de caña y 40% de *Lemna* en la dieta con 13% de proteína cruda, la predicción estuvo en un rango del 63-73%, valores muy similares a los encontrados en este estudio.

Gutiérrez *et al* en 2001, al realizar un estudio con niveles de inclusión del 10% de *Lemna gibba*, reportaron valores similares a los obtenidos en este trabajo en la primera etapa (15% de *Lemna gibba*) y mencionaron que este comportamiento es debido probablemente a que un porcentaje importante de la proteína pudiera estar ligado a la fibra, lo que disminuiría de manera significativa su digestibilidad.

CUADRO 10. DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO* DE PROTEÍNA CRUDA EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Lemna gibba*.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	E SM
Tratamiento 1 (Testigo)	73.21± 3.61 ^{Aa}	81.07± 2.01 ^{Aa}	83.94± 4.88 ^{Aa}	7.39
Tratamiento 2 15% <i>Lemna</i>	65.99± 1.61 ^{ABa}	73.45± 3.40 ^{ABa}	79.03±7.91 ^{Aa}	9.51
Tratamiento 3 25% <i>Lemna</i>	63.39± 0.90 ^{Bc}	67.99± 1.65 ^{Bb}	75.52± 1.37 ^{Aa}	4.71
ESM	4.68	4.52	10.85	

Literales mayúsculas ^{AB} distintas indican diferencia estadística entre dietas (renglones), y minúsculas ^{ab} entre periodos (columnas) P < 0.05. ± = error estándar
ESM = error estándar de la media.

Al analizar la información del Cuadro 11 por periodos y concentraciones de *Lemna gibba*, se observa una diferencia en la digestibilidad aparente *in vivo* de la energía. El nivel de *Lemna gibba* influyó de manera significativa para este rubro en el primer periodo, siendo la dieta con 25% la que presentó menor respuesta, lo cual esta reflejado en la digestibilidad de materia seca como ya se mencionó. En el segundo periodo, desaparecen las diferencias entre la dieta con 15 y 25 % de *Lemna gibba* respectivamente, en tanto se mantiene la ventaja para la dieta testigo, las diferencias fueron significativas a P<0.05. La ausencia de diferencias entre las dietas

con *Lemna gibba*, tal vez pueden atribuirse a un acondicionamiento por parte de los animales para digerir esta planta.

En el mismo cuadro se observa que la digestibilidad de la energía en la dieta testigo se incrementa conforme los animales van desarrollándose; no mostrando diferencias significativas entre el primero, segundo y tercer periodo. Por otra parte, cuando se incrementó el porcentaje de *Lemna gibba*, en la ración la digestibilidad disminuyó, y por este motivo se detectó una diferencia significativa entre cada una de las dietas. Los datos encontrados en este trabajo fueron inferiores al 91.40% mencionado por Gutiérrez *et al* en 2001 al incluir 10% de *Lemna gibba* en animales de 30-60Kg. Los bajos índices en la digestibilidad de energía podría deberse a que las dietas experimentales tuvieron menor cantidad de carbohidratos solubles y quizás a la baja digestibilidad de la grasa de pollo (subproducto de las rosticerías).

CUADRO 11. DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO* DE ENERGÍA EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Lemna gibba*.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	ESM
Tratamiento 1 (Testigo)	86.01± 1.76 ^{Ab}	86.95± 1.83 ^{Ab}	94.85± 1.25 ^{Aa}	3.27
Tratamiento 2 15% <i>Lemna</i>	77.13± 0.82 ^{Bb}	77.58± 0.49 ^{Bb}	87.90± 3.66 ^{ABa}	4.36
Tratamiento 3 25% <i>Lemna</i>	69.87± 1.38 ^{Cc}	77.89± 3.29 ^{Bb}	85.94± 1.66 ^{Ba}	4.54
ESM	2.75	4.38	4.86	

Literales mayúsculas ^{AB} distintas indican diferencia estadística entre dietas (renglones), y minúsculas ^{ab} entre periodos (columnas) P < 0.05. ± = error estándar
ESM = error estándar de la media.

