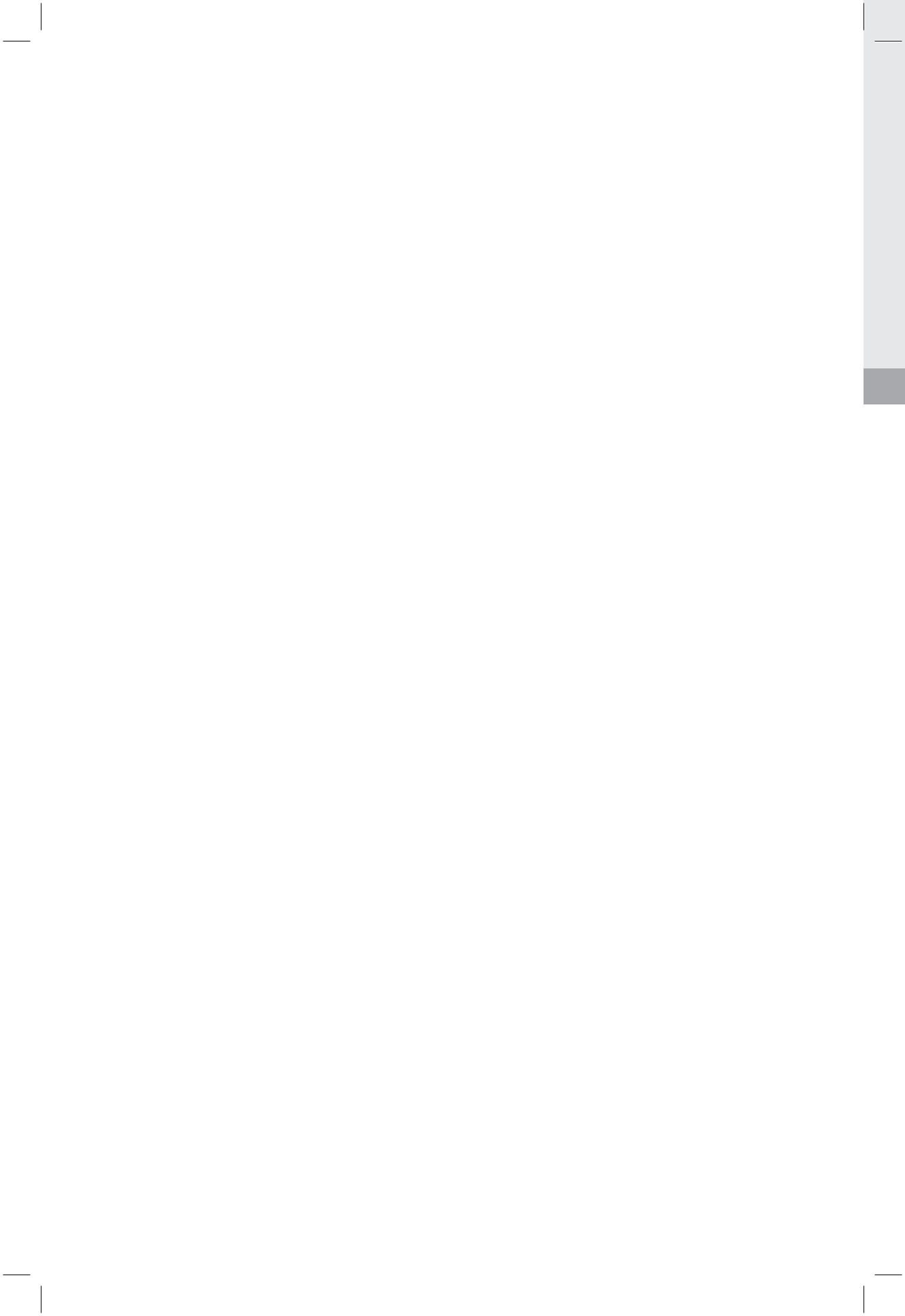


**Plantas Acuáticas Tropicales:
Manual para su uso en la Acuicultura rural**



Plantas Acuáticas Tropicales:

Manual para su uso en la Acuicultura rural

Investigador principal

Yorcelis Cruz

Asesor experto

Dr.rer.nat. Eberhard Wedler

Coinvestigadores

Wensy Vergara y Vianys Agudelo

Colaborador científico

Daniel Serna



Universidad del Magdalena

Grupo de Investigación Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA)

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Pesquera

Producto Resultado de Investigación

Santa Marta D.T.C.H.



Plantas acuáticas tropicales: Manual para su uso en la Acuicultura rural

Edición: Primera - Diciembre de 2011

ISBN: 978-958-746-042-1

Investigador principal: Yorcelis Cruz

Asesor experto: Dr.rer.nat. Eberhard Wedler

Coinvestigadores: Wensy Vergara y Vianys Agudelo

Colaborador científico: Daniel Serna

Diseño y Diagramación: Luis Felipe Marquez Lora

Corrección de estilo: William Hernández

Ciudad: Santa Marta, D.T.C.H. - Colombia

El presente material no puede ser duplicado, ni reproducido por ningún medio, sin previa autorización escrita de la Editorial Unimagdalena. Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad exclusiva del autor.

©EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
Coordinación de Publicaciones y Propiedad Intelectual



EDITORIAL
UNIMAGDALENA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Rector: Ruthber Escorcia Caballero

Vicerrector de Investigación: José Henry Escobar Acosta

Decano Facultad de Ingeniería: Juan Carlos De la Rosa Serrano

Coordinador de Publicaciones y Propiedad Intelectual: Guillermo Augusto Ceballos Ospino

Servicio de Canje:

canjebiblioteca@unimagdalena.edu.co

biblioteca@unimagdalena.edu.co



Presentación

El interés por las plantas acuáticas fue motivado por el trabajo del Dr. Eberhard Wedler, profesor de la Universidad del Magdalena e investigador reconocido en virtud a su larga trayectoria en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles y aplicables a las condiciones del medio rural en los Neotrópicos.

A través de su grupo de investigación “Biodiversidad y Ecología Aplicada” el Dr. Wedler promovió el estudio y exploración de los recursos tropicales y su potencial en la Acuicultura como un componente para la sostenibilidad de la vida rural. Algunas de sus contribuciones para el uso de las plantas acuáticas en granja y sus consideraciones ecológicas se encuentran en esta guía.

Esta guía pretende proyectarse a todas las personas vinculadas a las actividades productivas en el campo. En este sentido, servirá como una herramienta de facilitación para el aprovechamiento de los recursos locales, pues, reúne información básica y consejos prácticos para el uso de las plantas acuáticas como fuente de alimento alternativo en la Acuicultura rural.



