

***UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO***

***FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN***

***POTENCIAL DE UTILIZACIÓN DE *Lemna gibba* EN LA
ALIMENTACIÓN DE CONEJOS***

***TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE MEDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA***

PRESENTAN:

***BECERRA GARCÍA JAIME ANTONIO
NÁJERA GÓMEZ BERTHA JAZMÍN***

***ASESORES:
Dr. JUAN JESÚS RUÍZ CERVANTES
Dra. LEONOR SANGINÉS GARCÍA***



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.

DEDICATORIAS

A mis padres: Irma García y Jaime Becerra

Con mucho cariño y respeto por todo su apoyo incondicional durante toda mi vida...

“Porque las cosas son como son y no como uno quiere que sean”

A mis hermanas: Zazil y Loe

Con la esperanza de que este trabajo las motive dentro de su formación académica y alcancen todas sus metas. ¡Échenle ganas!

A mis abuelos: Amado, Jaime y Mercedes

Con todo mi corazón plétórico de dicha por contar con ellos.

A todos mis tíos y tías por que siempre me han brindado más que palabras para seguir adelante... gracias

AGRADECIMIENTOS

A Bertha Jazmín Nájera Gómez:

Por haber sido mi compañera dentro de este trabajo tan importante para ambos... gracias niña oso.

Todo fluye y refluye...

A la Dra. Leonor Sangines:

Por todo su tiempo, apoyo y amistad dentro y fuera de este trabajo.

Al Q.A. Jesús Alberto Valentino por su amistad dentro y fuera de este proyecto... esos canales nos van a extrañar.

A la universidad:

Por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme dentro de esta gran institución. Y donde e encontrado amigos de toda la vida.

Al Tae kwon do de la UNAM por ser un motor extra para mi. A mis compañeros del gimnasio. Y en especial al Prof. Roberto Valverde por todas sus enseñanzas, tiempo y guía... gracias.

A la manada por todo ese tiempo que compartimos y disfrutamos... gracias por su amistad.

Como no te voy a querer... si mi corazón azul es y piel dorada, siempre te querré...

A los Gómez:

M.V.Z. Gloria, Mauricio y Alfonso por todo su apoyo y en especial por su amistad tan grande... gracias.

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán por facilitar las instalaciones para desarrollar este trabajo en especial al departamento de nutrición animal y a Paty.

A Liliana Vazquez M. por su tiempo para afinar esos detalles.

A Independencia N°2 por la semilla que han dejado dentro de mi. S.F.U.

*“Sólo tienen pies de barro
los que tienen la cabeza vacía”*

AGRADECIMIENTOS

Doy un agradecimiento especial a mis padres, por su apoyo tanto económico como moral, ya que sin ellos, no hubiera podido hacer mi sueño realidad, que es esta profesión, la cual desempeño con amor y respeto.

A mis abuelos José y Alicia; A mi familia Leticia, Wendy, Arturo, Mónica, Viniza, Lalo, Gustavo, Alejandro, Omar, Martín, Irma, Rita, Erik...

A la Dra. Leonor Sangines por su paciencia y confianza.

Al INCMNSZ por todo el apoyo para realizar algo más que este proyecto de tesis.

A los amigos Cristina, Jesús (Chus), Luisquillo, Raquelito, Lizvet, Angelica, Paty...

Al OSO (Toño) por toda la paciencia, cariño y respeto que me das.

A cada uno de mis chiquillos:

Yoka, Mitzus, Hugo, Bogar, Pino, Zaza, Russ, Yula, PP. Por todo el amor, cariño y alegría que me regalan todos los días.

Agradezco a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo de manera incondicional para poder lograr este trabajo.

*“Quien vence a otros, es fuerte;
Quien se vence a sí mismo,
Es poderoso”*

INDICE GENERAL

	Pág.
i RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	9
3. HIPOTESIS	10
4. REVISIÓN DE LITERATURA	11
4.1 El conejo en México	11
4.2 Situación de la cunicultura	12
4.3 Fisiología de la digestión del conejo	14
4.4 Pruebas de digestibilidad	16
4.5 Generalidades de <i>Lemna gibba</i> (Lenteja de agua)	21
4.6 <i>Lemna gibba</i> en la alimentación animal	24
5. MATERIAL Y MÉTODOS	27
5.1 Digestibilidad y consumo	30
5.2 Análisis químicos	31
5.3 Análisis de costos	31
5.4 Análisis estadístico	31
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
6.1 Composición Química de <i>Lemna gibba</i> y de las dietas experimentales	33
6.2 Análisis de Costo-beneficio	36
6.3 Prueba de comportamiento animal	39
6.4 Pruebas de Digestibilidad <i>in vivo</i>	48

7.	CONCLUSIONES	55
8.	RECOMENDACIONES	55
9.	LITERATURA CITADA	57

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Consumo anual estimado de la carne de conejo (kg/ habitante).	14
Cuadro 2.	Composición de aminoácidos en <i>Lemna gibba</i> (g/100g Proteína).	23
Cuadro 3.	Concentración de minerales en <i>Lemna gibba</i> .	23
Cuadro 4.	Composición de las dietas experimentales para las dietas de engorda.	29
Cuadro 5.	Composición química de <i>Lemna gibba</i> reportada en base seca.	33
Cuadro 6.	Análisis químico proximal de las materias primas utilizadas en base seca.	35
Cuadro 7.	Composición química de las diferentes dietas suministradas en base seca.	35
Cuadro 8.	Costo de producción de <i>Lemna gibba</i> y <i>Shoenoplectus americanus</i> .	37
Cuadro 9.	Costo de producción de las dietas experimentales.	38
Cuadro 10.	Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> durante todo el período de engorda (kg).	42

Cuadro 11.	Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> a los 18 días de la engorda (primer periodo).	44
Cuadro 12.	Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> a los 33 días de la engorda (segundo periodo).	47
Cuadro 13.	Digestibilidad <i>in vivo</i> de materia seca de conejos alimentados con diferentes niveles de <i>Lemna gibba</i> .	49
Cuadro 14.	Digestibilidad <i>in vivo</i> de fibra neutro detergente de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> .	51
Cuadro 15.	Digestibilidad <i>in vivo</i> de proteína cruda de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> .	53
Cuadro 16.	Digestibilidad <i>in vivo</i> de energía de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de <i>Lemna gibba</i> .	54

Índice de figuras:

Figura 1.	Diagrama de flujo de la metodología utilizada.	30
-----------	--	----

Índice de Gráficas:

Gráfica 1.	Incremento de peso en diferentes días de la engorda.	39
------------	--	----

RESUMEN

Con el objetivo de conocer el potencial de la planta acuática *Lemna gibba*, en la alimentación animal y su utilización en la producción de carne de conejo; se evaluó su composición química, el comportamiento productivo de los animales alimentados a base de dietas con diferentes niveles de inclusión de *Lemna gibba*, (0, 40 y 60%), comparándolas con una dieta comercial además se midió la digestibilidad aparente *in vivo*. Así mismo se realizó un análisis de costos por concepto de alimentación. Se utilizaron 40 conejos distribuidos en cuatro tratamientos con diez repeticiones cada uno, utilizando un diseño de análisis de varianza completamente al azar ($P < 0.05$). Las variables a evaluar fueron: consumo de alimento, peso inicial y final, ganancia diaria de peso, rendimiento en canal, así como la digestibilidad aparente *in vivo* de Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Energía (E) y Fibra neutro detergente (FND). Los resultados obtenidos mostraron un contenido de 92.37, 29.94, 26.76% de MS, PC y FDN respectivamente y 2.84 Mcal de energía en *Lemna gibba*. Conforme se incrementó el porcentaje de *Lemna gibba* en la dieta, se requirió de mayor tiempo para alcanzar el peso de 2 kilogramos de peso vivo. Se incrementó la conversión alimenticia y disminuyó el rendimiento en canal ($P < 0.05$), siendo estos de 2.21^c, 2.75^b, 3.84^a y 4.08^a y 55.45^a, 51.03^a, 46.19^b y 40.82^c para dieta comercial, 0, 40 y 60% de *Lemna gibba* respectivamente. Se observó que las dietas experimentales presentaron una digestibilidad mayor que la comercial en MS, FND y E; e igual en PC, lo cual no influyó en el comportamiento productivo por un bajo consumo en la primera etapa de la engorda, debido a lo voluminoso del alimento y a la cantidad de energía metabolizable, ya que las dos primeras contenían una cantidad mayor de lípidos totales. El análisis de costo mostró que la dieta más barata fue la de 60% de inclusión de *Lemna gibba* siendo las dietas experimentales más económicas en relación a la dieta comercial en un 50.72%, 66.72 y 68.18% respectivamente. Sin embargo, al analizar el costo por concepto de alimentación por Kg de canal producido, se obtuvieron

valores de 16.08, 15.17, 15.13 y 17.5 pesos para las dietas comercial y con 0, 40 y 60% de *Lemna gibba* respectivamente. Se concluyó que la *Lemna gibba* es una planta que puede emplearse en la alimentación de los conejos, siendo económicamente viable para el productor de traspatio con un 40% de inclusión. Se sugiere que en las dietas con *Lemna gibba* se incluyan energéticos para mejorar el comportamiento productivo de los animales, además de ofrecer el alimento en forma de bloque o empastillado para favorecer el consumo del alimento y evitar el desperdicio.

1. INTRODUCCIÓN

A la fecha se han realizado pocos estudios sobre la utilización y evaluación nutricional de *Lemna gibba* en la alimentación de conejos; algunos autores han observado que esta planta es proveedora de proteína 25% y fibra 11.07% (Gutiérrez *et al* 2001) por lo que presenta ventajas en la alimentación animal.

En referencia a la crianza popular de conejos, es una actividad que se lleva a cabo en diferentes partes del país desde épocas prehispánicas. Esto se ha debido a las particularidades propias de la especie, la cual es capaz de adaptarse a condiciones de confinamiento con poco espacio vital y adaptándose a las más variadas condiciones de alimentación (Rodríguez 2002).

Por otra parte el uso del conejo como alimento y fuente de recursos económicos en países en vías desarrollo continúa en incremento con un interés que se expande en Europa Oriental, África y América Latina. La habilidad de los conejos para reproducirse y brindar carne de gran calidad a partir de dietas de baja calidad, basadas en forrajes y subproductos agrícolas, así como los requerimientos modestos para su alojamiento, los hacen muy adecuados para la agricultura de subsistencia (Rodríguez 2002).

En cuanto a la *Lemna gibba*, se puede mencionar que es una planta acuática con un alto potencial para producir biomasa alta en proteína, en depósitos de agua ricos en nutrientes (Leng 1995); además de tolerar un gran estrés y ser más resistente a plagas y enfermedades en comparación con otras plantas acuáticas. Se ha demostrado que la Lemna puede reemplazar a fuentes de proteína como la soya, en dietas basadas en arroz quebrado para patos en crecimiento (Bui Xuan Men *et al* 1995).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el potencial de la utilización de *Lemna gibba* en diferentes niveles (0, 40 y 60%) en la alimentación de conejos en la fase de engorda, con la finalidad de reducir los costos de alimentación a través de una fuente de proteína no convencional.

2. OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

Medir el potencial de utilización de diferentes niveles de *Lemna gibba* (0, 40 y 60%) en la alimentación de conejos para engorda comparándola con un alimento comercial.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la composición química de la *Lemna gibba* procedente de la región chinampera de Xochimilco.
- Evaluar el efecto de inclusión de *Lemna gibba* (0, 40 y 60%) en dietas para conejos de engorda sobre el comportamiento productivo de los animales y el rendimiento de la canal.
- Realizar pruebas de digestibilidad *in vivo* de la materia seca, proteína cruda, fibra neutro detergente y energía, en conejos alimentados con diferentes niveles de *Lemna giba*.
- Analizar los costos por concepto de alimentación, utilizando las dietas experimentales y comparándolas con una dieta comercial.

3. HIPÓTESIS

La inclusión creciente de *Lemna gibba* (0, 40 y 60%) en dietas para conejos de engorda, no afectará el comportamiento productivo de los animales, ni la digestibilidad *in vivo* de materia seca, proteína cruda, fibra neutro detergente y energía del alimento, así como tampoco se afectará el rendimiento en canal; resultando ser una alternativa económica para los productores de carne de conejo.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 El conejo en México

En México el conejo salvaje endémico pertenece al género gris *Silvilagus*. Hay varias especies como el *Andubonii* de *Silvilagus*, que se encuentra en la mayor parte del territorio; *Brasilensis* de *Silvilagus*, en la parte del sudeste del país; *Floridanus* de *Silvilagus* en la zona del centro; *Bachmani* de *Silvilagus*, en la Península de Baja California y el Zacatucho, en la zona volcánica. La abundancia de nombres revela la importancia de este animal en el pasado (Martínez 2004).

Entre lo Aztecas, Tochtli (conejo) es el octavo de las 20 muestras centrales en la piedra solar azteca. Esta piedra monumental antigua es más que un calendario simple, es un compendio de su opinión cosmogónica del mundo. Tochtli tenía relaciones con Xipetote, la diosa de la agricultura y de las buenas cosechas, también símbolo de la fertilidad (Lebas 1997).

Bartolomé de las Casas en su libro *Los Indios de México y Nueva España* divulgó que las pieles más apreciadas por la gente precolombina era la del conejo, para la confección de su ropa. Se menciona que la carne de conejo también era consumida. Los soldados de Cortés vieron la carne de este animal en los grandes mercados (tianguis), especialmente en la capital azteca (Lebas 1997), también se utilizaba para el trueque o intercambio de otros productos (8 semillas de cacao por un conejo) así mismo era importante en la alimentación de los indígenas de aquella época (Segundo 2003).

Los españoles importaron hacia el año de 1758, para su consumo, conejos domésticos (*Cuniculus de Oryctolagus*), los cuales mantenían en los patios traseros de sus haciendas. La carne del conejo hoy en día es desconocida por

la mayoría de los mexicanos. El consumo *per cápita* de carne de conejo es de 400 gramos (Cruz 2003).

4.2 Situación de la cunicultura

En la actualidad, la cría de conejos de granja proporciona a los campesinos ingresos extras, además ha mejorado el régimen de alimentación de los hogares urbanos y rurales donde se desarrolla esta actividad. Se dice que el conejo es una despensa permanente para la granja, siendo la inversión inicial y los costos de cría muy bajos. Al ser un animal herbívoro, el conejo no compite por el alimento con el ser humano, pues se alimenta en principio de forraje y desperdicios orgánicos (Lebas, 1997). Además, el conejo es un animal muy prolífico: una hembra en un año puede producir de 40 a 45 gazapos, y si estos son sacrificados a los 2 Kg de peso, entonces se puede concluir que una coneja aporta de 80 a 90 Kg de conejo en pie, lo cual significa que en este periodo ha multiplicado 17.77 veces su peso corporal ($80/4.5$) (Martínez, 2004), cabe mencionar que la carne de conejo es muy nutritiva, rica en proteínas, vitaminas y sales minerales y escasos, contenidos de materia grasa y colesterol. Por todo, se ha sugerido que la cunicultura puede mejorar notablemente la alimentación en los países en desarrollo (Martínez, 2004).

La producción cunícola de nuestro país se desarrolla en la actualidad en tres sistemas:

I. - Sistema familiar o de traspatio (80 % de la población animal) La producción esta destinada al autoconsumo. La alimentación se basa en productos agrícolas y desperdicios de casa (pan, tortilla, cáscaras de fruta o verdura); no existe control sanitario alguno. No hay control productivo ni reproductivo (Segundo 2003).

II. - Sistema semi industrial (15 % de la población) se lleva a cabo un manejo reproductivo, productivo y sanitario controlado. En este sistema puede existir o no cierta tecnificación. La alimentación que reciben se basa en alimento concentrado. Su producción se comercializa, generalmente, por medio de intermediarios o de manera directa a clientes fijos (restaurantes, carnicerías), además se utiliza la venta al consumidor de manera directa (Segundo 2003).

III. - Sistema industrial (5 % de la población). En este sistema se cuenta con un número de 100 a 200 o más hembras reproductoras; en algunas granjas se ha puesto en práctica los conocimientos y la experiencia de los grandes países productores de carne de conejo (inseminación artificial y manejo en bandas); el manejo reproductivo, productivo y sanitario es estricto. Se hace indispensable el uso de registros y la utilización de alimentos concentrados. La producción que se obtiene de este sistema se destina a restaurantes, centros comerciales o al público de manera directa (Segundo 2003).

Emmanuelle Guerne-Bleich, experta del Departamento de Producción Animal de la FAO, mencionó que “cada vez se reconoce más que las pequeñas especies, sobre todo los conejos, tienen un potencial que hasta ahora no se ha valorado suficientemente” (FAO, 2001).

A nivel mundial la producción de carne de conejo es de 900 mil toneladas, siendo China el principal productor con 322 mil, seguido por Italia con 212 mil, España con 120 mil, y Francia con 94 mil toneladas. En el caso de México la producción anual es de aproximadamente 200 toneladas; el consumo *per cápita* asciende a 50g por habitante (Segundo 2003).

En la actualidad se reportó, una producción de 42 mil toneladas con un consumo *per capita* de 400g (Cruz 2006).

Cuadro 1. Consumo anual estimado de la carne del conejo (Kg/ habitante)

PAÍS	CONSUMO PER CAPITA
Italia	5.56
España	3.08
Francia	2.79
Portugal	0.76
México	0.50

Segundo 2003

4.3 Fisiología de la digestión del conejo

El conejo es un animal herbívoro monogástrico y para satisfacer sus necesidades metabólicas, cuenta con un aparato digestivo que le permite la ingestión de elevadas cantidades de alimento y un tránsito rápido de los mismos (Rosell 2000), y su fisiología es diferente al resto de las especies. Una de las características más sobresaliente es la denominada (en forma equivocada) coprofagia, acto estricto de ingerir excretas y así ha sido utilizado durante mucho tiempo; sin embargo el conejo, puesto que no ingiere cualquier excreta, y sólo consume las heces blandas o cecotrofos y porque el acto forma parte importante de su proceso nutricional, es llamado cecotrofia. También debe mencionarse que si el término coprofagia es inadecuado, el de pseudorrumia, resulta incorrecto (Martínez 2004).

El conejo produce dos tipos de excretas, heces duras o diurnas y heces blandas, nocturnas o cecotrofos. Las primeras son producidas básicamente en la primera parte del colon, mientras las heces blandas, están constituidas por contenido cecal y por esta razón son acertadamente denominadas cecotrofos. La diferencia entre los dos tipos de heces no sólo radica en su proporción de humedad. Los cecotrofos contienen mayor cantidad de agua, proteínas,

vitaminas y minerales, y menos fibra que las heces duras. Además, las heces blandas presentan una apariencia diferente: no son las bolitas fecales típicas (heces duras), sino pequeñas porciones alargadas; generalmente eliminadas en grupo (o en racimo) debido a que las células del colon les agregan una capa mucilaginosa con lo cual se suscita su cohesión. Los cecotrofos son tomados en forma directa por el animal dirigiendo su boca hacia el ano sin permitir que éstos caigan al piso. A diferencia de los rumiantes, que experimentan la fermentación en un segmento digestivo anterior al intestino delgado, el cual constituye la superficie de absorción de nutrientes, el conejo experimenta la fermentación en un nivel posterior de la superficie referida, y ello significa que, de no practicar la cecotrofia, todos los beneficios derivados de la fermentación se eliminarían a través de las heces (Martínez 2004).

En general los alimentos naturales se pueden dividir en dos: voluminosos y concentrados; los primeros están constituidos por forrajes frescos o henificados, mientras que los segundos están representados por granos como maíz, avena, sorgo entre otros, los cuales son ricos en energía, además de las fuentes proteicas como la soya, cacahuete y frijol (Cheeke 1995).

Las necesidades nutricionales de los conejos en la fase de engorda son de: 16% PC, 2500 Kcal/Kg de energía digestible, aunque puede haber una variación, ya que existe un intervalo amplio de niveles energéticos, ajustando los animales su ingesta voluntaria para cubrir las necesidades energéticas. Se menciona que es muy importante suministrar la cantidad adecuada de fibra bruta indigestible, por su importancia en la motilidad ceco-colónica. La mejor medida analítica para este compuesto es mediante el método de fibra ácido detergente (FAD), y en el caso de los conejos se recomiendan niveles de 21% o bien 13% fibra bruta (Cheeke 1995).

4. 4 Pruebas de digestibilidad

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado, en primera instancia, por el análisis químico proximal, 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 (Minson 1982). 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 mismo, así, la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que existen diferentes moléculas en éste, unas se digieren y absorben fácilmente y otras son resistentes a la degradación bacteriana y enzimática y por ende, excretadas en las heces, es precisamente este tipo de análisis lo que marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa de la cualitativa (Minson 1982).

Con las pruebas de digestibilidad o de balance se cuantifican los nutrimentos que son ingeridos y absorbidos en el tracto digestivo, así como las cantidades que se eliminan 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 supone 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 (Church y Pond, 1987; Maynard y col., 1986; Shimada, 2003).

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, pues no se hacen las mediciones, ni correcciones de los aportes metabólicos, ni endógenos (de origen corporal), tales como enzimas, hormonas, metabolitos o células de descamación, entre otros y que se producen como consecuencia del proceso

digestivo, apareciendo en las heces sin ser un residuo alimentario. En el caso de obtenerse dichos valores, al hacerse la corrección, se obtiene la digestibilidad verdadera, que refleja en forma más precisa la absorción de los nutrimentos aportados por el alimento (Maynard y col, 1986; Shimada, 2003).

En una prueba de digestibilidad *in vivo*, se alimenta a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, para medir la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un tiempo determinado, el cual se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere que la recolección cuantitativa de las heces esté libre de contaminación urinaria y que éstas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento ingerido previamente medido. Después, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras (Church y Pond, 1987; Maynard y col., 1986).

