

ECOLOGÍA APLICADA

Ecología Aplicada

ISSN: 1726-2216

ecolapl@lamolina.edu.pe

Universidad Nacional Agraria La Molina

Perú

Canales-Gutiérrez, Ángel

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA Y MANEJO DE *Lemna gibba* (LENTEJA DE AGUA) EN LA BAHÍA  
INTERIOR DEL LAGO TITICACA, PUNO

Ecología Aplicada, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, 2010, pp. 91-99

Universidad Nacional Agraria La Molina

Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34116957004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## EVALUACIÓN DE LA BIOMASA Y MANEJO DE *Lemna gibba* (LENTEJA DE AGUA) EN LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA, PUNO

## EVALUATION OF BIOMASS AND MANAGEMENT *Lemna gibba* (DUCKWEED) IN THE INNER BAY OF LAKE TITICACA, PUNO

Ángel Canales-Gutiérrez<sup>1</sup>

### Resumen

Uno de los mayores problemas que enfrenta la ciudad de Puno es la presencia de la lenteja de agua (*Lemna gibba*) en la bahía interior del Lago Titicaca, debido al proceso de eutrofización que sufre a causa del mal tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Puno. Muchas de las estrategias planteadas hasta ahora no han dado resultados positivos en la reducción de la biomasa de *Lemna gibba*, debido a que estos planes están direccionados a la exterminación de este organismo. En lugar de ello se debe pensar en la forma más sostenible de hacer uso de la lenteja. Es por eso que los objetivos fueron: (a) estimar la biomasa (kg/m<sup>2</sup>) de lenteja de agua de la bahía interior del lago Titicaca y, (b) plantear una estrategia de manejo de la lenteja de agua de la bahía interior del lago Titicaca. El promedio de la biomasa de la lenteja de agua en la bahía interior fue de 6.94 kg/m<sup>2</sup>, mientras que los promedios de pH y temperatura del agua fueron de 6.3 y 13.8°C, respectivamente. Esto prueba la eficacia de este organismo para crecer en condiciones difíciles (además hay altos niveles de N, P y metales pesados), por lo que su manejo puede ser una alternativa para disminuir el proceso de eutrofización del lago. Las estrategias de manejo de lenteja estuvieron enmarcadas dentro de un plano social, económico y ambiental, lo que permite su sostenibilidad en beneficio de la población de Puno y del ecosistema del lago Titicaca.

**Palabras clave:** Bahía, Puno, pH, Lago Titicaca, lenteja de agua, temperatura.

### Abstract

One of the biggest problems Puno city is currently facing is the presence of duckweed (*Lemna gibba*) in the inner bay of Lake Titicaca, caused by eutrophication due to bad wastewater treatment. Many of the strategies proposed so far have not yielded positive results, because these plans were directed to the extermination of this organism. Instead, the most sustainable duckweed use should be considered. That is why the objectives of this study were: (a) To estimate duckweed biomass (kg/m<sup>2</sup>) in the inner bay of Lake Titicaca, (b) To propose a management strategy for the duckweed from the inner bay of Lake Titicaca. The average biomass of the duckweed in the inner bay was 6.94 kg/m<sup>2</sup>; the average pH and temperature of the water were 6.3 and 13.8°C, respectively. This proves the effectiveness of this organism to grow in difficult conditions (in addition there are high levels of N, P and heavy metals), so that its management can be used as an alternative to reduce the eutrophication of the lake. Moreover, duckweed management strategies were framed within social, economical and environmental plans. Therefore, this macrophyte management is sustainable and beneficial for the people of Puno and the ecosystem of Lake Titicaca.

**Key words:** Bay, Duckweed, pH, Lake Titicaca, temperature.

### Introducción.

La especie humana tiene pocos años de estar en la tierra, sin embargo es una de las causantes de los desastres jamás antes imaginados. Prueba de ello son los cambios climáticos, extinción de especies a causa de la alteración de los hábitats. Lo anterior, se debe a que la población cada año se incrementa, mientras que los recursos escasean, como ya lo dijo Malthus “La población crece geométricamente, mientras que los recursos aritméticamente”.

Como no podía ser la excepción la ciudad de Puno, también es testigo del deterioro del lago navegable más alto del mundo, el Lago Titicaca. A pesar de la

gran importancia que tiene el Lago para esta ciudad, al ser la fuente de sostenimiento de la población, fuente de recursos alimenticios, etc., sufre un proceso de eutrofización acelerada, debido a un mal manejo de las aguas residuales de la ciudad. Producto de ello, la lenteja de agua (*Lemna gibba*) se ha ido expandiendo exponencialmente formando una inmensa alfombra verde en la bahía interior del Lago.

La abundancia de este organismo es causante de que las especies fotosintetizadoras no se desarrollen adecuadamente, puesto que actúa como un paraguas al impedir que los rayos solares penetren a las zonas más profundas. Las especies fotosintetizadoras quedan

representadas por las algas y fitoplancton principalmente, siendo estas la base de las cadenas tróficas que en el lago existen. Por lo anterior, se ha calificado a la lenteja de agua como un ente negativo, que debe ser eliminado y es por eso que muchas de las estrategias planteadas no han dado resultados alentadores. En lugar de ello, las estrategias deberían estar direccionadas a un manejo sostenible de la biomasa de la lenteja de agua, de forma que se pueda utilizar en beneficio del mismo Lago, y porque no, de la población en general. Ennabili *et al.* (1998) indica que la biomasa de la lenteja de agua debe ser frecuentemente cosechada durante la estación de crecimiento y puede ser utilizada para diferentes usos. Además, la biomasa es un subproducto que constituye un recurso importante para la economía tradicional (abonamiento de pasturas) y esta especie también puede ser utilizada para evaluar la capacidad de tratamiento de aguas residuales.