Contenido

Introducción.....	9
Los Recursos Acuáticos en los Neotrópicos y la Acuicultura de pequeña escala.....	11
Peces Tropicales de interés para la Acuicultura rural: Herbívoros/Omnívoros.....	22
Características de las Plantas Acuáticas.....	26
Procesamiento y Uso de las Plantas Acuáticas en Granja.....	34
Referencias.....	42

Figuras

Figura 1	a) Estanque en cemento y b) estanque en tierra con la coloración típica café-verde de la producción primaria.....	13
Figura 2	a) Lentejita de agua (<i>Lemna minor</i>) cubriendo la superficie del agua. b) Lenteja de agua (<i>Spirodela polyrhiza</i>). c) <i>Wolffia</i>	16
Figura 3	a) El helecho de agua Azolla en aguas estancadas. b) Azolla cubriendo la superficie de los estanques para peces.....	17
Figura 4	Salvinia creciendo junto con Taruya.....	18
Figura 5	a) Taruya creciendo en aguas estancadas, b) Taruya creciendo abundantemente en los estanques para peces.....	19
Figura 7	a) Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), b) Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).....	24
Figura 8	a) Adulto de cachama blanca (<i>Piaractus brachyomus</i>). b) Adulto de cachama negra (<i>Colossoma macropomum</i>).....	25
Figura 9	Pasos para el ensilaje de las plantas acuáticas localmente disponibles.....	37
Figura 10	Pasos para la elaboración de un silo de plástico en granja.....	38
Figura 11	Ejemplar de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) durante la última biometría (semana 14).....	41
Figura 12	Ejemplar de Cachama blanca (<i>Piaractus brachyomus</i>) durante la última biometría (semana 14).....	41



Tablas

Tabla 1	Abonos orgánicos y su dosificación.....	14
Tabla 2	Composición nutricional de las plantas acuáticas disponibles localmente en el norte de Colombia.....	30
Tabla 3	Perfil de aminoácidos esenciales de las plantas acuáticas del norte de Colombia.....	31
Tabla 4	Concentración de minerales y metales pesados en las plantas acuáticas del norte de Colombia.....	32
Tabla 5	Concentración de antinutrientes de las plantas acuáticas antes y después del proceso de ensilaje (fermentación ácido láctica).....	33



Introducción

La Acuicultura constituye una actividad generadora de alimento, ingresos y empleo. Aplicada de forma responsable y de manera combinada con la Agricultura y la cría de animales de granja, la Acuicultura puede proveer los medios para revitalizar la vida en el campo y contribuir sustancialmente a un desarrollo rural integrado. En el escenario internacional la inclusión de la Acuicultura en propuestas de desarrollo rural ha alcanzado considerable importancia en las últimas décadas por su papel esencial como fuente de proteína para la seguridad alimentaria de la población rural.

El rápido crecimiento de la Acuicultura ha traído consigo el desafío de garantizar la sostenibilidad de los sistemas acuícolas, no sólo en términos de producción de alimento, sino también de preservación del medio acuático. En el contexto rural, para enfrentar este desafío es necesario examinar el potencial de los sistemas de producción acuícola y tomar partida por aquellos altamente eficientes en *el aprovechamiento de los recursos naturales*. Es decir, aquellos basados en el reciclaje de nutrientes y en la optimización del uso de la biomasa total que se produce en las áreas rurales.

Para el desarrollo de una Acuicultura sostenible y su articulación con los sistemas de producción integrada es importante garantizar el acceso a las fuentes de nutrientes disponibles en la región. De hecho, el éxito de este tipo de producción está directamente relacionado con la evaluación del *potencial de los recursos locales* en términos de calidad, cantidad y costos.

Es bien conocido que *las plantas acuáticas* constituyen un recurso ampliamente disponible en las regiones tropicales del mundo y una *fuentes*



gratuita de alimento de gran valor nutritivo. Sin embargo, en la alimentación animal no existen criterios generales definidos para sus diversos usos, ya que sus características nutricionales son altamente variables dependiendo de las especies disponibles, las condiciones ambientales y la calidad del agua de cada localidad.

En Colombia existe una gran diversidad de plantas acuáticas como parte de la vegetación silvestre. Teniendo en cuenta su alta productividad y potencial como alimento alternativo para especies menores, en la presente guía se exponen las características nutricionales de algunas de las plantas acuáticas disponibles localmente en el norte de Colombia y se provee información sobre su manejo y procesamiento en granja.



Los Recursos Acuáticos en los Neotrópicos y la Acuicultura de pequeña escala

La mayor parte de la producción acuícola en los países en vías de desarrollo se realiza en forma extensiva o semi-intensiva en estanques o grandes reservorios usando principalmente técnicas de policultivo y dietas suplementadas con recursos disponibles localmente.

En las regiones tropicales, como es el caso de Colombia, las perspectivas para el crecimiento de la acuicultura son aún mayores que en otras regiones del planeta por la enorme producción primaria y por los recursos hídricos disponibles. Colombia es el tercer país a nivel mundial en disponibilidad de recursos hídricos. Además, debido a la variedad de sus regiones y diversidad de pisos térmicos posee condiciones aptas para el cultivo de una gran variedad de especies acuícolas.

A pesar de las ventajas mencionadas, un problema frecuente de los cultivos de autoconsumo o de pequeña escala en nuestro país, es su baja rentabilidad debido a los altos costos de los alimentos balanceados para peces y de los fertilizantes químicos. Por esto, el estudio del potencial de los recursos locales como fuente de alimento constituye una herramienta clave en el desarrollo de la acuicultura en zonas rurales.

Se debe dar especial atención a las fuentes de nutrientes primarias, es decir, a los organismos que se encuentran en la base de la cadena alimenticia. De esta forma se aprovecha el alimento disponible de forma natural, se garantiza el éxito del cultivo con el incremento de la biomasa, y se reduce la descarga excesiva de nutrientes al medio.



Productividad Primaria

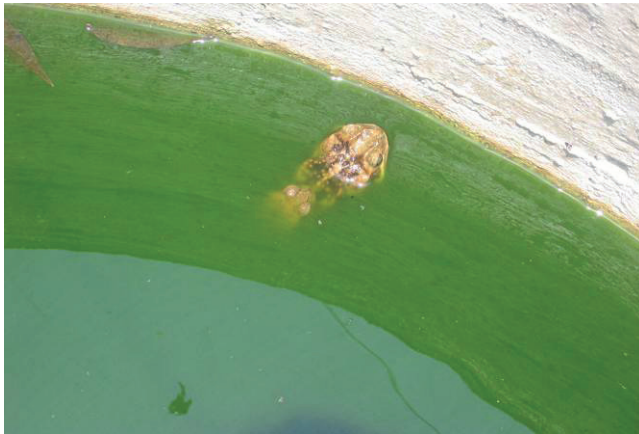
Fitoplancton

La productividad primaria natural de un sistema acuático es la cantidad de materia orgánica producida por los organismos autótrofos (fitoplancton), es decir, con capacidad de realizar fotosíntesis, a partir de sales minerales, dióxido de carbono y agua, utilizando la energía solar.

La productividad primaria en la producción de peces cumple un rol esencial como estrategia de alimentación suplementaria, ya que en combinación con dietas elaboradas en granja permite reunir los nutrientes requeridos por las especies cultivadas, y por lo tanto disminuir la utilización de alimentos industrializados y a su vez reducir los costos de producción.

Para aumentar la productividad primaria del medio acuático es necesario el abastecimiento de nutrientes primarios, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a través del *Abonamiento o Fertilización*.

Los abonos estimulan la producción de fitoplancton en el agua, y en la medida que éste se va reproduciendo para formar comunidades densas, el agua del estanque va adquiriendo un color café o verde. Con la producción de fitoplancton a su vez se propicia el establecimiento de los niveles tróficos subsecuentes como el zooplacton de la cadena alimentaria, convirtiéndose en otra fuente alternativa de alimento para los peces, especialmente en las primeras etapas de vida.



a)



b)

Figura 1

a) Estanque en cemento y b) estanque en tierra con la coloración típica café-verde de la producción primaria. *Fuente: los autores*

Los abonos que se usan en granja deben ser preferiblemente de tipo orgánico, ya que son amigables con el ambiente. Sin embargo, su uso debe hacerse con precaución. Un manejo inadecuado o excesivo de los abonos orgánicos puede afectar la calidad del agua y causar un impacto

negativo en la producción acuícola (baja de oxígeno en el fondo del estanque, afloramiento de bacterias, proliferación de algas indeseables, etc).