Al animal se le suministra la dieta a probarse durante un período preliminar para eliminar residuos provenientes de alimento consumido antes de iniciar el estudio, además de permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después de este período se inicia la recolección de heces, enseguida, se hace un análisis de las mismas, ya que los componentes que se pierden en éstas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de los procesos de degradación del alimento en el tracto gastrointestinal y se expulsa el remanente en las heces (Church y Pond, 1987; Maynard y col., 1986).

Como se mencionó, el término digestibilidad va a expresar el porcentaje de todo el alimento o de un componente de éste en particular, el cual no es excretado por el animal, suponiendo que es aprovechado y absorbido en el tracto gastrointestinal. Se acostumbra expresar sus cantidades en función del contenido de materia seca, y como porcentaje de coeficiente de digestibilidad (Church y Pond, 1987).

La digestibilidad aparente de la materia seca se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{C - E}{C} \times 100$$

Donde:

C = Consumo de materia seca

E = heces en base seca (Church y Pond, 1987).

Para un estudio de digestibilidad *in vivo* se recomienda utilizar jaulas metabólicas, las cuales son modificaciones de las utilizadas en un principio para animales de laboratorio. Una característica esencial de estas jaulas es que el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para recostarse y para levantarse, permitiendo separar las heces de la orina. En las jaulas que se emplean en la actualidad, el animal se encuentra confinado de tal manera que no puede darse la vuelta, ajustando el largo de las mismas al tamaño del animal, de tal manera que las heces caen en forma directa a un recipiente colocado ex-profeso. El comedero se encuentra al frente, tanto su construcción como colocación evitan que el alimento se desparrame (Maynard y col., 1986).

Existen diferentes factores que afectan la digestibilidad de un alimento, como por ejemplo la composición y preparación del mismo; el tiempo de tránsito a través del tracto gastrointestinal o factores que el animal posee, como son la especie, edad, etapa productiva, etc. Por otra parte, se podría dar el caso en donde la digestibilidad pudiera ser sobrestimada, especialmente cuando la última comida del período experimental es larga y el incremento de la salida fecal se retrasa hasta después del final de la colección fecal (Church y Pond, 1987).

Asimismo, 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 más o menos grandes en el aprovechamiento de los alimentos, estas van a depender de la raza, etapas productivas (edad), estado de salud, entre otras, lo que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes. Por lo tanto, la digestibilidad del mismo alimento puede variar aun dentro de la misma raza debido a que existen requerimientos nutricionales diferentes de un animal a otro (Shimada 2003).

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 los órganos del aparato gastrointestinal, éstos tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y en el aprovechamiento de los nutrimentos (Maynard y col., 1986).

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de algunos forrajes o raciones en rumiantes (Van Soest, 1982; Church y Pond, 1987) destacan:

- a) La cantidad de alimento consumido: ya que cuando éste aumenta, se reduce la digestibilidad en virtud de que el pasaje de la digesta se incrementa.
- b) Cantidad de fibra y/o lignina en el alimento: como regla general, la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme el porcentaje de fibra ácido detergente aumenta.
- c) Diferencia entre las especies: los bovinos digieren los forrajes mejor que los ovinos, que a su vez digieren mejor los concentrados que los primeros; inclusive entre animales de la misma especie existen diferencias: se ha visto

que el ganado cebú tiene mayores tasas de fermentación que el ganado europeo.

- d) Deficiencias nutricionales: numerosos experimentos indican que la relativa o absoluta deficiencia de proteína resulta en una reducción de la energía digerible; también es notorio que la deficiencia de algunos micro y macro minerales (Mg, P, S, Fe, Co, Mn, Zn) disminuye la digestión.
- e) Factores que afectan el apetito: cualquier aspecto que afecte el apetito tiene efecto en la digestibilidad; éstos incluyen tanto la naturaleza física de la ración como la ausencia o presencia de algún nutrimento.
- f) Frecuencia en la alimentación, ya que al aumentarse ésta, se tiende a incrementar la digestibilidad.
- g) Preparación del alimento: al rolar los granos se aumenta la digestibilidad; en este rubro pueden incluirse los tratamientos que reciben los esquilmos o pajas (físicos, químicos o biológicos).
- h) Efecto asociativo del alimento: se ha observado que una combinación de pellet de alfalfa y ensilado de maíz tiene mayor digestibilidad que estando estos separados.
- i) Adaptación a cambios de ración: la flora requiere en algunas especies, un periodo mínimo 10 días de adaptación; de no ser así la digestibilidad disminuye.

Los métodos para medir la digestibilidad, que implican el empleo de animales vivos (*in vivo*), resultan costosos en cuanto al tiempo; requiere de mano de obra calificada, y grandes cantidades de alimento. Además el número de análisis

químicos es elevado, aunque poseen menos posibilidades de error con relación a los métodos alternativos (Maynard, y col., 1986; Shimada, 2003), por todo esto se han desarrollado métodos de digestibilidad *in vitro*.

4.5 Generalidades de *Lemna gibba* (Lenteja de agua).

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

El contenido nutrimental de las macrófitas varía considerablemente entre especies y es altamente dependiente de la estación localidad y morfología de la planta. La proteína esta presente en relativamente baja concentración en la planta fresca y se asocia con material intracelular y estructural. Durante la extracción de un concentrado proteico además se obtiene un alto contenido de carotenos, Xantofilas, almidón y minerales como hierro, calcio fósforo (Virabalin *et al*. 1993; Bates y Hentges 1976).

Lemna gibba tiene morfología simple, carece de tallos y hojas verdaderas, posee un pequeño cuerpo oval y plano, llamado fronda y mide de 0.8 a 1.5 cm. Cada una de ellas produce cerca de 20 frondas hijas durante su tiempo de vida el cual es de cuatro semanas aproximadamente (Arredondo, 1993; Slocumn y Robinson, 1997; Leng y *et al*, 1995 y Hillman, 1961).

Es una pequeña planta flotadora de morfología simple, rápido y abundante crecimiento, 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 condiciones de laboratorio es capaz de mantener su crecimiento en un amplio rango de pH entre 3,5 y 9. Sin embargo, el pH óptimo de crecimiento dependerá de la fuente nitrogenada; para urea y amonio nitrato es de ≥ 4 , con nitrato de sodio, pH 6-7, mientras que con amonio es 5-6 (Morales *et al.*, 2006).

Russof *et al* (1980) determinaron el potencial proteico y aminoacídico de diferentes lemnáceas crecidas en aguas de desecho. La composición encontrada, en base seca fue de: 25-36.5% de proteína cruda, 8.8 –11% de fibra cruda, 4.7 – 6.6% de grasa, 14 –17% de cenizas y 1.5 – 2% de lisina. Por su parte, Carranco *et al.* (2002) quienes analizaron *Lemna gibba* de la región de Xochimilco, D. F., obtuvieron valores de 30.28% P.C., 4.28% EE y 48.28% de carbohidratos totales y 6.01% de lisina; mientras que Gutiérrez *et al.* (2001), encontraron 27.82%, 1.10%, 35.82% y 4.18% respectivamente, mientras que para los aminoácidos, se observó que comparte características nutritivas de las fuentes proteínicas empleadas en la alimentación animal como son la pasta de soya, harina de pescado y sangre. En el cuadro 2 se describen los contenidos de lisina y en metionina, lo que indica su gran potencial como complemento en dietas con base en cereales.

Gutiérrez (2001) mencionó que la concentración de minerales de la planta acuática, varían en dependencia de factores ambientales, riqueza del agua donde se desarrolla la planta e inclusive por los tratamientos posteriores a su recolección. La concentración de minerales se presenta en el cuadro 3. En cuanto a factores antinutricionales el mismo autor menciona que no se presentaron en la planta.

Cuadro 2. Composición de Aminoácidos en *Lemna gibba* (g / 100g Proteína).

<u>ESENCIALES</u>		<u>SEMIESENCIALES</u>		<u>NO ESENCIALES</u>	
METIONINA	1.52	CISTEINA	1.06	GLICINA	4.61
Met + Cys	2.58	ARGININA	4.48	SERINA	3.93
LISINA	4.18			PROLINA	3.72
TREONINA	3.89			ALANINA	5.54
ISOLEUCINA	6.85			Ac. ASPARTICO	9.21
VALINA	5.07			Ac. GLUTAMICO	9.34
HISTIDINA	1.2				
FENILALANINA	4.18				

Gutiérrez 2001

Cuadro 3. Concentración de minerales en *Lemna gibba*.

MINERALES	PARAMETROS DE LA FAMILIA LEMNACEA mg/ 100 g	Escamilla (1998)
Cu	1.12	1.19
Zn	22.78	17.71
Ca	1054.35	1944.35
Na	13317.27	896.66
K	3727.75	3013.40
Fe	157.91	34.51
Mg	466.35	484.07

Lemna gibba pueden ser cultivadas para proveer alimento a diferentes especies animales, requiriendo cuidado en su manejo, protección al viento, control de la densidad poblacional de la planta, mediante una cosecha

constante y provisión de nutrimentos en el agua; cuando se logra cubrir estas variables, la producción puede llegar a ser de 10 – 30 toneladas de materia seca / hectárea / año; en condiciones óptimas, las lemnáceas presentan 35 – 43% de proteína, 5 – 15% de fibra y hasta 5% de grasa poliinsaturada (Leng *et al.*, 1995)

Su cultivo es relativamente fácil, puede hacerse en estanques excavados en la tierra o bien estar en tierra forrados con polietileno alimentados de efluentes procedentes de biodigestores plásticos. El diseño de los estanques deberá cumplir con una profundidad de 20 -25 cm; concentración de nitrógeno de 20 mg N/ litro; aplicar 200 g de semilla de *Lemna* /m² (Leng *et al.*, 1995).

Las lemnáceas han sido estudiadas por representar un medio potencial reductor de la concentración de nutrimentos inorgánicos y de contaminación orgánica en aguas de desechos; así como una fuente alterna de alimentación animal, indicador biológico de la calidad del agua y como un material modelo en el estudio de poblaciones vegetales (Arredondo, 1993; Slocumn y Robinsón, 1997; Westerdahl y Getsienger, 1988; Ali y Leeson, 1994).

La necesidad de encontrar fuentes proteicas para la alimentación animal justifica el uso de la *Lemna gibba*, obteniéndose un doble beneficio: el aprovechamiento de un recurso de elevado valor nutricional para el conejo, y por otra parte en estos momentos se considera un elemento contaminante del medio ambiente principalmente en el Lago de Xochimilco.

4.6 *Lemna gibba* en la alimentación animal

Las plantas acuáticas han sido empleadas por pequeños productores en climas tropicales de países en vías de desarrollo para alimentar aves, cerdos y peces

como una fuente rica en proteína. En rumiantes, podrían representar una fuente de nitrógeno y fósforo (Gutiérrez *et al* 2001).

La composición química de *Lemna gibba* 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).

Leng *et al* (1995) mencionaron que esta planta puede ser utilizada en la alimentación de patos y pollitos, ya que se obtiene una mayor conversión alimenticia y también una ganancia de peso, proporcionándola preferentemente en forma deshidratada. Igualmente puede emplearse en la alimentación de cerdos de traspatio y rumiantes si se encuentra recién cosechada.

Comparado con la mayoría de las plantas, las hojas de *Lemna gibba* 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).