Asimismo, la lenteja de agua posee una proteína de excelente calidad, debido a que es rica en aminoácidos esenciales. La inclusión del 10 % de lenteja de agua en la dieta de cerdos no afecta la respuesta productiva de los animales (Gutiérrez, 2000). La biomasa de la lenteja de agua, con un contenido de proteína de más del 30 % del peso seco, se puede utilizar como una alternativa rica en proteínas forrajeras. Las aguas residuales tratadas con lenteja de agua, se encuentra en un nivel aceptable y se puede reutilizar para riego agrícola (Oron, 1986). La producción de compost a partir de *Lemna* sp. (lenteja de agua) y su aplicación, concluyen que se puede obtener compost a los 7 meses y luego puede ser utilizado para la producción de hortalizas. Se ha cultivado espinaca y acelga con tratamiento de compost de lenteja de agua y fertilizante químico, no encontrándose diferencias estadísticas (Manchuria & Aruquipa, 1996). Mbagwu & Adenini (1988), analizando diferentes tipos de *Lemna* concluyeron que puede ser un buen complemento en la dieta alimentaria de ganado y peces.

Además, Espejo *et al.* (2006) mencionan que, *Lemna minor*, aumenta su producción de biomasa al aplicar fertilizante orgánico, encontrando el mayor crecimiento con 20 g. Así mismo, triplica su biomasa en 7 días cuando se adicionan a la microlaguna 30 g de material vegetativo y se fertiliza. Además, la lenteja de agua, es una opción viable para usarse como fuente de proteína en dietas para cerdos en una proporción de 30-60 kg de peso. Los resultados del estudio indican que lenteja de agua, puede ser una planta para acumular metales pesados.

Los objetivos de este estudio fueron:

a. Estimación de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de *Lemna gibba* de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

b. Planteamiento de una estrategia de manejo de *Lemna gibba* de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

### **Materiales y métodos.**

#### Ámbito de estudio:

El estudio se llevó a cabo en la bahía interior del lago Titicaca (a 3810 msnm, 15° 50'20" S, 70° 01' 43" O y temperatura entre 3 a 25 °C) en los ambientes del Centro para el Desarrollo Sostenible (CEDESOS), institución privada de investigación y desarrollo, ubicado en el Jr. Moquegua 348 de la ciudad de Puno. El área del muestreo específico fue el Sector del Malecón Ecoturístico ubicado en la parte baja de la ciudad de Puno.

a) Estimación de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de *Lemna gibba* en la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

La evaluación de la biomasa, se realizó en forma mensual durante 12 meses, específicamente en el Sector del Malecón Ecoturístico de la bahía interior. Para determinar la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ), se ha muestreado utilizando el método de cuadrantes aleatorios de  $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ , luego estos datos fueron extrapolados al  $\text{m}^2$ . Posteriormente, se pesó la cantidad de lenteja de agua, para ello se utilizó una balanza de precisión con la finalidad de determinar la biomasa en materia verde de lenteja de agua. Luego, se efectuó un análisis de datos a través de un Software INFOSTAT 2007, con la finalidad de determinar diferencias de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) entre los meses de evaluación. Así mismo, se realizó un análisis de correlación de la biomasa con respecto a la temperatura del agua, pH del agua, con la finalidad de determinar cual de las variables tuvo una mayor afinidad con la biomasa de la lenteja de agua.

b) Planteamiento de una estrategia de manejo de *Lemna gibba* de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

En base a los resultados obtenidos se planteó una estrategia de manejo sostenible de la lenteja de agua. El método propuesto para dicho análisis fue de Enfoque de Sistemas, que considera los factores de: INGRESOS, SISTEMA (Sub Sistemas y elementos) y PRODUCTOS O RESULTADOS (Canales, 2004).

Para plantear este enfoque se ha considerado tres dimensiones importantes que intervienen en un sistema de manejo de la lenteja de agua. Estas fueron: Social, Económica y Ambiental. En cada una de estas dimensiones los subsistemas y elementos para cada caso, esto con la finalidad de que exista una conexión lógica entre subsistemas y elementos. Al final de las conexiones entre sistemas y elementos permitirá obtener un producto o salida.

### Resultados y discusión.

a) Estimación de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de *Lemna gibba* en la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

Los resultados de la muestras de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de lenteja de agua, indican que existe un promedio de  $7.0 \text{ kg/m}^2$ , sin embargo la biomasa puede presentar rangos de variación de acuerdo a los meses o épocas. Se ha registrado valores de  $2.8$  y  $15 \text{ kg/m}^2$  y estas variaciones pueden estar influenciadas por la presencia de precipitaciones pluviales y los vientos que pueden trasladar a la lenteja de agua.