En la Tabla 1 se presentan los abonos orgánicos más utilizados en granja y su dosificación al aplicarse en estanques de cultivo.

Tabla 1 Abonos orgánicos y su dosificación

Abonos orgánicos	Dosis y Frecuencia
Gallinaza	100 g/m ² /15 días
Cerdo	150 g/m ² /15 días
Estiércol de vaca	200 g/m ² /15 días
Humus de lombriz	20-50 g/m ² /mes

Fuente: Argumedo-Trilleras y Rojas-Duarte. Manual de Piscicultura con especies nativas.

Perifiton

El perifiton se refiere a las comunidades complejas de algas, bacterias, hongos, animales y detritus orgánico e inorgánico que se encuentran asociados a un sustrato. Estas comunidades acuáticas también pueden llegar a ser importantes como alimento, especialmente para especies herbívoras-omnívoras.

Plantas Acuáticas disponibles localmente

Las plantas acuáticas son altamente productivas; se encuentran ampliamente distribuidas y en muchos casos son una molestia en los ecosistemas donde crecen sin control. Sin embargo, las plantas acuáticas pueden ser muy útiles en granja, como forraje para peces herbívoros o como ingrediente suplementario en dietas para otros peces de cultivo (omnívoros).

Entre las plantas acuáticas de mayor potencial como fuente de alimento se encuentran las llamadas flotantes como la lentejita de agua (*Lemna minor*), lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*), *Wolffia* (*Wolffia* sp.), Azolla (*Azolla* sp.), Taruya (*Eichhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), y *Salvinia* (*Salvinia auriculata*).

Todas estas plantas se encuentran disponibles localmente, y su uso depende de los costos generados en la colecta y procesamiento. Estos costos pueden ser muy reducidos, si su procesamiento se realiza de forma artesanal y con elementos del medio.

Al grupo de las **Lemnáceas** pertenecen las llamadas lentejita de agua, lenteja de agua y *Wolffia*, las cuales se encuentran en aguas estancadas o de corriente lenta; su crecimiento es rápido, y en su habitat natural constituyen un alimento apreciado por peces y otros organismos acuáticos. La más pequeña de las lemnáceas es la *Wolffia*, y es del tamaño de la cabeza de un alfiler. Las lemnáceas son por lo general usadas en su forma fresca como alimentación de animales de granja.



a)



b)



c)

Figura 2

a) Lentejita de agua (*Lemna minor*) cubriendo la superficie del agua. b) Lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*). c) *Wolffia*. Fuente: los autores

El género *Azolla* corresponde a diminutos helechos acuáticos que flotan libremente en el agua. Sus hojas son de color verde en la parte superior, e incoloras en la parte inferior. En ciertas condiciones también pueden presentar un color entre rojizo y carmelita. Esta coloración está asociada con la sobrefertilización del cuerpo de agua o estanque donde la planta se encuentre. La coloración rojiza también puede ser debido a

la contaminación o el exceso de luz solar. La *Azolla* prefiere los lugares sombreados. En Colombia se ha usado en la alimentación porcina con resultados alentadores.



a)



b)

Figura 3

a) El helecho de agua *Azolla* en aguas estancadas. b) *Azolla* cubriendo la superficie de los estanques para peces. *Fuente: los autores*

La planta acuática *Salvinia* (*Salvinia auriculata*) también corresponde a los helechos acuáticos, y pertenece a la familia *Salviniaceae*. Después de la taruya, es considerada una de las principales malezas acuáticas del mundo. Su rápida colonización se efectúa a través de sus hojas que son fácilmente transportadas por el viento de un cuerpo de agua a otro. Las especies del género *Salvinia* se pueden diferenciar por presentar tricomas apicales, que en grupos de cuatro se unen en el ápice. Estas uniones asemejan diminutos batidores de huevos. En el país se ha comenzado a estudiar su potencial en la alimentación porcina.

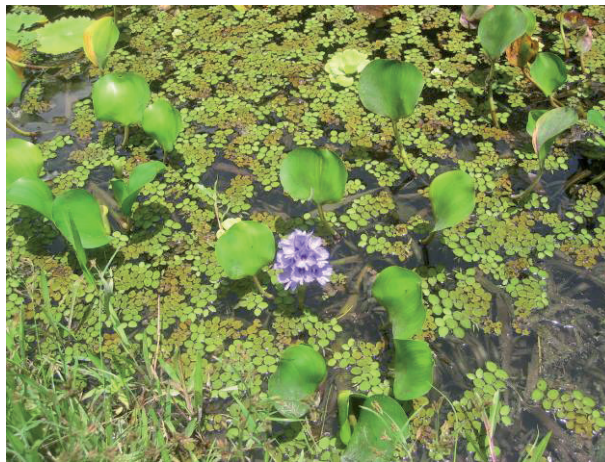


Figura 4

Salvinia creciendo junto con Taruya.

Fuente: los autores

La taruya (*Eichhornia crassipes*) es una planta originaria de Sur América, que se ha esparcido prácticamente por todo el mundo. Esta planta es una especie flotante de raíces sumergidas, sin tallo aparente, presentando un rizoma emergente del que se abre un rosetón de hojas verdes brillantes, semi carnosas, con una superficie esponjosa e inflada en forma de globo parecida a una vejiga llena de aire, la cual permite su flotación superficial en el agua. Esta especie está considerada entre las 100 especies vegetativas más invasoras a nivel mundial. Debido a su

proliferación excesiva crea serios problemas a los ecosistemas ribereños, ya que cubre como una manta toda la superficie de ríos y lagos. En todo el mundo tropical se usa como forraje para la alimentación animal.



a)



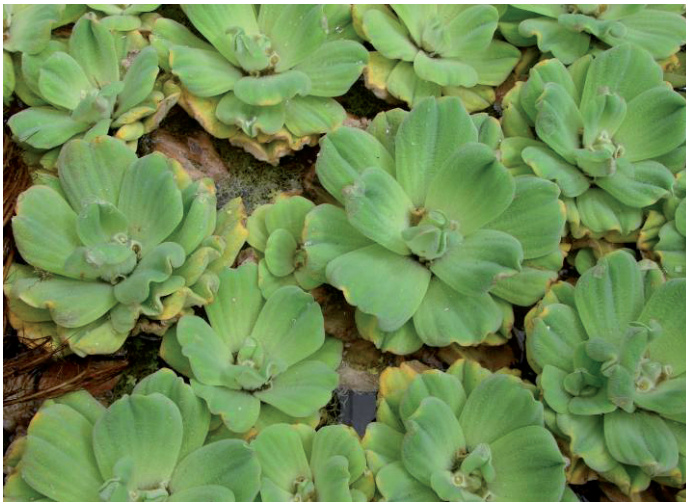
b)

Figura 5

a) Taruya creciendo en aguas estancadas, b) taruya creciendo abundantemente en los estanques para peces.