Por otra parte Bárcena (2006) reporta que la inclusión de un 15 y 25% en dietas de cerdos no modifica las variables productivas, mientras que los costos de producción disminuyen al incluir *Lemna gibba* como sustituto de la pasta de soya.

Thanh Hang (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; encontrando que los cerdos alimentados con la *Lemna minor*, fueron mas pesados (86.31 Kg), ganaron peso más rápido (0.552 kg/d) y obtuvieron una mejor conversión alimenticia (3.66) en relación a 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 algunas 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).

5. MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán" y en una granja de pequeños productores en San Luis Tlaxialtemalco delegación de Xochimilco D.F. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, se encuentra situado en la zona sureste del D. F., 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 2300m y el clima, según la clasificación de Crepen, corresponde a un templado subhúmedo con bajo grado de humedad (C(WO) (W)), 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.

La *Lemna gibba* fue recolectada en forma manual con ayuda de una canoa, zarandas, jornaleros, en los canales del pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, donde crece de manera natural sin ninguna atención agronómica. Posteriormente se secó al sol en bastidores. Una vez seca, se pasó por un tamiz para eliminar la materia ajena a este estudio.

La prueba de comportamiento productivo fue realizada en una granja de pequeños productores de Xochimilco, utilizando 40 conejos machos previamente desparasitados internamente, los cuales fueron identificados por tipo de dieta (comercial, 0, 40 y 60), número de conejo (uno a diez), pesados y alojados en jaulas individuales. Asimismo los animales se distribuyeron al azar en cuatro tratamientos con 10 repeticiones cada uno; un testigo con alimento comercial y tres tratamientos con 0, 40 y 60% de inclusión de *Lemna gibba* respectivamente. Las dietas se ofrecieron a libertad en dos raciones diarias, llevándose un registro del consumo de alimento pesando lo ofrecido y lo rechazado diariamente.

El agua se ofreció a voluntad del animal a través de bebederos automáticos. Los conejos se pesaron al inicio y cada dos semanas, hasta llegar a peso de mercado (2 Kg aproximadamente) como se representa en la grafica 1. Se calculó el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión y eficiencia alimenticia. Una vez sacrificados los animales se evaluó el rendimiento en canal, restando el peso del animal en pie, del peso en canal como se muestra en la figura 1.

Se formularon tres dietas de acuerdo a las recomendaciones que el NRC (1977) da para conejos considerando en la etapa de crecimiento proteína cruda, fibra cruda y energía; estas incluyeron 0, 40 y 60% de *Lemna gibba* así como un alimento comercial peletizado. Las dietas no fueron isocalóricas ni isoproteicas dados los incrementos de la cantidad de *Lemna gibba* en las diferentes dietas, se incrementó la proteína cruda y la energía en relación a la dieta testigo como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales para las dietas de engorda.

Ingredientes	Testigo	40%	60%
<i>Lemna gibba</i>	---	40	60
Zacaltule	---	28	24
Alfalfa	22.13	3	---
Sorgo	7.18	5	5
Soya	14.4	3	---
Salvado	35.21	---	---
Melaza	20	20	10
Min. Y Vit.	1	1	1
Calculado			
% P.C.	15.97	16.43	18.84
% F.C.	11.99	12.09	12.28
ED Kcal.	2597	2678	2730

5.1 Digestibilidad y consumo.

Para la prueba de digestibilidad aparente *in vivo*, se realizó a los 18, a los 33 y 54 días de la engorda utilizando a los mismos animales de la prueba de comportamiento en un diseño completamente al azar de cuatro tratamientos con diez repeticiones cada uno. La colecta de las heces se hizo durante 4 días. Las heces se pesaron diariamente, y se tomó una alícuota de 10%, esta se conservó en congelación para sus análisis posteriores tanto de materia seca, proteína cruda, energía como de paredes celulares. Al mismo tiempo se llevó el registro del consumo de alimento, en la figura 1 se muestra el diagrama de flujo de esta etapa del trabajo.

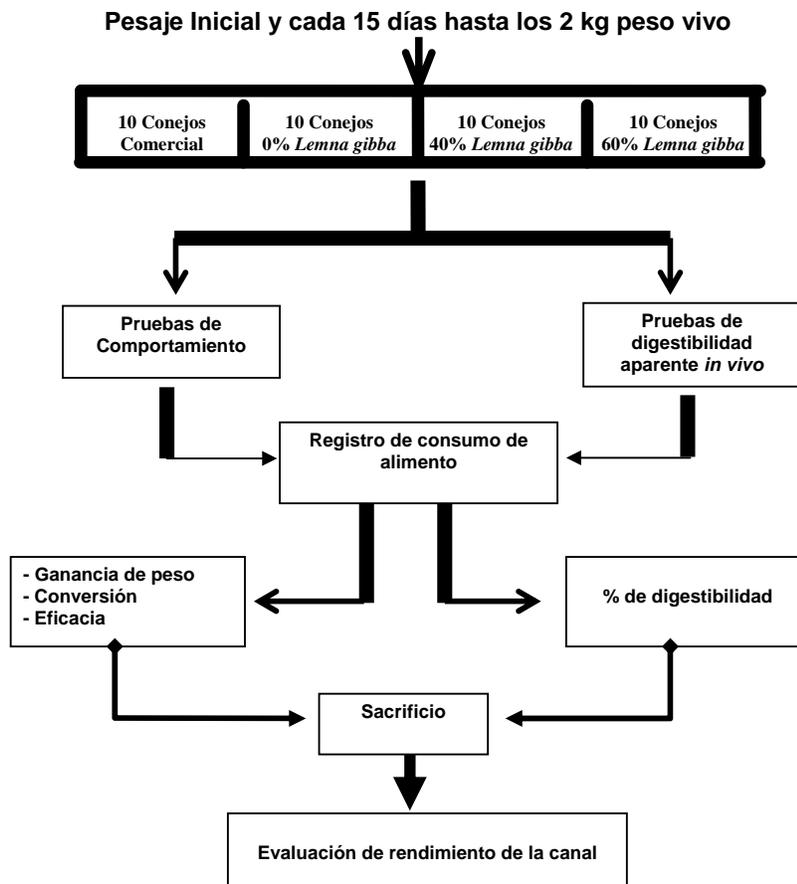


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología utilizada.

5.2 Análisis químicos

La evaluación química de la planta, de las materias primas para elaboración de las dietas y de las dietas, se hicieron mediante el análisis químico proximal de acuerdo con los métodos propuestos por la AOAC (1995), fracciones de fibra según la metodología de Goering y Van Soest, (1970) con equipo Ankom; Energía Bruta por bomba calorimétrica (Calorimetría, 1990). Los análisis se realizaron por triplicado. Encontrando como resultado los valores representados en el cuadro 5.

5.3 Análisis de costos

Para la evaluación del costo de producción de la *Lemna gibba* deshidratada bajo un sistema artesanal, se consideraron todos los insumos necesarios para su cosecha y tratamiento, haciendo una recopilación fehaciente del costo de los mismos. También se llevó un control de los costos de los diferentes ingredientes para la elaboración de las raciones y de la dieta comercial.

5.4 Análisis estadísticos.

Tanto para la prueba de comportamiento productivo como para los análisis de digestibilidad *in vivo* se realizó un análisis de varianza completamente al azar con un nivel de significancia de $P < 0.05$., de acuerdo al siguiente modelo:

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

Y_{ij}	=	Valor de todas las observaciones
μ	=	Media general de las observaciones
τ_i	=	Efecto del i -ésimo tratamiento
ε_{ij}	=	Error aleatorio

En el caso del análisis estadístico de la prueba de comportamiento por períodos se empleó un análisis de covarianza, considerando el peso inicial como covariable, con un nivel de significancia de $P < 0.05$, de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta (x_{ij} - x_{..}) + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij}	=	Valor de todas las observaciones
μ	=	Media general de las observaciones
τ_i	=	Efecto del i -ésimo tratamiento
β	=	Coefficiente de regresión de la covariable $(x_{ij} - x_{..})$
x_{ij}	=	Valor de la variable concomitante de la i -ésima repetición del j -ésimo tratamiento
$x_{..}$	=	media general de los valores de la covariable
ε_{ij}	=	Error aleatorio

Se consideraron cuatro tratamientos con diferente número de repeticiones; la diferencia entre medias se analizó con la prueba de Tukey, utilizándose el paquete estadístico Statical Analysis System (SAS, 1985).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Composición Química de *Lemna gibba* y de las dietas experimentales.

La composición química de la *Lemna gibba* se presenta en el cuadro 5, en el mismo también se muestran los valores reportados por diferentes autores. Como se puede observar todos los compuestos se encuentran dentro de los valores informados en la literatura. La variación en la cantidad de proteína cruda pueden deberse probablemente al lugar en donde crece *Lemna gibba* y a la cantidad de compuestos nitrogenados presentes en el mismo. Arredondo (1993) mencionó variaciones entre 7 y 45% de proteína dependiendo de la disponibilidad del nitrógeno presente en soluciones que contenían entre 1 y 7% de nitrógeno. En la actualidad esta especie se esta cultivando en afluentes de biodigestores, como lo demuestra el trabajo de Thi Kim y Ogle (2004).

Cuadro 5. Composición química de la *Lemna gibba* reportada en base seca.

	Russof <i>Et al., 1980</i>	Haustein <i>et al., 1994</i>	Escamilla, 1998	Gutiérrez <i>et al., 2001</i>	García, 2006	Presente Estudio
MS, %	11,98	10,2	16,8	10,96	10,96	7.63
PC, %	25,2 - 36,5	32,9	30,28	27,82	25,4	29.94
EE, %	4,70 - 6,6	3,9	4,28	1,106	1,37	2,67
Cenizas %	14,1 - 17,1	22,1	17,31	24,15	20,14	19,15
FC, %	8,8 - 11	16,1	---	11,07	11,07	35,97
FND, %	---	---	27,32	47,84	47,84	26,76
FAD, %	---	---	26,29	35,027	39,28	---
Lignina, %	---	---	---	8,48	---	---
Celulosa, %	---	---	---	18,56	---	---
Sílice, %	---	---	---	8,31	---	---

--- No determinado

Al comparar los datos de esta investigación con los obtenidos por Gutiérrez *et al* (2001) y García (2006), quienes trabajaron con material de la misma región, se puede observar que la composición química se mantiene constante independientemente del tiempo de colecta ya que en la mayoría de los compuestos se encontraron valores similares. En el caso de las FND, los valores observados fueron menores cuando se comparan con Gutiérrez *et al*, pero similares a los reportados por Escamilla (1998), es probable que la diferencia surja por la madurez de la planta.

En cuanto a la fibra, en términos generales las macrófitas acuáticas tienen muy poco de ella (Arredondo1993), y se mantiene una relación entre el grado de madurez de la planta y la concentración de proteína, misma que con la edad de la planta y se observa un aumento en el contenido de taninos y de fibra (Arredondo1993).