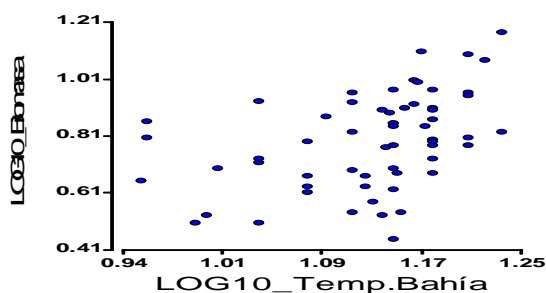
En base a la desviación estándar de los muestreos de biomasa, en la bahía de la ciudad de Puno, se encuentra entre  $5$  a  $9 \text{ kg/m}^2$ , con esta información se calcula que en la bahía existe entre  $6\,000 \text{ t}$  a  $10\,800 \text{ t}$  de biomasa de lenteja de agua en un área de  $200 \text{ ha}$ . Probablemente, esta biomasa puede variar de acuerdo a las épocas y meses del año y también a la influencia de factores ambientales y biológicos.

Los resultados del estudio hecho por Ennabili *et al.* (1998) en los humedales de la península de Tingitan (Marruecos), indica que la producción anual neta de *L. gibba*, es alta, pueden producir de  $7.5$  a  $15.0 \text{ t}$  de materia seca  $\text{kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ . Con esta producción alta se puede aprovechar esta especie para diferentes usos como: abono orgánico y alimentos para animales menores.

Con respecto al pH, se ha encontrado un rango que va desde  $4.8$  a  $8.81$ . Este registro es corroborado por Ponce *et al.* (2005), que encuentra también pH entre  $6.5$  y  $7.5$  y temperaturas de  $27^\circ\text{C}$ .



**Figura 1.** Presencia de lenteja de agua en la bahía interior de la ciudad de Puno (2005-2006).



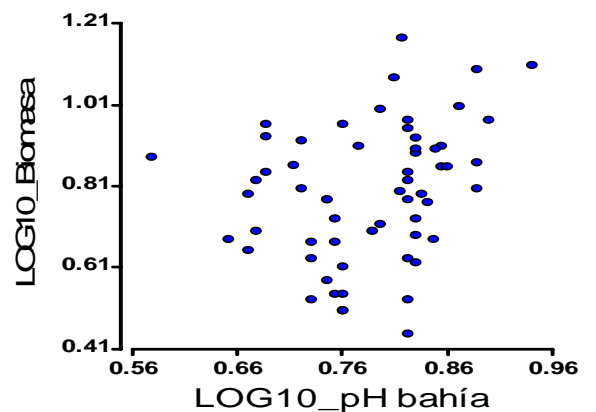
**Figura 2.** Análisis de correlación con transformación de datos con logaritmo base 10 de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) y temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) del agua en el desarrollo de la lenteja de agua en la bahía interior

El grado de asociación entre biomasa y temperatura del agua, es relativamente baja con un  $r=0.44$ , es decir que existe un 44% de afinidad entre estas dos variables, se puede indicar que si bien es cierto no es fuerte la afinidad, pero es importante la temperatura del agua en el incremento de la biomasa. Se puede inferir de la existencia de otros factores que también influyen en el desarrollo de esta especie (Figura 2).

El grado de correlación entre biomasa y pH del agua, esta asociada con un  $r=0.28$ , es decir que existe un 28% de afinidad entre estas dos variables. Entonces, el pH no influye mucho en la biomasa de la lenteja, pudiendo existir otros factores de mayor importancia (Figura 3).

De acuerdo a los estudios hechos por Rook (2002), la lenteja de agua puede tolerar un rango de pH amplio, siendo el último entre  $4.5$  y  $7.5$ . Además, Hernández & Mitsch (2002) concluyen, que la biomasa de lenteja de agua varía de  $19 \pm 3 \text{ gr. m}^{-2}$ , la temperatura para el desarrollo de la lenteja de agua varía de  $6$  a  $10^\circ\text{C}$  y el pH del agua varía de  $7.7$  a  $7.9$ , mientras que en esta investigación se ha encontrado un promedio de  $6.305$  de pH.

Las variaciones de biomasa de la lenteja de agua que se desarrolla en la bahía interior, presenta

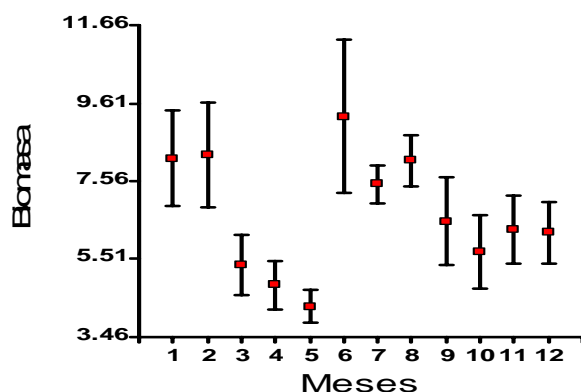


**Figura 3.** Análisis de correlación con transformación de datos con logaritmo base 10 de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) y pH del agua en el desarrollo de la lenteja de agua en la bahía interior de la ciudad de Puno (2005-2006), utilizando el SOFTWARE INFOTAT.

diferencias entre los diferentes meses ( $F_{\text{calc}}(0,05) = 2.17$ ;  $G.L. = 11$ ;  $P = 0.0320$ ) (Tabla 1). Las mayores biomazas se presentan en Marzo, Abril y Agosto, mientras que fueron menores en Mayo, Junio y Julio. Este comportamiento es probable que esté relacionado con la variación de temperaturas bajas que se presenta en el altiplano, así como de las precipitaciones (Figura 4).

**Tabla 1.** Análisis de Varianza para determinar diferencias de meses y biomasa (kg/m<sup>2</sup>) de lenteja de agua de la bahía interior de la ciudad de Puno (2005-2006). (Fcalc (0.05) = 2.17; G.L.= 11; P= 0.0320).