Fuente: los autores

La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) está también enmarcada dentro del grupo de las plantas acuáticas flotantes; pertenece a la familia de las *Aráceas*, y se encuentra distribuida en los cuerpos de agua dulce de casi todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Es una planta perenne, monocotiledónea con hojas gruesas y suaves de color verde que se desarrollan en forma de roseta en una circunferencia de 5 a 20 cm aproximadamente. Por su propagación fácil y rápida es considerada como una planta invasora. Su uso en la alimentación animal no es común. Sin embargo, en Asia se ha utilizado en forma de harina para la alimentación de las carpas. En su estado fresco no es consumida por los peces del estanque.



a)

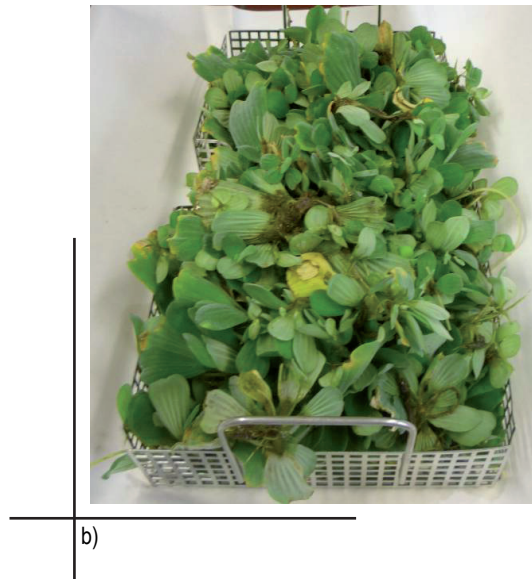


Figura 6

a) La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) flotando en aguas estancadas, b) La lechuga de agua colectada para ser procesada como alimento en dietas para peces.

Fuente: los autores

El trópico ofrece un sinnúmero de ventajas y de recursos disponibles en el medio. Un ejemplo es la gran variedad de plantas, que por su velocidad de crecimiento, aportan una cantidad de biomasa suficiente para suplir gran parte de las necesidades nutricionales, tanto proteícas como energéticas en la alimentación de especies menores, entre ellas los peces.



Peces Tropicales de interés para la Acuicultura rural: *Herbívoros/Omnívoros*

La acuicultura de pequeña escala en Colombia se basa principalmente en el cultivo de peces o piscicultura. La piscicultura constituye entonces una actividad a través de la cual se puede generar proteína animal de alta calidad para la nutrición de la población. Además, es una fuente de empleo rural que toma cada día mayor relevancia, ya que los recursos pesqueros en ríos y ciénagas disminuyen año tras año, debido a la sobrepesca y a los problemas de contaminación ambiental.

La producción piscícola en Colombia se concentra básicamente en el cultivo de las siguientes especies:

- **Mojarra o tilapia roja** (*Oreochromis sp.*)
- **Mojarra o tilapia plateada** (*Oreochromis niloticus*)
- **Cachama blanca** (*Piaractus brachypomus*)
- **Cachama negra** (*Colossoma macropomum*)
- **Trucha arco iris** (*Oncorhynchus mykiss*)
- **Carpa común** (*Cyprinus carpio*)
- **Carpa espejo** (*Cyprinus carpio var. specularis*)
- **Bocachico** (*Prochilodus magdalenae*)
- **Yamú** (*Brycon siebenthalae*)

Entre estas especies las llamadas tilapias y la cachamas juegan un papel fundamental en los cultivos de autoconsumo, y por lo tanto en los programas de seguridad alimentaria a nivel nacional.

Tilapias

Las tilapias provienen del Cercano Oriente y de África, y existen alrededor de 700 especies. En Centro y Sur América se cultivan actualmente varias especies de tilapia. Su habitat natural son lagos, ríos y lagunas; aunque algunas viven en agua salobre.

En los trópicos, las tilapias desovan todo el año, por lo que la disponibilidad de alevinos para su cultivo es permanente. De acuerdo con sus hábitos alimenticios las tilapias pueden ser filtradoras, y su primer alimento es el plancton. También pueden consumir desde el principio alimento preparado, y finamente molido. Las tilapias son omnívoras y pueden ser alimentadas con plantas. Los alevinos de tilapia requieren una dieta con más de 30% de proteína, y los adultos de 25 a 30% de proteína. Se recomienda un óptimo económico de 24% de proteína cruda.

La producción de tilapia depende del tipo de alimento, la calidad del agua, la temperatura y la densidad de siembra. En un cultivo extensivo, se puede asegurar la producción de pescado para autoconsumo, con baja densidad de siembra (menos de 5 animales/m²), en estanques fertilizados y con alimentación suplementaria con los recursos disponibles en granja.

La tilapia es una especie resistente a las bajas de oxígeno y a otros cambios bruscos en la calidad del agua. Esto las hace atractivas para el cultivo. Sin embargo, su alta tasa de fertilidad, y su constante reproducción ocasiona una superpoblación en el estanque. El incremento de la densidad de siembra disminuye la producción. Por esto, en los cultivos con tilapia es necesario ejercer un control sobre la población de cultivo con la siembra de animales monosexuales. Con algo de experiencia el acuicultor puede realizar este control por sexaje visual.

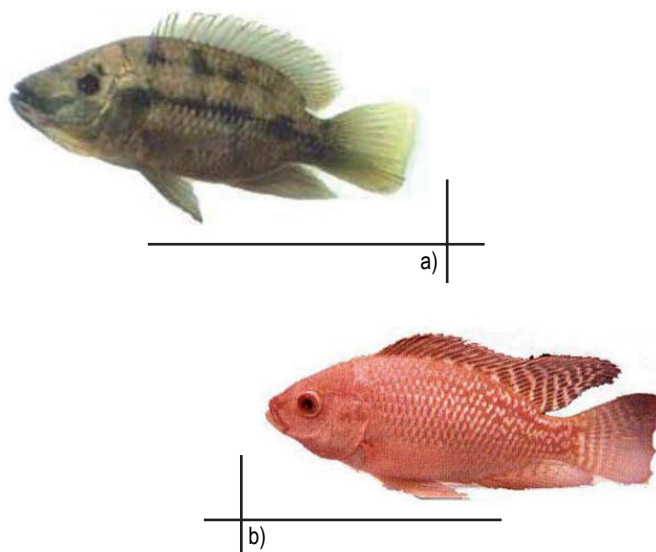


Figura 7

a) Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), b) Tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

Fuente: Google Image.

a) http://www.nicovita.com.pe/cdn/Content/Images/Contenido/image/fot_pes_04.png

b) http://www.bestfish4u.com/fish/oreochromis_niloticus_tubtim.jpg

Cachamas

Las cachamas pertenecen a la familia *Serrasalminidae* y son originarias de la cuenca del Amazonas y del Orinoco. Pueden alcanzar un tamaño grande, y se alimentan principalmente de plantas. Las especies más importantes para la acuicultura son la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) y la cachama negra (*Colossoma macropomum*).

La primera alimentación de estas especies es el zooplancton, después se alimentan de larvas de insectos pequeños, pero aceptan también alimento preparado. La dieta típica de las cachamas está compuesta por frutas, semillas y vegetales blandos, además de algunos animales pequeños. Son preferiblemente herbívoros, pero pueden también ser clasificadas como omnívoros. Como su crecimiento no sólo depende de la alimentación, sino también de la densidad de siembra, se recomienda una densidad no mayor a 2 animales/m².