En general las macrófitas acuáticas contienen altos contenidos de agua (Arredondo1993), por lo que la *Lemna gibba*. no es la excepción, esto es una limitante para su utilización en los alimentos balanceados, pues se pueden elevar los costos de producción dependiendo del proceso de secado, por lo tanto se requiere el desarrollo de tecnología para el tratamiento de materias primas con alto un contenido de humedad.

Cabe mencionar que la concentración de minerales que puede presentar la planta acuática, va a variar dependiendo de distintos factores ambientales como es la riqueza del agua en la que se desarrolla inclusive los tratamientos posteriores a su recolección. (Gutiérrez 2001).

En el cuadro 6 se presenta el análisis químico proximal de las materias primas utilizadas en la formulación de las dietas; mismas que se encuentran dentro del rango establecido para cada una de ellas en la literatura.

Cuadro 6. Análisis Químico Proximal de las Materias Primas Utilizadas en Base Seca.

	Soya	Sorgo	Alfalfa	Zacaltule	Salvado	LEMNA	Melaza
HUMEDAD	8,53	7,68	5,36	72,71	92,37	92,37	19,99
MS	91,47	92,32	94,65	27,29	7,63	7,63	80,02
PC	43,11	7,37	14,00	15,66	15,01	29,94	6,60
EE	1,64	3,90	1,69	5,59	3,51	2,89	---
C	6,60	3,48	7,45	14,15	9,47	21,13	11,31
FC	28,56	28,75	61,14	48,21	35,83	40,54	---
ELN	20,09	56,50	15,72	16,39	36,18	5,50	---
ENERGIA	3,59	3,51	3,68	3,41	3,06	2,84	3,50

--- No determinado

La composición química proximal en base seca de las dietas suministradas con *Lemna gibba*, así como el alimento balanceado utilizado durante toda la engorda, se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Composición química de las diferentes dietas suministradas en base seca.

PERIODO 1	Dieta 1 (Comercial)	Dieta 2 (Testigo)	DIETA 3 (40% Lemna)	DIETA 4 (60% Lemna)
Humedad	6.55	9.2	10.36	9.35
Materia seca	93.46	90.8	89.64	90.65
Proteína cruda	16.41	18.8	19.50	18.44
Extracto etéreo	3.50	2.7	2.03	2.27
Cenizas	10.02	12.4	19.81	21.35
Fibra cruda	40.31	38.4	41.74	41.75
Extracto libre de nitrógeno	29.75	27.7	16.93	16.18
Energía bruta	3.51	3.4	3.09	3.22
Fibra neutro detergente	34.48	37.58	28.59	33.30

Se puede observar que la dieta con 40% presentó mayor cantidad de proteína cruda en relación a las otras dietas experimentales, siendo la dieta comercial la que tuvo el menor contenido.

En cuanto a las cenizas y a la fibra cruda, se ve que conforme se incrementó la cantidad de *Lemna gibba* en la dieta, estos compuestos también se fueron incrementando; sin embargo, todas dietas en base seca, cubrieron los requerimientos para conejos en crecimiento (Cheeke, 1995).

6.2 Análisis de costos – beneficios

Como se mencionó en material y métodos, para calcular el costo de las plantas acuáticas empleadas en este trabajo, se consideraron los diferentes insumos requeridos para su cosecha, mismos que se presentan en el cuadro 9, en este se muestra que 1 kg de *Lemna gibba* seca se calculó en \$ 1.83, pues de una tonelada cosechada en base húmeda, se obtuvieron 76.30 Kg de producto deshidratado, mientras que 1 kg de zacaltule se calculó en \$0.62.

Para la cosecha de *Lemna gibba* se requirieron los siguientes insumos:

- Una Canoa y 2 zarandas. La renta por dos horas de este equipo para la cosecha de la planta tuvo un costo de \$12.50.
- Mano de obra: para la cosecha de aproximadamente una tonelada de la planta en los canales de Xochimilco, fueron necesarios dos jornaleros trabajando 1.5 horas los cuales tienen un salario por ocho horas de jornada laboral de 200.00. Se requirió de un jornalero adicional, que en espacio de media hora al día por tres días trabajaba dándole mantenimiento a la planta volteándola para lograr una buena deshidratación de la misma, por lo que el costo total por este ascendió a \$ 112.50.

En cuanto al zacaltule (*Shoenoplectus americanus*) únicamente se requirió de un jornalero una hora, tres veces por semana con el salario mencionado con anterioridad.

Cuadro 8. Costo de producción de *Lemna gibba* y *Shoenoplectus Americanus*.

<i>Material</i>	<i>Materia Prima</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario (\$)</i>	<i>Precio Total (\$)</i>
<i>Lemna gibba</i>				
Renta de Canoa y Zarandas	Hora	2	\$ 6.25	\$ 12.50
Mano de Obra (Cosecha)	Hora	3	\$25.00	\$ 75.00
Mano de Obra (Mantenimiento)	Hora	1.5	\$25.00	\$ 37.50
Total por 76.30 Kg				\$ 125.00
Precio por Kg (<i>Lemna gibba</i>)				\$ 1.64
<i>Shoenoplectus americanus</i>				
Zacaltule				
Mano de Obra (Cosecha 40Kg)	Hora	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Total por Kg				\$ 0.62

En el cuadro 9 se muestra el costo de producción de las dietas con un desglose de los precios por Kg de cada una de las materias primas. Para el alimento balanceado se consideró el costo en el mercado que fue de \$5.00/Kg. El análisis reflejó que la dieta más barata fue la de 60% de inclusión de *Lemna gibba*, siendo las dietas experimentales mas económicas en relación a la dieta comercial en un 50.72% la testigo, 66.72% la de 40% de inclusión de *Lemna gibba* y 68.18% la de

60%. Al analizar el costo por concepto de alimentación por kg de canal producida, se obtuvieron valores de 16.08, 15.17, 15.13 y 17.5 pesos para las dietas comercial y con 0, 40 y 60% de *Lemna gibba* respectivamente, por lo que tanto la dieta testigo como la de 40% resultaron ser las mas económicas.

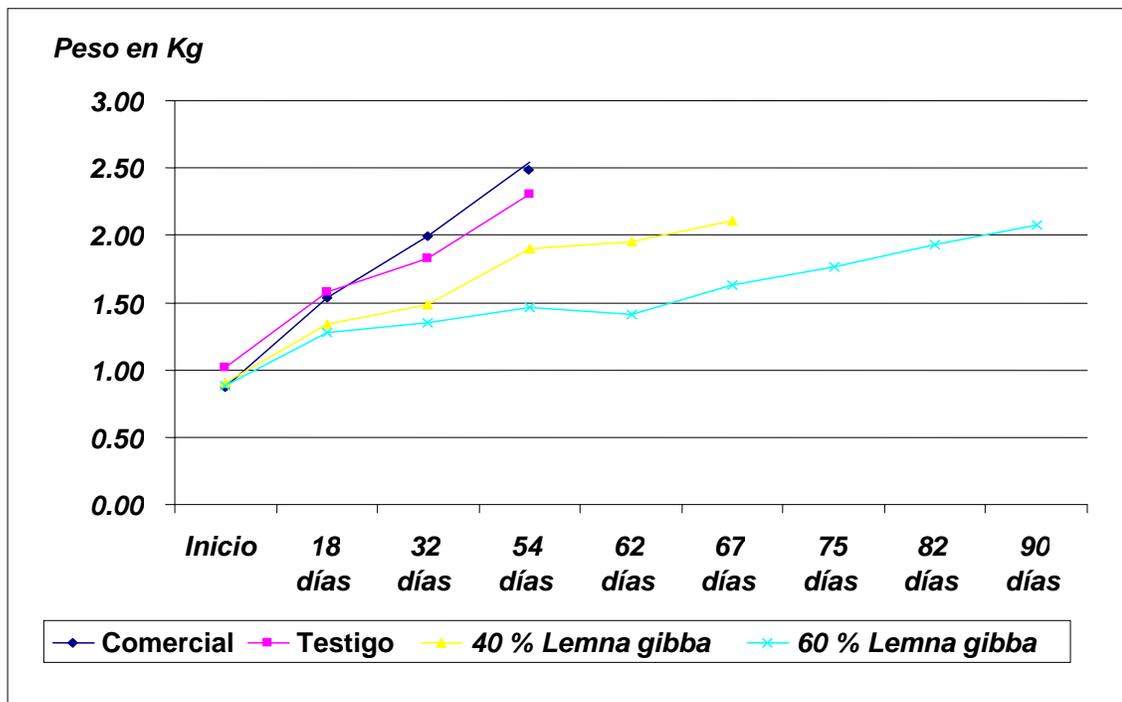
Cuadro 9. Costo de producción de las dietas experimentales.

<i>Dietas</i>							
		<i>Testigo</i>		<i>40 % Lemna gibba</i>		<i>60 % Lemna gibba</i>	
Precio / kg		% de inclusión	Total \$	% de inclusión	Total \$	% de inclusión	Total \$
Lemna	1.65	0	---	40	66.00	60	99.00
Zacaltule	0.60	0	---	28	16.8	24	14.4
Alfalfa	2.25	22.13	49.79	3	6.75	0	---
Sorgo	2.15	7.18	15.44	5	10.75	5	10.75
Soya	4.12	14.4	59.40	3	12.38	0	---
Salvado	2.16	35.21	76.05	0	0	0	10.80
Melaza	3.00	20	60.00	20	60.00	10	30.00
Min. y Vit.	10	1	10	1	10	1	10
Total		100	270.68	100	182.68	100	174.95
Precio por Kg de alimento			\$ 2.71		\$ 1.83		1.75

6.3 Pruebas de comportamiento animal

Durante la fase de engorda dos conejos del tratamiento con inclusión del 60% de *Lemna gibba* presentaron un retraso importante en su crecimiento, presentando ganancias de peso muy por debajo en relación a los animales de este tratamiento por lo que se retiraron del experimento, quedando al final del mismo 8 repeticiones; por dicha razón los resultados se analizaron estadísticamente para un diseño de análisis de varianza completamente al azar desbalanceado mediante el procedimiento “general lineal meter” GLM del SAS (SAS, 1985).

El incremento de peso en diferentes días de la engorda esta representado en la gráfica 1, en donde se puede observar que conforme se incrementó el porcentaje de *Lemna gibba* en la dieta, se requirió de mayor tiempo para alcanzar el peso de 2 kilogramos de peso vivo.



Gráfica 1. INCREMENTO DE PESO EN DIFERENTES DÍAS DE LA ENGORDA

En el cuadro 10, se presentan los resultados de toda la prueba de comportamiento. En cuanto al consumo del alimento se muestra que los animales que recibieron *Lemna gibba* como parte de su dieta, tuvieron un consumo mayor a lo largo de la engorda, por lo expuesto anteriormente, lo cual se reflejó en la conversión y eficiencia alimenticia; siendo la dieta comercial la que presentó un mejor comportamiento animal, al igual que la dieta testigo, seguida de las dietas con inclusión de *Lemna gibba*. Aún así se observó que el consumo diario de alimento fue superior a lo reportado por Nieves, *et al* (1997) quien incluye en sus dietas *Arachis pintoii* y a lo reportado por Martínez (2004) en cuanto a peso.