F.V.	SC	GL	CM	Fcalc (0.05)	Probabilidad
Meses	131.88	11	11.99	2.17	0.0320
Error	264.62	48	5.51		
Total	396.50	59			



**Figura 4.** Contraste de diferencias de biomasa (kg/m<sup>2</sup>) durante 12 meses de evaluación en la bahía interior de la ciudad de Puno (2005-2006). (Fcalc (0.05) = 2.17; G.L.= 11; P= 0.0320). 1= Marzo, 2= Abril, 3= Mayo, 4= Junio, 5= Julio, 6= Agosto, 7= Setiembre, 8= Octubre, 9= Enero, 10= Mayo, 11= Junio 12= Julio.

También, los resultados de Hernández y Mitsch, (2002) muestran que la biomasa de lenteja de agua varía de  $19 \pm 3 \text{ gr. m}^{-2}$ , la temperatura para el desarrollo de la lenteja de agua varía de  $8 - 6^{\circ}\text{C}$  a  $10 - 6^{\circ}\text{C}$ , el oxígeno disuelto que se encuentra en el hábitat donde se desarrolla esta planta acuática varía de  $4.3$  a  $5.3 \text{ mm.L}^{-1}$ , la concentración de  $\text{NO}_3$  en el agua es de  $3.3 \text{ mgr.L}^{-1}$ , el pH del agua varía de  $7.7$  a  $7.9$ .

A través de experimentos en laboratorio en agua residual se ha evaluado las diferentes concentraciones de amonio, pH, concentración de nitratos siendo los resultados los siguientes: Concentración de amonio  $10 - 3000 \text{ mg N l}^{-1}$ , pH de  $6-8$  a  $8-7$ . La tasa de crecimiento de *Lemna gibba* varía de  $0$  a  $0.3$  por día, existiendo una producción de  $55 \text{ kgr por ha}^{-1}$  por día (Körner *et al.*, 2000).

*Lemna gibba*, puede ser utilizada para el tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta que el pH debe estar por encima de  $9.8$  (McLandress y Raveling, 1981).

La biomasa de la lenteja de agua, debe ser frecuentemente cosechada durante la estación de

crecimiento y puede ser utilizada para diferentes usos. La biomasa es un subproducto que constituye un recurso importante para la economía tradicional (abonamiento de pasturas), esta especie también puede ser utilizada para evaluar la capacidad de tratamiento de aguas residuales (Ennabili *et al.*, 1998).

Por ejemplo, las *Lemnaceas* son muy tolerantes a un amplio rango de temperatura. Estas especies se encuentran en todos los climas a excepción de los lugares muy fríos (Landolt, 1987). El crecimiento de la lenteja de agua muestra una clara relación con la temperatura, encontrándose valores mínimos, óptimos y máximos.

Landolt (1987), reporta para diferentes especies, en soluciones nutrientes sin azúcar y con intensidades de la luz de  $1000$  a  $9000$  luxes, un rango óptimo  $20 - 30^{\circ}\text{C}$ . Cuando hay presencia de azúcar el rango óptimo es poco más alto. En cuanto a las temperaturas mínimas, se pueden considerar dos casos: para supervivencia y para crecimiento. Para supervivencia, aún especies tropicales son capaces de soportar  $0^{\circ}\text{C}$  por cortos periodos de tiempo. Para crecimiento, los límites mínimos varían entre especies:  $8^{\circ}\text{C}$ ,  $8$  a  $16^{\circ}\text{C}$  y  $16$  a  $20^{\circ}\text{C}$ .

En cuanto a temperaturas máximas, según el tiempo de exposición se reportan para periodos cortos, especies que han soportado hasta  $55^{\circ}\text{C}$  y para rangos de exposición largos se han encontrado que oscilan entre  $30$  y  $34^{\circ}\text{C}$ .

El crecimiento de la lenteja de agua puede ser hasta  $21$  días en sistemas de laboratorio. Las condiciones necesarias para el desarrollo de *Lemna gibba* son las siguientes: temperatura de  $18$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , salinidad  $20$  a  $24 \text{ gr.L}^{-1}$ , pH de  $5.6$  a  $7.5$  (Mkandawire *et al.*, 2005).