En cuanto a la digestibilidad de la fibra neutro detergente (FND) fue mayor en el periodo tres, cuando los animales estaban mas grandes, lo cual indica que es

importante la adaptación del aparato digestivo para la digestión de la fibra, como se mencionó con anterioridad, así mismo, las dietas experimentales desde un inicio tuvieron mayor cantidad de FND, lo cual se reflejó en la digestibilidad de la misma (Cuadro 12).

La cifra de 65.9% de digestibilidad para la fracción de FND, según Duc y Preston (2002), se asemeja a los resultados del tercer periodo, los cuales pueden ser explicados de acuerdo a lo mencionado por Ly *et al* (2002a) quienes al realizar estudios con esta planta y con cerdos encontraron que al ir en aumento la edad de los individuos, la digestibilidad de FND, también iba en aumento como ocurre en este ensayo. Al calcular los índices de correlación entre el peso vivo de los animales y el resto de los parámetros estudiados, se pudo observar que en el caso de la dieta 3 (25% de *Lemna*), la correlación fue positiva y alta, es decir, que a medida que los animales aumentaron de peso, aumentó la digestibilidad. Mientras que en las otras dos dietas, la correlación no fue tan alta; sin embargo, si se mejoró la digestibilidad al aumentar el peso de los animales (Cuadro 14). Lo cual coincide con lo encontrado por Ly *et al* (2002a) en donde la digestibilidad de la espinaca acuática (*Ipomoea aquatica*) fue incrementándose conforme los cerdos aumentaron de peso (de los 24 a los 60 kg). Sugirieron que es posible que los cerdos adultos tengan una mayor capacidad para la digestión de las paredes celulares en referencia a los cerdos en crecimiento.

CUADRO 12. DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO* DE LA FIBRA NEUTRO DETERGENTE EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Lemna gibba*.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	ESM
Tratamiento 1 (Testigo)	68.69± 1.75 ^{Ab}	66.00 ± 1.09 ^{Ab}	90.21± 2.80 ^{Aa}	4.02
Tratamiento 2 15% <i>Lemna</i>	49.18± 3.41 ^{Bb}	48.43± 2.51 ^{Bb}	80.00± 2.69 ^{Ba}	5.79
Tratamiento 3 25% <i>Lemna</i>	44.55± 4.78 ^{Bb}	46.38± 1.99 ^{Bb}	65.48± 2.56 ^{Ca}	6.67
ESM	7.08	3.90	5.38	

Literales mayúsculas ^{AB} distintas indican diferencia estadística entre dietas (renglones), y minúsculas ^{ab} entre periodos (columnas) P < 0.05. ± = error estándar
ESM = error estándar de la media.

Se realizó un análisis de regresión y correlación para saber en que medida la cantidad de *Lemna* afectó los diferentes coeficientes de digestibilidad, los resultados se presentan en el Cuadro 13. En el caso de las diferentes variables en los tres periodos estuvieron correlacionadas negativamente en más del 60%, a excepción de la digestibilidad de la proteína cruda en el tercer período como se puede observar en el cuadro referido. Los índices de regresión fueron mayores en el caso de la energía y la fibra neutro detergente y menores en el caso de la proteína cruda. Lo anterior nos indica que conforme aumentaron de peso los animales, hubo una menor influencia de la *Lemna* en la digestibilidad de los diferentes compuestos; sin embargo, en el caso de la fibra neutro detergente se presentó una correlación negativa de más del 80%, lo que hace pensar que fue este compuesto el que influyó en mayor medida en la baja digestibilidad de la planta, a pesar de que Ly (2002) encontró una digestibilidad *in vitro* del 75% para *Lemna minor*.