En general el índice de conversión alimenticia (CA) de la dieta comercial y testigo fue mayor en relación a un trabajo realizado con alimento comercial en donde se menciona un valor promedio de 3.80 de CA, similar a lo obtenido con la dieta con 40% de *Lemna gibba*, siendo la dieta con 60% ligeramente menor (4.08) (Martínez, 2004); mientras que al analizar los datos publicados por de Nieves, *et al* (1997), si observa que los animales que consumieron las diferentes dietas experimentales, así como la comercial de este trabajo, se comportaron mejor, ya que los autores citados mencionaron una conversión alimenticia entre 4.5 y 5.4 al proporcionar a los animales dietas con diferentes niveles de inclusión de *Arachis pintoii* en sustitución del alimento comercial. Lo mismo sucedió al comparar inclusiones de *Trichanthera gigantea* como parte del alimento, en donde se encontró una conversión de 5.1 a 5.5, por lo que aún con la dieta con inclusión del 60% de *Lemna gibba*, que fue en donde se obtuvieron los valores más elevados, la conversión fue ventajosa a lo obtenido por Nieves *et al* (1999).

Una vez sacrificados los animales se evaluó el rendimiento en canal, esto se obtuvo restando el peso del animal en pie del peso en canal. La fórmula para calcular el peso de la canal es $PC = (\text{peso de la canal} / \text{peso vivo}) \times 100$ en el

cuadro 10 se puede observar, que conforme se incrementó el porcentaje de la planta acuática en las dietas disminuyó esta variable, siendo mayor tanto en la dieta comercial como en la testigo, lo cual pudo deberse a que los animales que consumieron *Lemna gibba*, tuvieron que desarrollar un mayor tamaño y volumen gastro-intestinal, esto debido principalmente al volumen de la dieta, así como a la capacidad higroscópica de la planta acuática.

Cuadro 10. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba durante todo el período de engorda (kg).

	DIETA 1 (COMERCIAL)	DIETA 2 (CONTROL)	DIETA 3 (40% Lemna)	DIETA 4 (60% Lemna)	PROB. TRAT.
CONSUMO TOTAL (Kg)	5.91 ^b ± 0.94	6.55 ^b ± 0.57	8.77 ^a ± 0.79	8.60 ^a ± 0.83	0.0001
DIAS DE ENGORDA	59 ^c ± 7.42	60.40 ^c ± 6.94	78.80 ^b ± 8.77	89.0 ^a ± 0	0.0001
CONSUMO DIARIO (g)	102.39 ^a ± 24.22	108.99 ^a ± 6.87	111.92 ^a ± 8.93	96.70 ^a ± 9.41	0.1309
CONVERSION	2.21 ^c ± 0.25	2.75 ^b ± 0.40	3.84 ^a ± 0.39	4.08 ^a ± 0.41	0.0001
EFICACIA EN (%)	45.57 ^a ± 4.34	36.76 ^b ± 4.62	26.28 ^c ± 2.58	24.68 ^c ± 2.48	0.0001
PESO FINAL (Kg)	2.66 ^a ± 0.20	2.39 ^b ± 0.20	2.29 ^{bc} ± 0.12	2.11 ^c ± 0.16	0.0001
PESO CANAL (Kg)	1.47 ^a ± 0.20	1.22 ^b ± .14	1.05 ^b ± 0.07	0.86 ^c ± 0.08	0.0001
RENDIMIENTO CANAL (%)	55.45 ^a ± 5.74	51.03 ^a ± 2.86	46.19 ^b ± 2.19	40.82 ^c ± 2.68	0.0001

Letras superscriptas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos

PROB. TRAT = Probabilidad del efecto de tratamiento.

Un factor importante fue la calidad de la FND como se observa en el cuadro 14, en donde la digestibilidad fue mayor en relación a las otras dietas. Los conejos son animales herbívoros, cecotrofos, que tienen la capacidad de aprovechar recursos vegetales con altas cantidades de fibra debido a la fermentación que se realiza en el colon (Cheeke1995). Aún así los resultados de este estudio fueron superiores a los reportados por Moreno 2003.

Por otra parte al fraccionar los tiempos de la engorda por período y analizar los datos se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en el consumo de alimento por día.

En referencia al primer período este abarcó hasta los 18 días mientras que el segundo fue de los 18 a los 33 días de engorda. En el cuadro 11, se observa que los animales alimentados con *Lemna gibba* empezaron a retrasarse en su crecimiento, así mismo que existió una tendencia a disminuir el consumo en este período conforme se incrementó la cantidad de *Lemna gibba*, tanto en esta variable como en el peso final existió un efecto del peso inicial de los animales. La reducción en el consumo en esta etapa pudo deberse a que las dietas experimentales se ofrecieron en forma aglutinada, no compactada, por lo que presentaron un mayor volumen, lo cual se acentuó en las dietas en que se incluyó la *Lemna gibba*, debido a la capacidad higroscópica de esta planta, por lo que los conejos tenían períodos definidos de consumo, probablemente debido a que el tracto gastro-intestinal se encontraba ocupado manteniendo la sensación de saciedad, lo cual no implicaba que se cubrieran sus necesidades nutricionales. A pesar de no haberse encontrado evidencia de diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en el consumo sí lo hubo en la ganancia diaria de peso, así como en conversión y eficiencia alimenticia entre la dieta comercial y con la lentejilla, en donde la primera resultó ser mejor lo que refleja el efecto que tienen los promotores de crecimiento en este tipo de dietas en

relación a una dieta balanceada sin aditivos. En este trabajo no se observó la selectividad por los alimentos como lo mencionó Cheeke (1995).

Cuadro 11. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba a los 18 días de engorda (primer periodo).

	DIETA 1 (Comercial)	DIETA 2 (Testigo)	DIETA 3 (40% Lemna)	DIETA 4 (60% Lemna)	PROB. TRAT.	PROB COVAR
PESO INICIO (Kg)	0.869 ^a ± 0.24	1.015 ^a ± 0.18	0.900 ^a ± 0.21	0.885 ^a ± 0.21	0.432	---
PESO FINAL (Kg)	1.541 ^a ± 0.28	1.575 ^a ± 0.27	1.339 ^b ± 0.20	1.275 ^b ± 0.19	0.0001	0.0001
GANANCIA DIARIA DE PESO (g)	41.77 ^a ± 10.62	31.11 ^b ± 9.83	24.39 ^b ± 5.52	21.66 ^b ± 3.94	0.0001	0.521
CONSUMO DIARIO (g)	108.76 ^a ± 12.38	98.58 ^a ± 14.48	96.62 ^a ± 12.84	95.87 ^a ± 13.31	0.05	0.014
CONVERSION	2.74 ^b ± 0.68	3.50 ^{ab} ± 1.29	4.17 ^a ± 1.20	4.56 ^a ± 1.04	0.002	0.1751
EFICACIA (%)	39.35 ^a ± 13.94	30.76 ^{ab} ± 7.10	25.47 ^b ± 6.01	23.09 ^b ± 5.68	0.0009	0.1176

Letras superscriptas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos

PROB. TRAT = Probabilidad del efecto de tratamiento.

PROB COVAR = Probabilidad del efecto de covarianza

En el segundo período se observó que varios animales estaban fuera de la curva normal de crecimiento al analizar los datos para saber si se comportaban de manera normal, por lo que se decidió eliminarlos para realizar el análisis de covarianza, es así que se tuvieron diferentes repeticiones por tratamiento. El análisis reflejó que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos en el peso inicial, siendo los animales de la dieta comercial y la testigo los de mayor peso, esto influyó en el peso final de los animales, no así en las otras variables. Como se mencionó en el período anterior, los animales de la dieta 1 (comercial) presentaron una mayor ganancia diaria de peso y un consumo similar a los demás tratamientos por lo que su conversión y eficiencia alimenticia fueron mejores, seguidos de la dieta testigo. En el cuadro 13 se observa que la dieta que tuvo una conversión mayor fue la que tenía 60% de *Lemna gibba*. Sin embargo, los resultados de este trabajo fueron mejores a los observados por Moreno (2003), quién trabajó con dietas comerciales sustituidas por Atriplex. Al observar los datos de toda la engorda (cuadro 11), se puso en manifiesto que en el tiempo de tratamiento los animales alcanzaron una conversión de 3.84 y 4.08 para las dietas con 40 y 60% de *Lemna gibba* respectivamente. Esto se puede explicar pues durante la última etapa de los 33 a los 80 y 90 días de engorda para cada uno de los tratamientos, los animales presentaron un crecimiento compensatorio, como lo refleja la gráfica 1, en donde a partir del mes, en el caso de la dieta 3 (40% de *Lemna gibba*) y del día 62 en el tratamiento 4, el crecimiento fue lineal. En la gráfica se consideraron los 10 animales por tratamiento, a excepción del tratamiento 4 en donde terminaron la engorda 8 animales como se mencionó con anterioridad.

Al observar los resultados de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca de los alimentos (cuadro 13), la dieta testigo y con 40% de *Lemna gibba*, fue superior a la dieta comercial e igual a la del 60% de inclusión de la planta acuática, lo cual no se reflejó en el caso de las dietas experimentales en un mejor

comportamiento productivo, lo cual pudo deberse a que en estas últimas la principal fuente de energía fue la melaza, la cual es menos eficiente desde el punto de vista metabólico en el aporte de energía, de igual manera ocurre con la fibra neutro detergente. Por otra parte es importante mencionar que principalmente en la dieta 4 (60% de inclusión de *Lemna gibba*), se tuvo un problema serio por la presentación del alimento y por el tipo de comederos disponibles en las jaulas, ya que era difícil el deslizamiento del mismo, y por lo tanto no se encontraba disponible para los animales, por ello se optó por adicionar otro comedero y ofrecerles el alimento 3 veces al día, lo que permitió una mayor ingesta y un mejor aprovechamiento del alimento, lo que implica considerar una modificación en la presentación del alimento en bloques por ser una tecnología accesible a pequeños productores, ya que la presentación de empastillado (pellet) resulta más costosa.

Cuadro 12. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba a los 33 días de engorda (segundo periodo).

	DIETA 1 (Comercial)	DIETA 2 (Testigo)	DIETA 3 (40% Lemna)	DIETA 4 (60% Lemna)	PROB. TRAT.	PROB Efe COVAR
PESO INICIO (Kg)	1.541 ^{ab} ± 0.28	1.628 ^a ± 0.16	1.245 ^b ± 0.15	1.286 ^b ± 0.21	0.042	---
PESO FINAL (Kg)	1.989 ^a ± 0.29	1.921 ^a ± 0.15	1.420 ^b ± 0.15	1.460 ^b ± 0.20	0.0001	0.0001
GANANCIA DIARIA DE PESO (g)	29.86 ^a ± 4.52	19.542 ^b ± 6.13	11.617 ^c ± 1.53	11.558 ^c ± 7.58	0.0001	0.3391
CONSUMO (dia)	139.05 ^a ± 8.85	136.01 ^a ± 5.31	143.63 ^a ± 6.46	140.17 ^a ± 9.14	0.90	0.0527
CONVERSION	4.76 ^c ± 0.88	7.71 ^{bc} ± 2.88	12.508 ^{ab} ± 1.35	16.58 ^a ± 8.71	0.09	0.1939
EFICACIA (%)	21.55 ^a ± 3.47	14.28 ^b ± 4.18	8.085 ^c ± 0.96	8.37 ^c ± 5.94	0.0001	0.1939

Letras superscriptas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos.