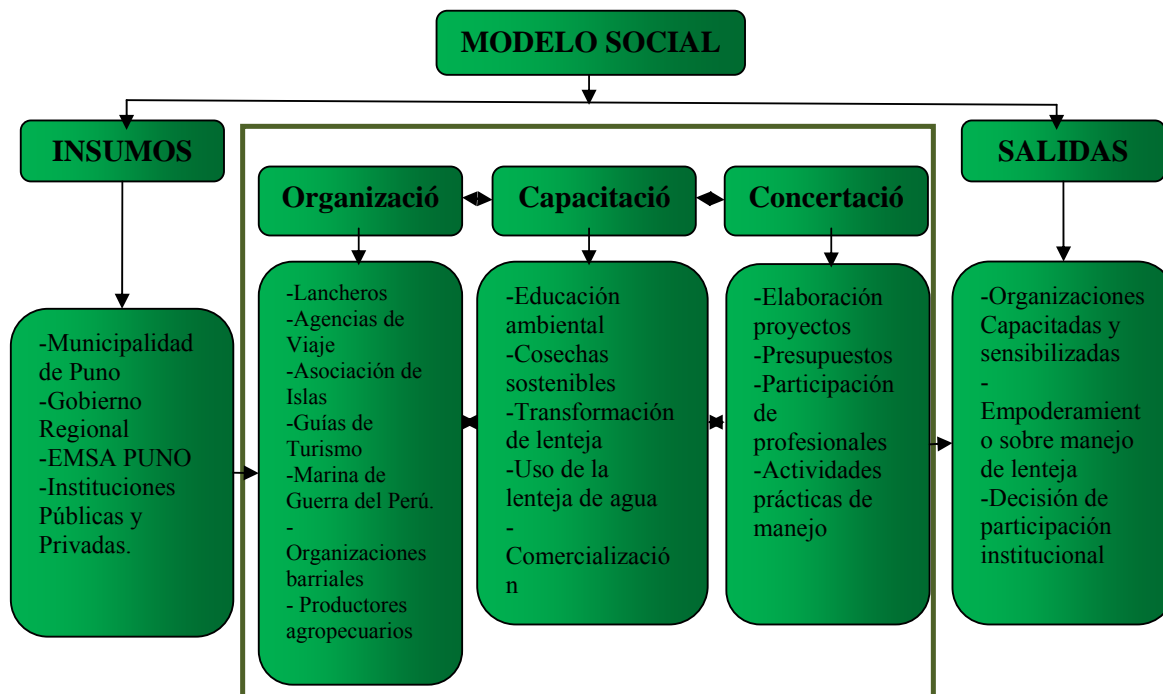
Esto implica, que esta especie puede crecer en condiciones adversas, siendo los factores importantes la temperatura y el pH del agua. Debido a que en los meses de bajas temperaturas también existe una disminución de la biomasa, asimismo el pH influye en el incremento de la biomasa, esto implica un pH ligeramente ácido de  $6.3$ , es lo más adecuado.

b) Planteamiento de una estrategia de manejo de *Lemna gibba* de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

La estrategia de manejo empleando fue el enfoque holístico, una visión integral, que considera dentro sus planteamientos de mitigación de problemas, las dimensiones: social, económico y ambiental (Canales, 2004). A través de este enfoque se considera a los problemas como sistemas funcionales con ingresos, procesamiento y salidas. En cada uno de los sistemas, se identifica los subsistemas con sus elementos y cada sub sistema debe estar integrado a los otros subsistemas y elementos.

Para el manejo de la lenteja de agua, se ha planteado este enfoque, debido a su integralidad en el manejo.

en la medida de que la lenteja de agua puede ser transformada en otros productos, siendo posible la comercialización de los mismos en los mercados.



**Figura 5.** Modelo social para el manejo de la lenteja de agua de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

En el modelo social de manejo de la lenteja de agua, se considera como **Insumos** a las instituciones directamente involucradas en la solución del problema, que funcionarán como la energía para impulsar las estrategias sociales de manejo de esta especie.

En el sistema social, se plantea tres subsistemas importantes para disminuir la cantidad de biomasa de la lenteja de agua, la **Organización**, cuyos elementos deben fortalecer su capacidad de organización para el manejo de la lenteja de agua, debido a que están directamente relacionados con el problema de la lenteja de agua. La **Capacitación**, es muy importante para el empoderamiento de conocimiento en el manejo de lenteja de agua. La **Concertación**, es necesario optimizar recursos técnicos y financieros, que permitan que la lenteja de agua en la bahía no sea un problema, sino, una especie que ayuda en el proceso de la descontaminación. Como **Producto** del funcionamiento del modelo social, se tendría personas capacitadas, empoderadas en el manejo de la lenteja de agua y con potencialidades para la toma de decisiones.

En el modelo económico de manejo de la lenteja de agua, se consideran como **Insumos** el presupuesto,

En el sistema económico, se plantea cuatro subsistemas que darán un valor agregado a la lenteja de agua. El primero, la **producción**, debido a que la lenteja de agua posee una alta tasa de reproducción, por lo tanto se debe considerar el tiempo necesario para las cosechas sostenibles, que pueden estar dados en forma semanal, mensual, bimensual y trimestral. Estas cosechas dependerán de la cantidad de frondes que tenga en el tiempo que se decida extraer la biomasa de la lenteja. El promedio del número de frondes es importante para cosechar la lenteja de agua. El segundo, **transformación**, con la finalidad de obtener un valor agregado del recurso. Por ejemplo se puede obtener: abono orgánico para producción de hortalizas, producción de papa, habas, entre otros, alimento para peces, pollos, cerdos y cuyes (Gutiérrez, 2000; Manchuria & Aruquipa 1996; Culley & Epps, 1973). También la lenteja de agua se puede utilizar para la alimentación de peces. En Cuba se ha utilizado la lenteja transformada en pellets para alimentar *Cyprinus carpio* (carpa común), *Hipophthalmichthys molitrix* (carpa plateada), *Aristichthys nobilis* (carpa cabezona) y *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora) estas especies están bien adaptadas al clima tropical y son filtradoras de los organismos del plancton y omnívoras, respectivamente (Ponce *et al.*,