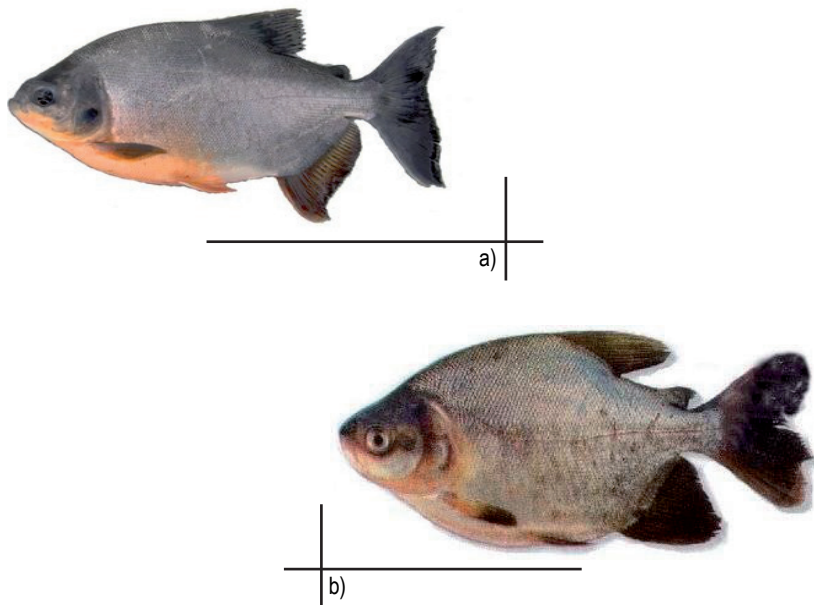


Figura 8

a) Adulto de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). b) Adulto de cachama negra (*Colossoma macropomum*).

Fuente: Google Image

a) http://3.bp.blogspot.com/_aKyunNXzrQU/SjpbKs6EgRI/AAAAAAAAAD8/eHj0HRKG6uY/s400/Cachama+blanca.jpg

b) http://1.bp.blogspot.com/_aKyunNXzrQU/Sjpa5rBykZI/AAAAAAAAAD0/3Ewa6YqYXr0/s400/Cachama+negra.jpg

Las cachamas tienen buena aceptación en el mercado en tamaños grandes. Se pueden cultivar hasta un tamaño entre 3 y 6 kg. En general, la cachama negra es más robusta y tiene mayores rendimientos por unidad de área que la cachama blanca. Sin embargo, su coloración la hace poco llamativa al consumidor. Frecuentemente la cachama negra se usa en cultivos de autoconsumo o para satisfacer mercados locales. La cachama blanca por su parte es la especie nativa de mayor producción en Colombia. El desarrollo de policultivos extensivos con estas especies nativas permitirá satisfacer la creciente demanda nacional e internacional por productos orgánicos, puesto que estas especies aprovechan muy bien los subproductos de la agricultura y los recursos disponibles en granja.



Características de las Plantas Acuáticas

Producción y disponibilidad

Existen muchos tipos de alimentos para peces. El valor nutricional de estos alimentos depende de su palatabilidad, digestibilidad y composición nutricional. El nutriente más importante de un alimento específico para peces es el porcentaje de proteína cruda. Sin embargo, la elección de alimentos artificiales para peces depende principalmente de los costos y de la disponibilidad de recursos en granja.

Las plantas acuáticas son uno de los recursos de mayor disponibilidad localmente, y pueden usarse en estado fresco o pueden ser secadas al sol y molidas para ser ofrecidas como harina. Las plantas acuáticas en general pueden ser consideradas como un alimento nutricionalmente completo. Sin embargo, sus características nutritivas varían enormemente de acuerdo con las condiciones ambientales y la calidad del agua en donde ellas crecen. Por lo tanto, no es recomendable usarlas como fuente exclusiva de nutrientes para peces. Ellas pueden mezclarse con otros subproductos localmente disponibles y así reemplazar total o parcialmente los costosos concentrados comerciales.

En el capítulo 2 fueron mencionadas y descritas algunas de las plantas acuáticas más comunes en nuestra región. En este capítulo se mencionarán sus características de producción y su valor nutricional como alimento para peces.

En general, las plantas acuáticas son más productivas que las plantas terrestres convencionales; crecen muy bien en aguas residuales y no compiten por agua, tierra o nutrientes. Además de ser altamente



productivas, las plantas acuáticas no requieren de cuidados agronómicos, ni de fertilizantes o semillas, ya que proliferan espontáneamente en cuerpos de agua estancados. En particular, su mayor producción ocurre en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo.

En una zona tropical como Colombia se estima que en estanques fertilizados con aguas residuales la producción de plantas acuáticas como la lenteja de agua (*Lemna minor*), *Azolla* y *Salvinia* puede ser mayor a 500 toneladas/hectárea/año, y hasta de más de 2000 toneladas/hectárea/año en el caso de la taruya (*Eichhornia crassipes*). En el contexto rural, esta cantidad de alimento aportaría los nutrientes suficientes para mantener un cultivo o policultivo extensivo de especies hervíboras-omnívoras (por ejemplo tilapias-cachamas-carpas) para autoconsumo o abastecimiento de mercados locales.

Composición Nutricional

La composición nutricional de las plantas acuáticas disponibles localmente en el norte de Colombia se presenta en la tabla 2.

El Contenido de Proteína

Las plantas acuáticas han sido usadas tradicionalmente como alimento para animales en países tropicales y subtropicales, especialmente en Asia. El valor nutricional de las plantas acuáticas es frecuentemente mayor al de otras especies de forrajes terrestres. Por ejemplo, entre las especies localmente disponibles, el contenido de proteína fue relativamente alto, variando entre 15% y 24%, excepto para los tallos de taruya que contienen aproximadamente un 10% de proteína cruda, mientras que las hojas de taruya son mucho más ricas en contenido de proteína con un porcentaje entre 16% y 22%.

Los requerimientos estimados de proteína en peces tropicales de cultivo varían entre 25% y 30%. Así, el contenido de proteína de las plantas locales indica que pueden ser usadas como fuente importante de este nutriente en alimentos para peces. Teniendo en cuenta que la proteína

es el nutriente más costoso, el uso de las plantas reduciría significativamente los costos de producción del cultivo de peces a escala rural.

Además de un aceptable contenido de proteína, las plantas acuáticas locales presentan también una bien balanceada composición de aminoácidos (ver tabla 3). Los aminoácidos limitantes en la mayoría de los peces, tales como la lisina y la metionina, se encuentran en las plantas estudiadas en cantidades comparables con los requerimientos por porcentaje de proteína reportados para algunas especies de peces tropicales. Por ejemplo, el contenido de lisina entre las plantas varió entre 5.3% y 6.3% de la proteína, mientras que el requerimiento de lisina para tilapia (*Oreochromis niloticus*) es de 5.1% de la proteína y para Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), una especie cercana a la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), el requerimiento de lisina es de 1.5% de la proteína.

El Contenido de Grasas

Las plantas acuáticas tienen un bajo contenido de grasas, no mayor al 4%. Esto indica que las grasas deben suplementarse con otros elementos adicionales en la dieta. El bajo contenido de grasas puede ocasionar un déficit del contenido de energía en la dieta. Por lo que se recomienda la adición de fuentes de carbohidratos disponibles en granja. Por ejemplo, los subproductos de la granja como afrecho de arroz, trigo o maíz.

El Contenido de Minerales y la Concentración de Metales pesados

Las plantas acuáticas localmente disponibles son ricas en minerales. El calcio (Ca) y el potasio (K) son los minerales más abundantes. En la tabla 4 se presenta el perfil completo de minerales de las plantas acuáticas estudiadas. Las concentraciones de macro y micro minerales excedieron los requerimientos reportados para peces, pero no los valores críticos indicados para las especies comúnmente cultivadas.