PROB. TRAT = Probabilidad del efecto de tratamiento.

PROB COVAR = Probabilidad del efecto de covarianza.

En el cuadro 13 se presenta la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca; en los tres períodos de la engorda, como se puede ver, hubo diferente número de repeticiones en las diferentes etapas; en el último período no se compararon los animales con la dieta comercial, debido a que los animales de este tratamiento alcanzaron el peso deseado antes de que se realizara el muestreo, como se menciona en el cuadro 11, por esa misma razón en el

tratamiento testigo sólo se compararon 6 animales. Como se mencionó en el apartado anterior, únicamente se consideraron ocho animales de la dieta con 60% de *Lemna gibba*, por lo que en todos los casos se utilizó un análisis de varianza desbalanceado.

En cuanto a la digestibilidad de materia seca, es interesante hacer notar que el tratamiento que incluyó la dieta comercial presentó valores menores en relación a las dietas experimentales, a pesar de esto los animales tuvieron una mejor conversión y comportamiento productivo durante toda la engorda (cuadros 10, 11, 12, y gráfica 1), lo que implica el efecto de la presentación del alimento y algunos promotores de crecimiento que se le adicionan al mismo. Sin embargo, se puede observar, que las dietas con inclusión de *Lemna gibba*, presentaron una digestibilidad menor a la dieta control, esto probablemente al tipo y calidad de fibra tanto de la *Lemna gibba* como del zacaltule (*Shoenoplectus americanus*), en donde fueron sustituidos casi en su totalidad (dieta 2) la soya, la alfalfa y el salvado, por estas plantas acuáticas hábitat normal del lago de Xochimilco, México.

6.4 Pruebas de digestibilidad *in vivo*

A partir del segundo período de alimentación, como se aprecia en el cuadro 13, la digestibilidad en los diferentes tratamientos con *Lemna gibba* aumentó significativamente ($P < 0.05$), llegando la dieta con 40% a tener una digestibilidad igual a la testigo, esto se debió, posiblemente, a que al tener una edad mayor los animales, el aparato gastro intestinal se encontraba más desarrollado, lo que favoreció la digestibilidad del alimento. En el caso de la dieta con 60% no se logró una digestibilidad igual a la testigo, debido probablemente a que, como se mencionó con anterioridad, la capacidad higroscópica del alimento y a la calidad de los ingredientes, pues en este

tratamiento no se incluyó soya, salvado ni alfalfa; esto aunado al bajo consumo, se manifestó en el retraso de los animales aún cuando se presenta una curva de crecimiento compensatorio, como se puede observar en la grafica 1. La dieta testigo fue la que presentó mayor digestibilidad en los tres períodos analizados en relación con las otras dietas.

Cuadro 13. Digestibilidad in vivo de Materia Seca de conejos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba.

	<i>DIETA 1 (Comercial)</i>	<i>DIETA 2 (Control)</i>	<i>DIETA 3 (40% Lemna)</i>	<i>DIETA 4 (60% Lemna)</i>	<i>Prob.</i>
<i>Período I</i> <i>N=</i>	60.67 ^{Ca} ± 5.19 10	72.82 ^{Ab} ± 3.65 10	64.38 ^{ABb} ± 12.39 10	67.65 ^{Ca} ± 5.72 10	0.0001
<i>Período II</i> <i>N=</i>	65.37 ^{Ca} ± 3.23 10	79.36 ^{Aa} ± 4.09 10	76.26 ^{ABa} ± 4.16 10	69.11 ^{BCa} ± 6.55 9	.0001
<i>Período III</i> <i>N=</i>	--- ---	78.54 ^{Aa} ± 3.91 6	72.81 ^{Ba} ± 2.47 10	64.61 ^{Ca} ± 3.95 8	.0001
<i>Probabilidad</i>	0.026	0.0023	0.0001	0.39	
<i>EEM</i>	4.33	3.89	3.26	5.64	

Letras superscriptas mayúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos

Letras superscriptas minúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre períodos

En el cuadro 14 se presenta la evaluación de digestibilidad aparente *in vivo* de la (FND), se puede observar la baja digestibilidad de este compuesto en la dieta comercial en los dos períodos analizados, representando alrededor del 50% menos que la dieta testigo, y del 36 y 44% en relación a la dieta con 40% de inclusión de *Lemna gibba* en ambos períodos, que fue la que presentó una menor digestibilidad de la FND, lo cual indica que la calidad de este compuesto en la dieta comercial es muy baja. Se menciona también que en los animales herbívoros, especialmente los conejos, es importante la cantidad de FND dentro de sus requerimientos nutricionales para lograr un buen funcionamiento del intestino grueso (Cheeke 1995). Sin embargo, por los resultados del comportamiento productivo se observó que a nivel de la engorda, es necesaria la disponibilidad de energía y proteína para lograr una mejor conversión alimenticia (cuadro 10, 11 y 12).

En el cuadro 14 se observa que los animales que consumieron tanto la dieta testigo como la de 60% de inclusión de *Lemna gibba*, fue superior al 50%, y que en la dieta con 40%, a partir del segundo período, mejoró significativamente ($P < 0.05$) la digestibilidad de la FND. Igualmente se puede observar el mismo fenómeno que en la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca, es decir, conforme se incrementaron la edad y el peso de los conejos, se mejoró la digestibilidad de este compuesto, lo que ayuda a que los herbívoros sean más eficientes en la utilización de la fibra, siempre y cuando ésta sea realmente FND y no fibra cruda o almidón retrogradado, el cual no tiene la misma función que la FND.

La fibra contenida en el alimento estimula la motilidad íleo-cecal y, por ello, los niveles bajos de fibra están generalmente asociados a una menor velocidad de tránsito y a un mayor tiempo de permanencia de la ingesta en el ciego; la ingesta permanece en el ciego por un lapso de 5 a 8 horas (Martínez 2004).

Los niveles adecuados de fibra en el alimento son esenciales para estimular la motilidad intestinal y que casi carecen de valor nutrimental pues, de la energía total que el conejo obtiene del alimento, aproximadamente sólo 5 % proviene de la fibra (Martínez 2004).

Cuadro 14. Digestibilidad in vivo de Fibra Neutro Detergente de conejos alimentados con diferentes niveles de *Lemna gibba*.

	<i>DIETA 1</i> (Comercial)	<i>DIETA 2</i> (Control)	<i>DIETA 3</i> (40% <i>Lemna</i>)	<i>DIETA 4</i> (60% <i>Lemna</i>)	Prob.
<i>Período I</i>	28.31 ^{Ca} ± 10.85	58.72 ^{Ab} ± 4.59	± 44.48 ^{Bb} 6.25	55.23 ^{ABa} ± 12.87	0.0001
<i>Período II</i>	35.91 ^{Ba} ± 5.43	67.00 ^{Aa} ± 6.10	63.44 ^{Aa} ± 5.95	64.24 ^{Aa} ± 7.98	0.0001
<i>Período III</i>	--- ---	67.61 ^{Aa} ± 5.65	63.82 ^{Aa} ± 5.06	62.95 ^{Aa} ± 4.08	0.1145
<i>Probabilidad</i>	0.06	0.0031	0.0001	0.109	
<i>EEM</i>	8.58	5.45	6.24	9.55	

Letras superscriptas mayúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos

Letras superscriptas minúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre períodos

La proteína cruda fue significativamente más digestible (P<0.05) en la dieta testigo, en relación a las que contenían *Lemna gibba*, y a la comercial, desde del primer mes de la engorda. En el caso de las dietas experimentales no se presentaron evidencias de diferencias significativas (P>0.05) en el segundo período con la dieta comercial, como se observa en el cuadro 15. Esto indica la buena digestibilidad de este compuesto en la planta acuática, la cual se puede decir que compite con la digestibilidad de la soya y alfalfa, debido a que

en el caso de la dieta con 60% no se incluyeron dichas materias primas, y el aporte de proteína se proporcionó principalmente a partir de la *Lemna gibba*, y que debido al elevado contenido de esta proteína cruda (30%) en esta materia prima, las dietas no fueron isoprotéicas (cuadro 5).

En la dieta con 40% es importante hacer notar que en general fue la que presentó menor respuesta, lo cual está reflejado en la digestibilidad de materia seca como ya se mencionó. En el segundo período se observa una diferencia entre la dieta control y las demás dietas, en tanto se mantiene la igualdad para la dieta de 40%, 60% y comercial, la diferencia fue significativa 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 general en todos los compuestos de la dieta con 40% fue menor la digestibilidad en el primer periodo de muestreo, lo cual se reflejó en la baja digestibilidad de la materia seca, mientras que en la dieta con 60% los animales fueron más eficientes en el momento de digerir los alimentos, esto probablemente, a la restricción que tuvieron en el consumo voluntario de alimento, ya que como se mencionó en la prueba de comportamiento, los conejos de este tratamiento tuvieron un consumo menor en relación a las otras dietas (cuadro 13) ya que como se conoce el efecto de crecimiento compensatorio es un proceso biológico que se manifiesta fundamentalmente por la existencia de una disminución en la tasa metabólica basal durante la restricción alimenticia y en el momento en que se inicia la recuperación, los requerimientos de mantenimiento son más bajos. Así mismo, existe una mayor eficiencia parcial de utilización del alimento debido posiblemente a un aumento en la síntesis de proteína en la fase inicial de la recuperación (Sanginés 1990).

Cuadro 15. Digestibilidad in vivo de Proteína Cruda de conejos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba.

	<i>DIETA 1 (Comercial)</i>	<i>DIETA 2 (Control)</i>	<i>DIETA 3 (40% Lemna)</i>	<i>DIETA 4 (60% Lemna)</i>	<i>Prob.</i>
<i>Período I</i>	75.10 ^{Aa} ± 4.47	74.21 ^{Aa} ± 5.55	64.96 ^{Bb} ± 2.61	75.99 ^{Aa} ± 3.96	0.0001
<i>Período II</i>	74.98 ^{Ba} ± 3.29	82.69 ^{Aa} ± 4.51	76.72 ^{Ba} ± 3.77	77.28 ^{Ba} ± 5.15	0.0017
<i>Período III</i>	--- ---	80.45 ^{Aab} ± 3.20	75.58 ^{Ba} ± 3.69	73.45 ^{Ba} ± 3.24	0.0039
<i>Probabilidad</i>	0.947	0.0031	.0001	0.1949	
<i>EEM</i>	3.93	5.01	3.54	4.08	

Letras superscriptas mayúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos
Letras superscriptas minúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre períodos

En el cuadro 16 se observa que la digestibilidad de la energía se incrementa conforme los animales van desarrollándose; mostrando diferencias significativas entre el primero y el segundo, pero no así en el tercer período para la dieta control y con inclusión de 40%. Por otra parte, la digestibilidad se ve aumentada en el segundo periodo aunque no se detectó una diferencia significativa entre la dieta control y la de inclusión del 40%, y ésta a su vez con la dieta con inclusión del 60%. Los altos índices en la digestibilidad de energía podría deberse a que las dietas experimentales tuvieron alta cantidad de carbohidratos de fácil utilización dados por la cantidad de melaza utilizada. Sin embargo, al observar el comportamiento productivo, esta alta digestibilidad no influyó en lo que la cantidad de energía disponible, probablemente a que en las

dietas comercial y testigo contenía mayor cantidad de lípidos totales y de almidón (cuadros 8 y 16), que fueron aportados, en el caso de la dieta testigo, por los granos y soya. Por lo que para obtener un mejor comportamiento productivo en dietas con altos porcentajes de *Lemna gibba*, es necesario incluir en la formulación granos y aceites.