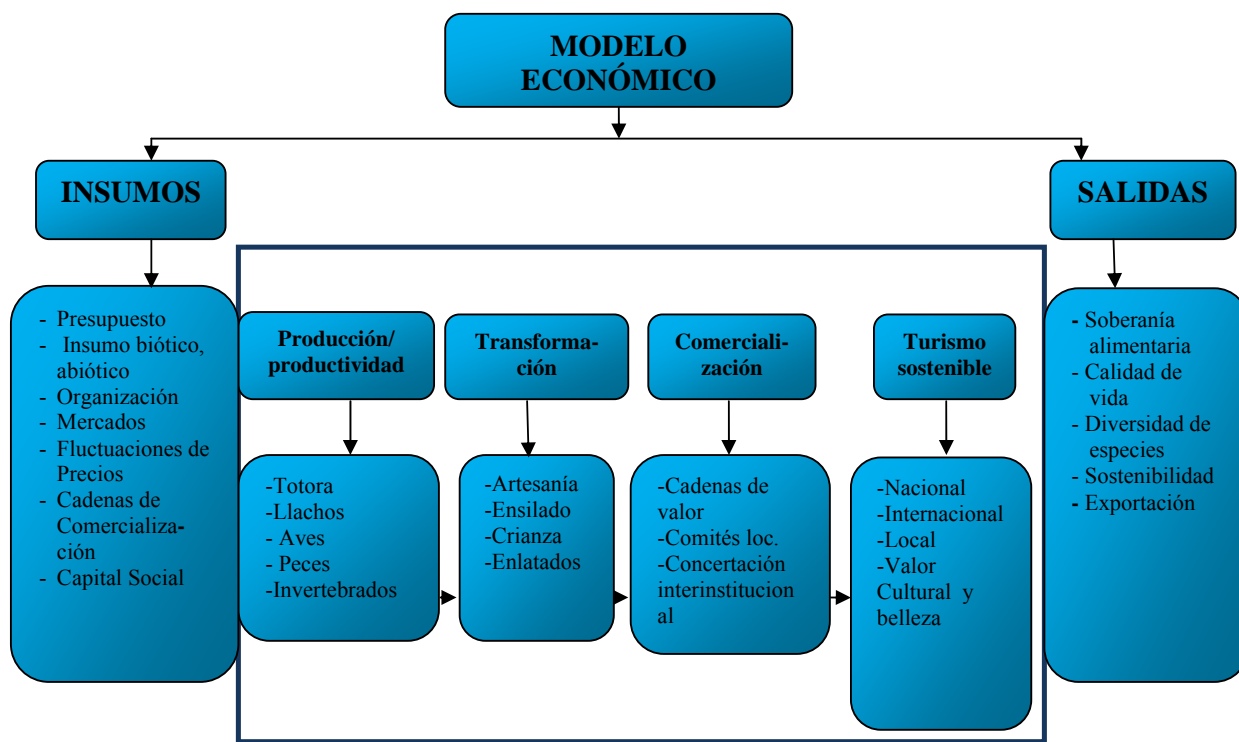
2005). Asimismo, Santiago *et al.* (1996), concluye que la lenteja de agua se puede utilizar como un alimento excelente para la cría de aves y peces. El tercero, **comercialización**, los productos transformados deben ser comercializados a nivel de mercado local, regional e inclusive a nivel nacional, para ello se debe buscar mercados potenciales de uso de los productos obtenidos a base de lenteja de agua y el cuarto, **turismo Sostenible**, mejorando el paisaje de bahía se puede incrementar la visita de turistas, cuyo efecto se debe manifestar en el mayor número de turistas que visitan el lago Titicaca. Además, implicaría que en bahía se puede implementar actividades de recreación como paseos en kayak, bote a vela, motos acuáticos, entre otros.

Como **Producto**, se mejoraría los ingresos económicos de las familias involucradas en el manejo de la lenteja de agua, como consecuencia de la transformación de la lenteja, visita de mayor cantidad de turistas y mejora de la belleza paisajística del lago Titicaca.

En el modelo ambiental de manejo de la lenteja de agua, se considera como **Insumos**, los factores