Por otra parte, también se puede observar que conforme los animales se iban desarrollando, la correlación negativa también fue disminuyendo. No se detectaron diferencias significativas entre las variables con el incremento de edad. Además, se obtuvo una mayor correlación entre la digestibilidad de la energía y la edad siendo mayor para los sujetos más jóvenes.

Las ecuaciones de regresión para las digestibilidades de los diferentes compuestos en los distintos períodos se presentan a continuación:

Periodo I:

Digestibilidad: Materia seca = $86.76 - 0.35x$
Proteína cruda = $72.86 - 0.39x$
Energía = $86.22 - 0.64x$
Fibra neutro detergente = $67.36 - 0.991x$

Periodo II:

Digestibilidad: Materia seca = $88.48 - 0.394x$
Proteína cruda = $81.13 - 0.52x$
Energía = $85.91 - 0.3829x$
Fibra neutro detergente = $64.479 - 0.81x$

Periodo III:

Digestibilidad: Materia seca = $94.34 - 0.28x$
Proteína cruda = $83.978 - 0.335x$
Energía = $94.43 - 0.36x$
Fibra neutro detergente = $91.42 - 0.96x$

Donde x = porcentaje de *Lemna gibba*.

CUADRO 13. COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE *Lemna gibba* Y PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE LOS DIFERENTES COMPUESTOS

COMPUESTO	COEFICIENTES	Periodo I	Periodo II	Periodo III
Materia Seca	R ²	0.56	0.59	0.40
	R	-0.74	-0.77	-0.63
	Probabilidad	0.01	0.00	0.03
Proteína Cruda	R ²	0.50	0.61	0.12
	R	-0.71	-0.78	-0.34
	Probabilidad	0.01	0.00	0.27
Energía	R ²	0.88	0.46	0.43
	R	-0.94	-0.68	-0.66
	Probabilidad	0.00	0.01	0.02
Fibra Neutro Detergente	R ²	0.71	0.79	0.79
	R	-0.84	-0.89	-0.89
	Probabilidad	0.00	0.00	0.00

Los resultados son expresados en porcentaje R= regresión, R² = correlación.

Los valores de correlación (Cuadro 14) entre porcentaje de peso vivo de los animales y la digestibilidad de las variables respuesta Materia Seca, Proteína Cruda, Energía Bruta y Fibra Neutro Detergente aumentaron conforme aumentó el peso de los animales, especialmente en la dieta 3.

CUADRO 14. COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO DE LOS ANIMALES Y PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE LOS DIFERENTES COMPUESTOS

COMPUESTO	COEFICIENTES	Dieta I	Dieta II	Dieta III
Materia Seca	R ²	0.46	0.35	0.36
	R	0.68	0.59	0.60
	Probabilidad	0.02	0.04	0.04
Proteína Cruda	R ²	0.40	0.06	0.69
	R	0.63	0.25	0.83
	Probabilidad	0.03	0.42	0.00
Energía	R ²	0.38	0.41	0.65
	R	0.62	0.64	0.81
	Probabilidad	0.03	0.02	0.02
Fibra Neutro Detergente	R ²	0.32	0.44	0.44
	R	0.56	0.66	0.66
	Probabilidad	0.05	0.02	0.02

Los resultados son expresados en porcentaje R= regresión, R² = correlación.

Dieta I:

Digestibilidad: Materia seca = $83.78 + 0.126x$
 Proteína cruda = $65.91 + 0.26x$
 Energía = $81.10 + 0.158x$
 Fibra neutro detergente = $57.63 + 0.33x$

Dieta II:

Digestibilidad: Materia seca = $72.70 + 0.19x$
 Proteína cruda = $66.01 + 0.12x$
 Energía = $70.40 + 0.19x$
 Fibra neutro detergente = $32.187 + 0.48x$

Dieta III:

Digestibilidad: Materia seca = $75.82 + 0.114x$

Proteína cruda = $57.14 + 0.22x$

Energía = $61.94 + 0.296x$

Fibra neutro detergente = $33.18 + 0.35x$

Donde x = porcentaje de peso vivo de los animales.