Cuadro 16. Digestibilidad in vivo de Energía de conejos alimentados con diferentes niveles de *Lemna gibba*.

	<i>DIETA 1</i> (Comercial)	<i>DIETA 2</i> (Control)	<i>DIETA 3</i> (40% <i>Lemna</i>)	<i>DIETA 4</i> (60% <i>Lemna</i>)	<i>Prob.</i>
<i>Período I</i>	60.29 ^{Ba} ± 7.54	69.09 ^{Ab} ± 4.34	64.85 ^{ABb} ± 3.20	70.44 ^{Aa} ± 6.38	0.0011
<i>Período II</i>	67.30 ^{Ca} ± 3.74	79.31 ^{Aa} ± 5.57	75.08 ^{ABa} ± 4.38	71.37 ^{BCa} ± 6.79	0.0001
<i>Período III</i>	--- ---	78.83 ^{Aa} ± 3.39	72.50 ^{Aa} ± 3.8	65.77 ^{Ba} ± 4.12	0.0020
<i>Probabilidad</i>	0.017	0.0001	0.0001	0.5899	
<i>EEM</i>	5.95	4.78	3.82	6.03	

Letras superscriptas mayúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos

Letras superscriptas minúsculas indican diferencia significativa (P<0.05) entre períodos

CONCLUSIONES

Las dietas con inclusión de 40% de *Lemna gibba* presentaron una digestibilidad aparente *in vivo* mayor a la dieta comercial e igual a la dieta testigo en materia seca, fibra neutro detergente y energía, y menor en la de proteína cruda, siendo igual a la dieta comercial.

El costo por concepto de alimentación por Kg de canal producida, fue igual en la dieta testigo y con 40% de *Lemna gibba*, siendo menores a la dieta comercial por lo que una inclusión del 40% es económicamente viable para el productor de traspatio, de esa manera se aprovecha un recurso potencial para la alimentación de conejos. Se sugiere incluir en las dietas con *Lemna gibba* energéticos para mejorar el comportamiento productivo de los animales, además de ofrecer el alimento en forma de bloque o empastillado para favorecer el consumo de alimento y evitar desperdicio.

RECOMENDACIONES:

1. Incluir *Lemna gibba* en la alimentación de los conejos en porcentajes menores al 40% durante la primera etapa de engorda, incrementándola conforme aumente el desarrollo y la capacidad gastro-intestinal de los animales.
2. Ofrecer las dietas en una presentación más compactada ya sea paletizada o en bloque.

3. Es importante hacer estudios en donde se incluyan dietas con altos porcentajes de *Lemna gibba*, adicionadas de granos y aceites, para conocer si existe un mejor aprovechamiento de la energía por parte del animal y su repercusión en el comportamiento productivo de los animales

4. Utilizar *Lemna gibba* como parte de dietas balanceadas y no como sustituto de un alimento comercial.

LITERATURA CITADA

Ali, M.A & Leeson, S. (1994): Nutritional value and utilization of aquatic weeds in the diet of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 50:237

Arredondo, F. (1993): Fertilización y fertilizantes, su uso y manejo en la acuicultura. U.A.M., 48-62 pp.

Association of Analytical Chemists. (1990): A.O.A.C. Official Methods of analysis (15 de). Washington, D.C.

Bárcena P. G. (2006) Evaluación de la calida de la canal de cerdos en finalización alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba y análisis de costo-beneficio por Kg de carne magra producida. F.M.V.Z. UNAM. p.p. 69 – 70 pp.

Bates, R. y Hentges, R. (1976). Aquatic weed - eradication or cultivate?. *Econt. Bot.*, 30: 39 – 50.

Bui Xuan Men, Ogle, R.B. y 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.* 7(3):

Calorimetría. (1990): Manual de operación de la bomba de combustión con oxígeno Para Modelo 1108.

Carranco M.E., Castillo R.M., Escamilla, A., Martínez M., Pérez-Gil F. and Stephan E. (2002): Chemical composition, leaf protein extraction and aminoacid profile of seven aquatic plants. *Cuban J. of Agric. Sci.* 36 (3): 237-248.

Castro G.M.I., Montañó B.S. y Pérez-Gil R.F. (2001): Acidos grasos en sardina en salsa de tomate de diferentes zonas pesqueras del pacífico mexicano. *Arch. Lat. Nutr.* 51 (4): 400-406.

Cheeke P.R. (1995): Alimentación y nutrición del conejo. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España, 337-340.

Church, C. D. y Pond, G. W. 1987: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales (1^a. ed.) México, D. F.: Limusa. 438pp.

Colin M. y Lebas F. (1994): La production du lapin dans le monde. Comunication to 6^{es} Journées de la recherche. Cunicole en France 6to 7 december 1994

Cruz Hernández Angel Raúl. (2003) Periodico "Cambio de Michoacan" 13 de Enero del 2006. En:
<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=37288>

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.

FAO, 2001. Comunicado de prensa 01/57. En:
http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSSPA/2001/prsp0157.htm

Gill, J. L. (1978): Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Science. Iowa State University. U.S.A. 302pp.

González M. S. (2004) Efecto del consumo de Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) Y COSTILLA DE VACA (*Atriplex nummularia*) en la dieta de conejos Hembras. F. E. S. C. UNAM. 25 – 26 pp.

Gutiérrez K., Sanginés L, Pérez-Gil F. and Martínez L. (2001): Studies on the potential of the aquatic plant *Lemna gibba* for pig feeding. Cuban J. of Agric. Sci. 35 (4): 343-348.

Hillman, W.S & Culley D.D. (1978): The uses of Duckweed. American Sci. 66: 442.

Hillman, W:S. (1961): The Lemnaceae, or duckweeds: A review of the descriptive and experimental literature. Botan. Rev. 27: 87-221.

Hopson, M.S. y Zimba, P.V. (1993): Temporal variation in the biomass of submerged macrophytes in Lake Okeechobee, Florida. J. Aquat. Plant Manage, 31: 78-81.

Lebas, F. (1997): The rabbit: husbandry, health and production (new revised version) FAO Animal Production and Health Series, No. 21. Editores: F. Lebas, P. Coudert, H. de Rochambeau y R.G. Thébault. FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, Italia.

Lebas F. y Colin M. (1992): World Rabbit production and research situation in 1992. J. Appl. Rabbit Res. 15:29-54, 1992.

Leng, R.A. 1995. Duckweed; a tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment. <http://www.fao.org/docrep/003/>

Leng, R.A, Stambolie, J.H & Bell R. (1995): Duckweed - a potencial high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livest. Res. Rural Develop.* 7:141

Martínez C.M.A. (2004): Cunicultura. UNAM. Presentación electrónica. 2ª. Edición., 215pp.

Maynard, A. L.; Loosli, K. J.; Hintz, F. H. y Warner, G. R. 1986: *Nutrición Animal* (4ª. Ed.). México, D. F.:Mac Graw Hill.

Mehrez, A. Z. and Orskov, E. R. (1977): A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88: 645-650.

Minson, D. J. 1982: Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutr. Abstr. Rev. Series B*, 52: 591-615.

Morales N., Arévalo K., et al., (2006). El pH y la fuente nitrogenada como moduladores del crecimiento de la macrófita *Lemna* sp. *Revista de la Facultad de Agronomía-LUZ* v.23 n.1 Maracaibo mar.

N.R.C. (1977): *Nutrient Requirements of rabbits*. National Academy Press (2nd ed). Washington, D.C.

Nieves, D., López, D. y Cadena, D. (2000) alimentación de conejos de engorde con dietas basadas en materias primas no convencionales y suplementación con *Trichanthera gigantea* Programa Producción Animal, UNELLEZ, Guanare, Po.

Nieves D., Morales F., y Alvarado M., (1999). Uso de *Trichanthera gigantea* y mezclas dietéticas en forma de harina en conejos de engorde. págs. 221-226 *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV.* 40(4): 221-226. 1999

Nieves, D., Santana L., y Benavente J., (1997), Niveles crecientes de *Arachis pintoi* (krap. y greg.) en dietas en forma de harina para conejos de engorde. 232 *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(Supl. 1): 321-323 (1997)

Prosky L, Asp N-G, Schuweiser TF, De Vries JW, Furda I. (1988): Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in food and food products: Interlaboratory study. *J Asso Off Anal Chem* 71(5): 1017-1023.

Rodríguez A., Companioni, N., Peña E. y J. Tamayo (2002): La crianza de conejos en la agricultura urbana de Cuba. Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas, La Habana Cuba 19 al 22 de Junio, pág. 30-32.

Rosell P.J.M. (2000): Enfermedades del Conejo Tomo I. Ed. Mundo Prensa. Madrid – Barcelona, España.

Russof, L., Blakeney, E. & Culley, D. (1980): Duckweeds (Lemnaceae Family): a potential source of protein and amino acids. J Agric. Food Chem, 28: 848.

Sanginés G.J.R. (1990): Efecto del implante de zeranól y la suplementación con sal común o mineralizada en el crecimiento compensatorio y balance mineral en ovinos. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

SAS. (1985): SAS/STAT guide for personal computers (Version 6 edition). SAS Institute Inc. Cary, N.C.

Segundo Pedrosa, Martha (2003): Conejos; sección Panorámica mundial, Asociación Nacional de Cunicultores de México – Año 1, número 0, Octubre-Noviembre, 2003.

Shimada, A. 2003: Fundamentos de nutrición animal comparativa (1ª Ed.). Asociación Americana de Soya. México. 369pp.

Slocum, P. Robinson, P. (1997): Water gardening: Water lilies and lotuses. Timber Press. Portland, Oregon.

Thi Kim K.N. and Ogle B (2004). Effects of dietary protein level and a duckweed supplement on the growth rate of local breed chicks. Livestock Research for Rural Development 16 No. 8.

Van Soest, P. J. 1982: Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books, Inc. USA. 374 pp.

Virabalin, R; Kositup. B. Punnapayak, H. (1993). Leaf protein concentrate from water hyacinth. J. Aquat. Plant Manage, 31; 207 – 209.

Westerdahl, H. y Getsinger, K. (1988): Aquatic Plant Identification and Herbicide Use Guide. Department of the Army (ed). Washington, D.C.

Wyche, U., Zoufal, R. Christof-Dirry, P. y Janauer, G. A. (1993): Structure and environmental factors in macrophytes stand. J. Aquat. Plant manage, 31: 118-122.