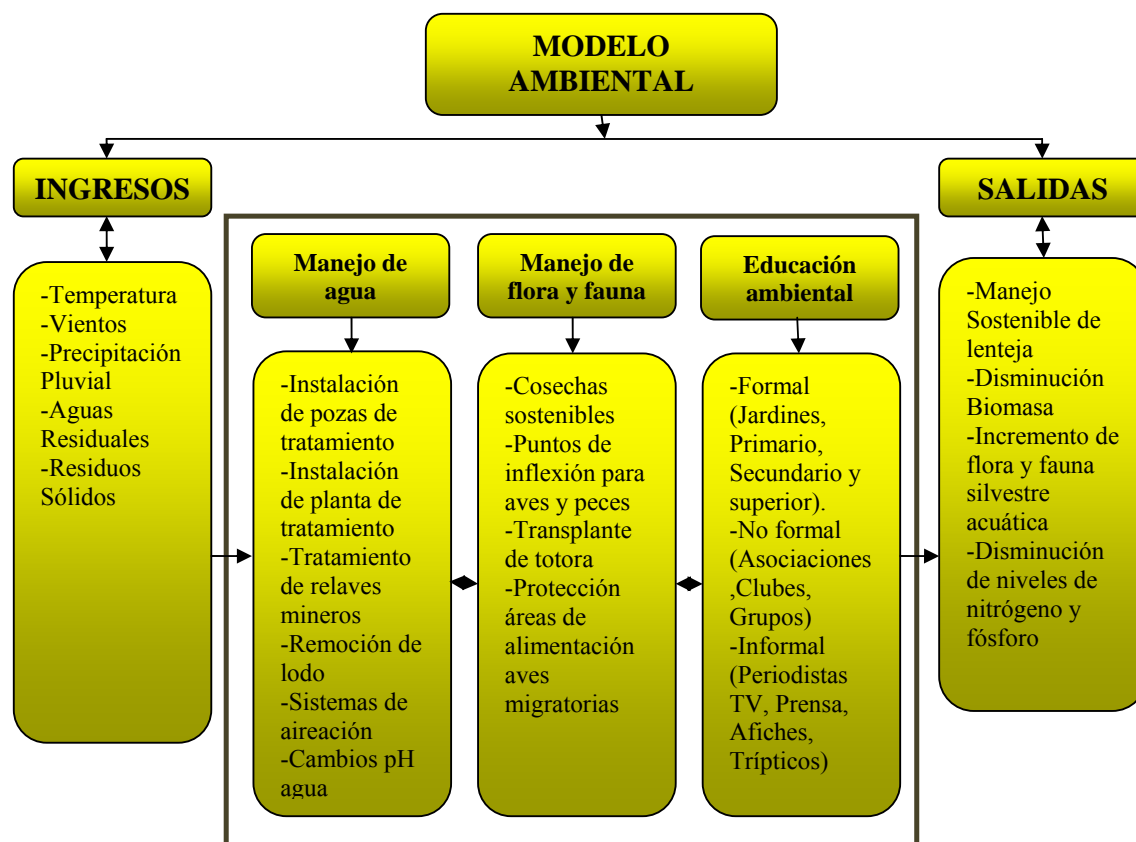
climáticos como elementos que intervienen en el funcionamiento del ecosistema acuático. Asimismo, la disposición de residuos sólidos y aguas residuales deterioran el ecosistema, por lo tanto tiene efectos negativos en los subsistemas. Por lo tanto, no solo es la cosecha de la lenteja de agua, sino más integral, por ejemplo: reforestación en la parte alta de la ciudad de Puno, manejo de residuos sólidos, manejo de aguas residuales, programas de sensibilización.

En el sistema ambiental, se plantea tres subsistemas que permitirán efectuar un manejo sostenible de la especie. El primero, **Manejo de Agua**, la disminución de la lenteja de agua, debe estar relacionada con el tratamiento de las aguas residuales a través de la instalación de pozas de tratamiento utilizando la totora y la lenteja de agua, debido a que estas dos plantas acuáticas, poseen capacidad de absorber dentro de su estructura nitrógeno, fósforo, disminuyendo estos dos elementos químicos que permiten la eutrofización de las aguas (Gijzen, 1998). Asimismo, la instalación de una planta de tratamiento primario, secundario, terciario y pozas de macrófitas.



**Figura 6.** Modelo económico para el manejo de la lenteja de agua de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.





**Figura 7.** Modelo ambiental para el manejo de la lenteja de agua de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno.

También, se considera un tratamiento complementario para aguas residuales con humedales, para ello se requiere un área entre 1 a 2 m<sup>2</sup> por persona (Valdez, 2009).

El segundo, **Manejo de Flora y Fauna Silvestre**, el desarrollo de la lenteja de agua, está asociada al desarrollo de varias especies de flora y fauna acuática, por tal motivo es necesario manejar los recursos asociados, como la totora, llachus, aves y peces. Se debe considerar cosechas sostenibles en base a los puntos de inflexión, con la finalidad de no disminuir las poblaciones a mínimos viables.

Según, Llagas & Chafloque (2006), concluyen que la lenteja de agua puede ser utilizada en el tratamiento de aguas residuales en sistemas de humedales naturales. Esto implica una buena posibilidad de utilizar la lenteja de agua para instalar pequeñas pozas de tratamiento utilizando esta especie.

Finalmente, **Educación Ambiental**, los cambios de actitud de la población en general, se fundamenta en la sensibilización ambiental con respecto a la contaminación de la bahía. Esta educación ambiental, debe considerar la Educación Formal, educación no formal y educación informal.

Como **Producto**, se logrará disminuir la biomasa de la lenteja de agua, incremento de la diversidad de flora y fauna silvestre acuática, así como la disminución de los niveles de nitrógeno y fósforo.

Desde un punto de vista de análisis lógico del funcionamiento del enfoque de sistemas, el manejo de la lenteja de agua de la bahía, está enmarcada teniendo en cuenta todo el conocimiento social, económico y ambiental. No solo las cosechas permitirán manejar la biomasa de la lenteja, sino como se aprovecha económicamente la lenteja cosechada y finalmente, el objetivo no es desaparecer la lenteja de agua de la bahía, más bien es disminuir para permitir que el proceso de fotosíntesis se realice y que la cantidad de biomasa de lenteja de agua, absorba eficientemente nitrógeno y fósforo, coadyuvando a la descontaminación de las aguas de la bahía interior del lago Titicaca.

#### Conclusiones.

1. El promedio de la biomasa de la lenteja de agua en la bahía interior fue de 6.94 kg/m<sup>2</sup>, mientras que el promedio pH = 6.3 y la el



promedio de la temperatura del agua fue de 13,8°C

2. Se ha considerado para el manejo de la lenteja de agua, tres dimensiones: social, económica y ambiental, cada uno con sus respectivas subsistemas y elementos a tomarse en cuenta.

#### **Agradecimientos.**

Al Centro para el Desarrollo Sostenible, por el apoyo logístico y de equipos para la toma de muestras.