CONCLUSIONES.

1. La Lemna gibba, se puede incluir hasta un 15% como la mejor proporción de una fuente proteica no convencional en dietas para cerdos en crecimiento.
2. En el caso de cerdos de mayor edad (a partir de los 60 Kg. de peso), donde los animales tienen un tracto digestivo mas desarrollado, la inclusión de Lemna gibba hasta un 25 % en la dieta, es una buena opción como fuente proteica.
3. La edad de los cerdos es un factor determinante para aumentar la digestibilidad de Lemna gibba, alcanzándose los mejores resultados a los 55 kg de peso vivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Alcocer, J. y Escobar, E. 1996. "Limnological regionalization of Mexico". Lakes and Reservoirs: Research and Management. 2: 55-69
2. Ali, M.A and Leeson, S. 1994. Nutritional value and utilization of aquatic weeds in the diet of poultry. World's Poult. Sci. J. 50:237 -
3. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 1990. 15 Th de. Association of Analytical Chemists. Washington, D.C. pp.
4. Arredondo, F. 1993. Fertilización y fertilizantes, su uso y su manejo en la acuicultura. U.A.M.: 48-62.
5. Batterham 1992, Nutr. Res. Rev 5. 1-18
6. Bui Xuan Men, Ogle RB and Preston T R 1995. Use of duckweed (*Lemna Spp*) as replacement for soya bean meal in a basal diet of broken rice for fattening ducks. Livestock Research for Rural Development. Volume 7, Number 3: 5-8.
7. Boyd, C.E. 1968. Fresh-water plants: A potential source of protein. Econ. Bot. 22: 359-368.
8. Cabrera, Nagel L. 1964. "Las Plantas Acuáticas". Eudeba. Buenos Aires. Argentina.
9. Calorimetría. 1990. Manual de operación de la bomba de combustión con oxígeno Parr Modelo 1108.
10. Cuarón, J.A.; Gómez, V.M.; Robles. C. A. y Shimada S. A. 1980. Valor del ensilaje de maíz en la alimentación de cerdas gestantes. Tec. Pec. Méx., 39: 13-16,
11. Cunha, T.N. 1977. Swine feeding and nutrition. Academic Press, New York, 352pp.
12. Church, C.D. and Pond, G.W. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 1a. Ed. México, D. F., Editorial Limusa, S. A. de C.V. pág. 21-24, 26, 31-48, 51-54, 104, 120, 137-142 y 218. Capítulo 1 y 2
13. Dewanji, A. 1993. Aminoacid composition of leaf proteins extracted from some aquatic weeds. J. Agric Food Chem. 41: 1232-1236.
14. Dierick N A 1990. Proc. IWONL Studiedad Comité voor de Studie van de Varkensvoeding en zicklen. Gent. p. 25-30.