Las plantas acuáticas son capaces de absorber y almacenar grandes cantidades de minerales. Así mismo, pueden también acumular metales pesados. De ahí que, es importante conocer las concentraciones de estos metales en las plantas que crecen en los cuerpos de agua locales, debido a que, altas acumulaciones podrían resultar tóxicas para los peces. Entre las plantas acuáticas evaluadas no se detectaron concentraciones de arsenico, selenio y mercurio. Por el contrario, concentraciones de cadmio y de plomo sí fueron detectables en muy bajas concentraciones. En general, el uso de las plantas acuáticas locales no supone riesgo de toxicidad para los peces y tampoco para los consumidores finales de la producción acuícola.

Factores que limitan la Digestibilidad de las Plantas Acuáticas

Las plantas acuáticas son menos digeribles para los peces que otras fuentes de nutrientes de origen animal como la harina de pescado. Esto se debe a diferentes razones. Pero, las más importantes son el alto contenido de fibra y la presencia de sustancias antinutritivas como los inhibidores de tripsina (que inhiben la acción de esta enzima en la degradación de las proteínas), los taninos solubles y condensados (que también afectan la utilización de las proteínas), los fitatos y los oxalatos (que afectan la utilización de los minerales).

Para reducir el contenido de fibra y la concentración de sustancias antinutritivas, las plantas acuáticas son frecuentemente procesadas. Uno de los métodos más efectivos y económicos es el ensilaje del material vegetal. El proceso de fermentación ácido láctica ocurrido durante el ensilaje reduce significativamente el contenido de sustancias antinutritivas en las plantas acuáticas (ver tabla 5). Así mismo, el contenido de fibra es menor en el material fermentado. El proceso de ensilaje se explica con mayor detalle en el capítulo 5 de esta guía.

IMPORTANTE!

Como resultado de lo anterior, en los ensayos de digestibilidad de las lemneáceas *Lemna* y *Spirodela* y del helecho *Azolla*, llevados a cabo con la especie cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), las plantas ensiladas mostraron una mayor digestibilidad de la proteína (entre 75% y 85%) que las plantas secadas al sol (entre 51% y 60%). De acuerdo con estos resultados es altamente recomendable el ensilaje de las plantas acuáticas para su uso como ingrediente en alimentos para peces.

Tabla 2. Composición nutricional de las plantas acuáticas disponibles localmente en el norte de Colombia

Plantas acuáticas	Materia seca (%), secado al sol	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Fibra (%)
Lentejita de agua (<i>Lemna minor</i>)	90,4-92,3	19,7 - 46,4	15,2 - 21,1	0,70 - 2,80	13,0 -18,0
Lenteja de agua (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	89,8-94,5	19,5 - 32,6	16,1 - 24,3	0,60 - 3,40	15,2 - 20,9
Azolla (<i>Azolla filiculoides</i>)	92,1-97,5	13,9 - 35,8	16,4 - 23,9	1,30 - 2,30	12,3 - 22,7
Taruya, hojas (<i>Eichhornia crassipes</i>)	90,5-93,9	16,2 - 17,2	16,2 - 21,9	2,90 - 3,90	14,4 - 16,8
Taruya, tallos (<i>Eichhornia crassipes</i>)	91,3-94,2	21,6 - 32,0	9,80 - 10,0	2,50 - 2,70	21,9 - 23,3
Wolffia (<i>Wolffia</i>)	92,5	24,5	23,2	3,44	15,2
Lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)	94,1	25,4	15,9	3,38	18,9
Salvinia (<i>Salvinia auriculata</i>)	92,0	26,1	14,4	1,07	28,0

Fuente: Cruz, Yorcelis. 2010. Resultados del proyecto Colciencias Código 1117-452-21305. Nutritional quality of aquatic plants commonly available in the Colombian rural zones and their suitability as cost effective feeding in the small-scale aquaculture. Análisis elaborados en colaboración con el Instituto de Ciencias Animales para Trópicos y Subtrópicos de la Universidad de Humboldt de Berlin, Alemania.



Tabla 3. Perfil de aminoácidos esenciales de las plantas acuáticas del norte de Colombia.

Aminoácidos esenciales (% Proteína)	Lentejita de agua (Lemna minor)	Lenteja de agua (Spirodela polyrhiza)	Helecho de agua (Azolla filiculoides)	Taruya, hojas (Eichhornia crassipes)	Requerimiento para peces de cultivo tropicales (% proteína dietaria)	
					Tilapia ¹	Pacu ²
Arginina	5,79	6,25	6,16	6,06	4,20	3,19
Histidina	1,72	1,92	1,96	2,31	1,72	1,14
Isoleucina	4,93	5,05	5,07	5,07	3,11	2,09
Leucina	9,36	9,27	9,27	9,48	3,39	4,12
Lisina	5,30	5,28	5,28	6,28	5,12	1,51
Metionina	1,72	1,76	1,76	2,04	3,21	1,20
Fenilalanina	5,54	5,62	5,62	6,12	5,59	2,06
Treonina	4,93	5,07	5,07	4,79	3,75	2,07
Valina	6,65	6,43	6,43	6,17	2,80	2,05
Triptófano	1,60	1,62	1,62	2,04	1,00	-

¹ Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Santiago and Lovell (1988)

² Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Bicudo et al. (2009)

Fuente: Cruz Y. et al (2011).

Tabla 4. Concentración de minerales y metales pesados en las plantas acuáticas del norte de Colombia

Concentración	Lentejita de agua (<i>Lemna minor</i>)	Lenteja de agua (<i>S. polyrhiza</i>)	Helecho de agua (<i>A. filiculoides</i>)	Taruya, hojas (<i>E. crassipes</i>)
Minerales (mg/g)				
Ca	2,1	2,4	2,6	2,5
P	0,4	0,3	0,3	0,3
Na	1,7	1,5	2,3	0,4
K	2,6	2,2	1,5	2,5
Mg	1,7	1,5	2,3	0,4
Zn (mg/Kg)	9,6	11,3	160,7	43,1
Cu (mg/Kg)	4,3	8,8	14,8	7,1
Cr (mg/Kg)	1,6	2,8	18,2	3,7
Al (mg/Kg)	33,9	28,8	1,2	51,4
Metales pesados (mg/Kg)				
Cd	0,5	0,8	1,3	0,5
Pb	3,1	3,2	4,0	3,4
Ar	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
Se	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
Hg	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.

N.d.: No detectable

Fuente: Cruz Y. et al (2011).



Tabla 5. Concentración de antinutrientes de las plantas acuáticas antes y después del proceso de ensilaje (fermentación ácido láctica)

Sustancias antinutritivas	Lentejita de agua (Lemna minor)		Lenteja de agua (Spirodela polyrhiza)		Helecho de agua (Azolla filiculoides)		Taruya, hojas (E. crassipes)	
	Material fresco	Material fermentado	Material fresco	Material fermentado	Material fresco	Material fermentado	Material fresco	Material fermentado
Inhibidor de tripsina (mg IT/g)	2,31	0,50	0,80	0,17	1,86	1,37	1,05	0,60
Fitatos (% ácido fítico)	0,32	0,12	0,25	0,11	0,15	0,15	0,15	0,20
Taninos solubles (%)	0,30	N.d.	1,31	N.d.	0,44	N.d.	0,70	N.d.
Taninos condensables (%)	N.d.	N.d.	3,87	N.d.	N.d.	N.d.	0,99	N.d.
Oxalatos (%)	2,02	0,04	0,10	N.d.	1,67	0,19	0,52	0,10

N.d.: No detectable

Fuente: Cruz Y. et al (2011).



Procesamiento y Uso de las Plantas Acuáticas en Granja

Ensilaje

El ensilaje es un método empleado para la conservación de las características nutricionales de los materiales forrajeros a través de la fermentación anaeróbica (sin presencia de aire). El proceso de fermentación produce una baja en los valores de acidez inhibiendo la acción de microorganismos no deseables y promoviendo cambios mecánicos, químicos y físicos que permiten conservar y, algunas veces, mejorar el valor nutritivo del material ensilado.

La palabra ensilaje se refiere a las estructuras físicas (silos), en donde se guardan los forrajes durante el proceso de ensilaje. Sin embargo, el ensilaje puede realizarse en diferentes tipos de contenedores o recipientes, por ejemplo, en bolsas plásticas. Lo más importante es que la estructura donde se conserve el material a ensilar sea de tipo hermético y permita inhibir completamente la presencia de aire.

¿Cómo ensilar plantas acuáticas?

Las plantas acuáticas son un material difícil de fermentar. Esto se explica por las siguientes razones:

- Tienen un alto contenido de humedad, lo que puede promover el crecimiento de bacterias indeseables (como Clostridium) y la contaminación del material. Antes de iniciar el proceso de ensilaje, una parte del material debe dejarse escurrir y secar al sol, posteriormente el

material vegetal ya seco se debe mezclar con material fresco hasta conseguir que el contenido de humedad no supere el 50%.

- Poseen una alta capacidad buffer, es decir, que su pH o acidez es muy difícil de modificar, lo cual no es deseable para un buen ensilaje en el que se espera una baja rápida y significativa de la acidez.
- Las poblaciones naturales de bacterias ácido lácticas (que son deseables en el proceso de ensilaje) son frecuentemente bajas en los materiales vegetales. Estas bacterias como su nombre lo indican producen ácido láctico con la consecuente disminución del pH o acidez. Una buena fuente de estas bacterias es el yogur por eso se recomienda adicionar aproximadamente 50 g de yogur por 1 kg de material vegetal.
- Adicionalmente, el contenido de carbohidratos solubles (azúcares) es muy bajo en las plantas acuáticas. Las bacterias ácido lácticas utilizan los azúcares como sustrato para producir el ácido láctico, que es el primer responsable del decrecimiento del pH en el ensilaje. Para aumentar el contenido de azúcares se recomienda la adición de máximo 150 g de melaza por 1 kg de material vegetal. La cantidad de melaza a adicionar puede variar de acuerdo con las características del material a fermentar.

Pasos para el Ensilaje de Plantas Acuáticas

Primer paso: Colectar las plantas, separar en dos partes, una parte se seca al sol y la segunda parte se deja en estado fresco.



Segundo paso: Procesar el material fresco (lavar y seleccionar)



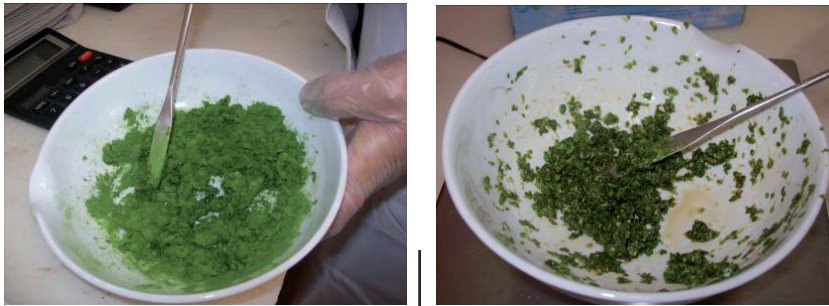
Tercer paso: Cortar el material fresco en trozos pequeños para facilitar la mezcla de los aditivos



Cuarto paso: Mezclar el material fresco con material previamente seco para reducir el contenido de humedad.



Quinto paso: Adicionar poco a poco la melaza y el yogur, y mezclar bien



Sexto paso: Empacar y cerrar herméticamente para conseguir condiciones anaeróbicas (sin presencia de aire)



Figura 9

Pasos para el ensilaje de las plantas acuáticas localmente disponibles.

Fuente: los autores

En granja el ensilaje se puede efectuar con bolsas grandes o láminas de plástico que se cierran herméticamente, extrayendo el aire con una máquina de vacío, un aspirador doméstico o simplemente ejerciendo presión hasta eliminar la mayor cantidad de aire posible del interior. Sin embargo, este último método no garantiza una buena calidad del ensilaje.

Las bolsas para el ensilaje se construyen con dos láminas de plásticos que se unen con tubos de PVC (uno exterior abierto en forma de “C” y otro interior más delgado que el anterior y cerrado) hasta que encajen uno dentro del otro, para evitar la entrada de aire al interior de la bolsa plástica; luego el extremo abierto se usa para retirar el aire y se sella con un trozo de tubo y cinta adhesiva (ver figura 10).

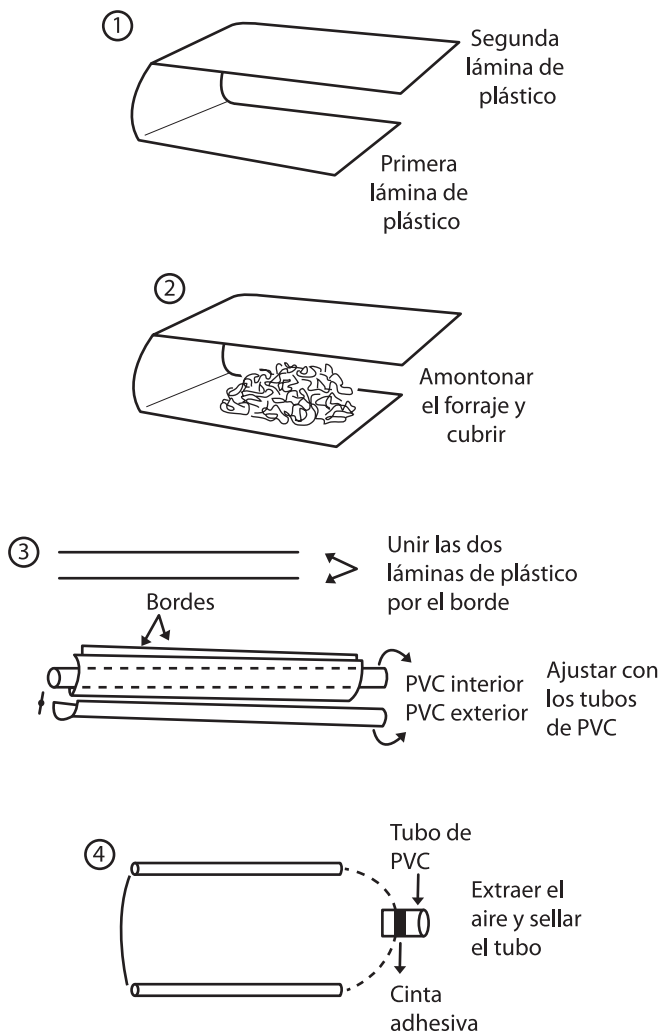


Figura 10
Pasos para la elaboración de un silo de plástico en granja.
Fuente: los autores



Una vez sellados los silos plásticos se debe esperar un período mínimo de cuatro a seis semanas para que sean abiertos. Una vez abierto el silo debe evaluarse el producto final de acuerdo con las características propias de un buen ensilado:

- **Textura:** Debe ser suave y consistente.
- **pH:** Debe ser ácido, con un pH de 4.3 a 4.5.
- **Olor:** Debe asemejarse al de una fruta fermentada; no muy fuerte, debe tener un aroma agradable.
- **Color:** Debe tener un color verde amarillento. Un color muy oscuro puede ser señal de un exceso de calentamiento por una mala compactación del material o por demasiada humedad.