15. Duc. A. N, Preston T.R. 2003. Evaluation of protein quality in duckweed (*Lemna spp.*) using a duckling growth assay. Livestock research for Rural Development, Enero 9,(1)
16. Duc A. N, Preston T.R. 2002. Evaluation of protein quality in duckweed (*Lemna spp.*) using a duckling growth assay. Livestock Research for Rural Development, Mayo 9,(2)
17. Escamilla, L. A 1998. Composición química y obtención de concentrados de proteína foliar de las plantas acuáticas presentes en los canales de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México.
18. Gill, J. L. 1978. Design and analysis of experiments in the animal and medical science. The Iowa State University, USA.
19. Gutierrez, K. Sangines, L. Perez, F. Martinez, L. 2001. Studies on the potential of the aquatic plant *Lemna gibba* for pig feeding. Cuban Journal of Agricultural Science. 35: 4, 343-348. 26
20. Hillman, W.S and Culley D.D. 1978. The uses of Duckweed. American Scientist. 66: 442-51.
21. Hopson, M.S. and Zimba, P.V. 1993. Temporal variation in the biomass of submerged macrophytes in Lake Okeechobee, Florida. J. Aquat. Plant Manage. 31: 78-81.
22. King R. H. and Tavarner, M. R. 1975. Prediction of the digestible energy in pig diets from analyses of fibre contents. J. Anim. Prod. 21: 275-284,
23. Figueroa, V. y Ly, J. 1990: Alimentación porcina no convencional. GEPLACEA/PNUD, México, D. F.
24. Leng, R.A; Stambolie, J.H and Bell R. 1995. Duckweed - a potencial high-protein feed resource for domestic animals and fish. Livestock Research for Rural Development 7 (1):141-152.
25. Ly, J. Fisiología Nutricional del cerdo. 1999. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana Cuba. Maracaibo
26. Ly J, Ty C, Samkol P. 2002 (a), Studies on the use of acid insoluble ahs as inert marker in digestibility trial with Mong Cai pigs. Livestock Research for Rural Development 14 (5). [http:// www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/5/ly145a.htm](http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/5/ly145a.htm)
27. Ly J; Samkol P, and Preston T.R. 2002 (b). Nutritional Evaluation of aquatic plants for pigs: pepsin/pancreatin digestibility of six plant species. Livestock Research for Rural Development, Febrero 14.

28. Maynard, A.L. Loosli, K.J.; Hintz, F.H. y Warner, G.R. 1986. *Nutrición Animal*. 4a. ed., México, DF., Ed. MacGraw-Hill. Págs: 23-27, 34-35, 49-54, 63-77, 95-97, 113-114, 119-122, 144,162-165.
29. Minson, J.D. 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutr. Abstr. Rev. Series B*. 52: 591-615,
30. Muñoz CCHKE; Magaña MMA; Sangines GJR; Lara LPE, 2003. Uso de Morera (*Morus alba*) en la alimentación de cerdas gestantes: aspectos técnicos y económicos. Memorias del XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición SLAN. Acapulco, México.
31. N.R.C. 1988. *Nutrient Requirements of swine*. National Academy Press. Washington, D.C.
32. Pérez, E. R. 1993 "Perspectivas de la porcicultura en México", en XV Simposium de Ganadería Tropical. México
33. Pond, G. W. 1989. Plant fibre utilization by pigs. *Pig News and Information* 10 (1):13-15
34. Rodríguez L and Preston T R. 1996. Comparative parameters of digestion and N metabolism in Mong Cai and Mong Cai*Large White crosses piglets having free access to sugar cane juice and duck weed. *Livestock Research for Rural Development* 8 (1) 72-81.
35. SAS User's Guide: Statistics. 1985. SAS Inc. New York.
36. Shimada, A. *Fundamentos de nutrición animal comparativa*. 1a. Ed., México, D. F., Asociación Americana de Soya, pág. 29-32, 34-41, 43-44,1983.
37. Soriano, H. y Losada, H. 1993. *Modelos de Producción Agropecuaria en la Región de Xochimilco*. II. La Zona Lacustre.
38. Thanh Hang D; Van Lai N; Ly J y Rodríguez L. 1997 Nitrogen Digestión and metabolism in Mong Cai Pigs fed sugar cane juice and different foliages as source of protein. *Livestock Research for Rural Development*, 9, (2).
39. Thi Kim K.N. and Ogle B (2004). Effects of dietary protein level and a duckweed supplement on the growth rateo f local breed chicks. *Livestock Research for Rural Development* 16 No. 8.
40. Taiganides, P. E., Pérez R., Girón E. 1996. "Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México". Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México

41. Van Soest, P. J. and Wine, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell-wall constituents. J. Ass. Off. Agric. Chem. 50: 50-55.
42. Wang, W. 1990. Literature on Duckweed Toxicity testing. Environ Res. 52: 7 – 22