Usos en Granja de las Plantas Acuáticas: como Alimento Suplementario

Los ensayos de crecimiento realizados con juveniles de las especies tropicales tilapia (*Oreochromis niloticus*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) mostraron resultados altamente satisfactorios cuando las plantas acuáticas fueron usadas como alimento suplementario. Los experimentos se llevaron a cabo en granja, en condiciones de policultivo, durante un periodo de 4 meses. El cultivo se realizó en estanques en tierra, con una densidad de siembra total de 3 peces/m², y a una relación de siembra de 75% tilapia y 25% cachama. El peso promedio inicial de los animales de cultivo fue de 40g (cachamas) y 16g (tilapias).

Los estanques fueron fertilizados con abono orgánico (gallinaza) para garantizar la disponibilidad de productividad primaria y secundaria. Las plantas fueron recolectadas del medio natural y en granja, y luego fermentadas.

Una vez fermentadas las plantas se incluyeron en las dietas ofrecidas a los animales de cultivo. Las dietas experimentales fueron: 1. Alimento concentrado comercial (24% proteína, usado comúnmente en las



granjas acuícolas de la región), 2. Reemplazo de 15% del “concentrado comercial” con Lemnáceas (*Lemna* y *Spirodela* fermentadas) y 3. Reemplazo de 15% del “concentrado comercial” con el helecho de agua (*Azolla* fermentada).

En general hubo un buen desempeño productivo. El mayor crecimiento en peso promedio se obtuvo en los animales alimentados con la dieta 2. La inclusión de lemnáceas (*Lemna* y *Spirodela* fermentadas) al 15% resultó en una ganancia de peso promedio de 444 g (cachamas) y de 176 g (tilapias). Los animales alimentados únicamente con concentrado comercial presentaron una ganancia de peso promedio de 414 g (Cachamas) y de 166 g (Tilapias). Por su parte, el uso del helecho de agua (*Azolla* fermentada) resultó en una ganancia de peso promedio de 382 g (Cachamas) y de 167 g (Tilapias).

De acuerdo con los ensayos de crecimiento en campo realizados por el equipo de investigación se recomienda:

- Policultivo de especies omnívoras o preferiblemente herbívoras capaces de aprovechar la proteína vegetal.
- Fertilización de los estanques en tierra para aumento de la productividad primaria y secundaria.
 - Cultivo extensivo, (menos de 5 peces/m²).
- Una tasa de alimentación del 4% de la biomasa de peces en el estanque.
 - Una frecuencia de alimentación de mínimo 2 veces por día.
 - Fermentación del material vegetal antes de ser incluido en las dietas u ofrecido directamente como alimento.
- No se recomienda una alimentación exclusiva con plantas acuáticas, es preferible combinar con el alimento comercial u otros subproductos de la granja.

Aunque en esta guía no se estiman los costos de producción del cultivo con el uso de las plantas acuáticas como alimento suplementario, un reemplazo del 15% del alimento comercial supondría una reducción de los costos de alimentación, ya que las plantas acuáticas son un recur-

so disponible en el medio natural y no tienen un valor comercial. De igual modo, la utilización de otros sub-productos vegetales de la granja o finca como ingredientes suplementarios en la dieta de especies herbívoras podría también reducir notablemente los costos generados por la alimentación en la acuicultura de pequeña escala.



Figura 11
Ejemplar de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) durante la última biometría (semana 14).
Fuente: los autores



Figura 12
Ejemplar de Cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) durante la última biometría (semana 14).
Fuente: los autores



Referencias

Argumedo-Trilleras y Rojas-Duarte. Manual de piscicultura con especies nativas. Fondo para la acción ambiental.

Bello RA, Gil RW. 1992. Evaluación y aprovechamiento de la cachama (*Colossoma macropomum*) cultivada como fuente de alimento. Documento de campo No. 2. Proyecto Aquila II. FAO, México. 113p.

Benitez, G. 2005. Análisis del potencial de tres especies de macrófitas acuáticas como materia prima de alimentos balanceados para animales. En: <http://www.monografias.com>

Boyd, C.E. 1968. Fresh-water plants: a potential source of protein. *Economic Botany*, 22:359.

Chará, J., Pedraza, G., Conde N. 1999. The productive water decontamination system: A tool for protecting water resources in the tropics. *Livestock researchs for rural development*. Volume 11, number 1.

Cross. W, John. 1994. Duckweed as a Primary Feedstock for Aquaculture. A Summary of its Potential Advantages. En: www.mobot.org/jwccross/duckweed/Fish.htm.

Cruz Y., Kijora C., Wedler E., Danier J. and Schulz C. 2011. Fermentation properties and nutritional quality of selected aquatic macrophytes as alternative fish feed in rural areas of the Neotropics. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 23 (11), Article #239.

Díaz, F.J. y López, R.A. 1993. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*). En: Rodríguez, H., Polo, G. y Salazar G. (eds.) *Fundamentos de acuicultura continental*. INPA, Bogotá. 207-219pp.



Hassan, M.S. and Edwards, P. 1992. Evaluation of duckweed (azolla and *Spirodella polyrrhiza*) as fed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 104: 315-326.

Kung, L. Jr., 2000-2001. Silage fermentation and additives. Direct-fed microbial, enzyme and forage additive compendium. Miller Publishing Co. Minnetonka, MN, USA.

Kung, L. Jr., N.K. Ranjit, J.R. Robinson, R.C. Charley. 1999. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of barley silage. The XIIth International Silage Conference. Uppsala, Sweden. 272-273pp.

Leng, R.A. 1999. Duckweed. A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment. FAO Animal Production and Health Paper.

Ly, J. 2002. Macrófitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción animal. Instituto de Investigaciones Porcinas.

Martinez, C. Chávez, M. C. Olvera, M. Abdo, M. I. 1998. Fuentes Alternativas de Proteínas de Vegetales Como Substitutos de la Harina de pescado para la Alimentación en Acuicultura. En: <http://www.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/acuicolalll/pdfs/5.pdf>

Ponce, J. T. y Fitz, M. 2004. Azolla mexicana como alimento suplementario en el policultivo de juveniles de tilapia (*Oreochromis hornorum*) y carpa barrigona (*C. rubrofusca*) bajo condiciones semicontroladas en: I Congreso Nacional de Acuicultura SEPESCA, Pachuca, Hgo. p. 6.

Santiago, C.B. y Lovell, R.T. 1988. Amino acid requirements for growth Nile tilapia. *Journal of Nutrition*, 118:1540-1546.

Salazar, G. 2002. El cultivo de organismos acuáticos en pequeña escala en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá. 31pp.



Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México. 2007. Manual para la elaboración de ensilajes y construcción de silos.

Vásquez, W. 2004. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio, p. 71-73.

Wedler, Eberhard. 1998. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta. Editorial Litoflash.