#### **Literatura citada.**

- American Society For Testing And Materials (ASTM D). 1994. Annual book of Standards. Determinación de pH en el agua. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.
- Canales G.A. 2004. Ecología: Teoría Práctica. Editorial Gráfica Puno.
- Culley D.D. & Epps E.A.. 1973. Use of duckweeds for waste water treatment and animal feed. J. Water Pollut. Control Fed. 45:337-347.
- Ennabili A., Mohammed A. & Radoux M. 1998. Biomass production and NPK Retention in Macrophytes from Wetlands of the Tingitan Peninsula in Aquatic Botany 62:45-56.
- Espejo-Díaz A., Sánchez R., González A., Silva A., Vargas P., Merchán & Novel G. 2006. Producción de biomasa de la lenteja de agua (*Lemna minor*), fertilizada con estiércol de ovinos. Prod. Anim. 14 (3): 84-85.
- Gijzen H.J. 1998. Sustainable wastewater management via reuse: Turning waste into wealth. In: Proc. Aqua 98, Water and Sustainability. 1-4 June 1998, Cali, Colombia.
- Gutierrez G.K.L. 2000. Potencial de la planta *Lemna gibba* en la alimentación de cerdos. Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias de la Universidad Interinstitucional de Colima México.
- Hernandez M. & Mitsch W. 2002. Deepwater Macrophytes and Water Quality in Two Experimental Constructed Wetlands at Olenangy River Wetland Research Park in Deepwater vegetation and water quality 45- 50.
- Körner S., Das S., Veenstra S. & Vermaat J. 2000. The effect of pH Ariation at the Ammonium/ammonia Equilibrium in Wasterwater anda its Toxicity to *Lemna gibba* in Aquatic Botany 71: 71 – 78.
- Landolt E. & Kandeler R. 1987. The family of *Lemnaceae*— A monographic study. Vol. 2. Stiftung Rübel 95. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH Zürich.
- Llagas CH.W.A. & Chafloque G.E. 2006. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG 15(17): 85-96.
- Manchuria C.B. & Aruquipa M.M. 1996. Aplicación de la *Lemna* sp. (lenteja de agua) para la producción de hortalizas. Tesis para obtener el Título de Biólogo en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA PUNO.
- Mbagwu I.G. & Adeniji H.A. 1988. El contenido alimenticio de la lenteja de agua (*pausicostata* Hegelm del *Lemna*) en el área de Kainji, Nigeria, *informe del anuncio de IFFR*.
- McLandress M. & Raveling D. 1981. Changes in Diet and Body Composition od Canada Geese Before Spring Migration in The Auk 98:65-79.
- Mkandawire M., Brackhage C., Taubert B. & Dudel E.G. 2005. Semicontinuous Culture System for *Lemna gibba* Bioassay: Funtioning and Theory of Operation. Applied Ecology Enviromental Research 3(1): 19-27.
- Oron G., Porath D. & Wildschut L.R.. 1986. Waste water treatment and renovation by different duckweed species. J. Environ. Eng. (Reston, VA) 112:247-263.
- Ponce P., Febrero T.J., Gonzales S.I., Romero C.R. & Estrada C.O. 2005. Revista Electrónica de Veterinaria. REDVET Vol. VI, No. 3 Marzo.
- Rook E. 2002. Flora, fauna, earth and sky. The natural history of the northwoods.
- Santiago F.J.F., Novoa D.M. & Cervantes D.A. 1996. Tratamiento de residuales porcinos y domésticos mediante el cultivo de lemnacea. Centro de Hidrología y Calidad del Agua. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Monserrate 213 entre Tejadillo y Empedrado. Habana Vieja. CP 10100. La Habana. Cuba.
- Valdez A. 2009. Capacitación a gestores ambientales. Módulo 3: Tratamiento de aguas residuales. IPES, Lima Perú.

**Tabla 2.** Evaluaciones de biomasa (kg/m<sup>2</sup>), pH y Temperatura del agua en la bahía interior de la ciudad de Puno (2005-2006).

Meses	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )						pH Agua						Temperatura del Agua					
	1	2	3	4	5	Ŷ	1	2	3	4	5	ŷ	1	2	3	4	5	ŷ
Marzo. 05	7.2	10.2	5.4	6	12	8.16	7.2	7.5	6.8	6.7	6.5	6.94	14	14.5	15	16	16.5	15.2
Abril. 05	6.4	12.8	9.4	4.8	7.8	8.24	7.8	8.81	7.98	7.07	6.8	7.67	16	14.7	14	14.1	13.9	14.5
Mayo. 05	4.2	8	5.2	3.4	6	5.36	6.8	7.1	6.3	5.4	5.6	6.24	14	13.7	11	13.7	14	13.3
Junio. 05	3.8	6.4	3.2	4.5	6.2	4.82	5.6	5.3	5.8	4.7	4.7	5.22	13.5	9	11	8.9	12	10.9
Julio. 05	3.2	4.3	5	3.4	5.4	4.26	5.8	5.4	6.2	6.7	5.7	5.96	9.8	12	14	10	11	11.4
Agosto. 05	7.2	12.5	15	8.1	3.5	9.26	7.3	7.8	6.6	6	5.8	6.7	14	16	17	15	14.2	15.2
Setiem. 05	8.1	7.4	6.2	6.7	9	7.48	7.2	7.8	6.9	6.7	6.7	7.06	14.3	15	15	17	16	15.5
Octub. 05	6.3	9.2	10	7	8	8.1	6.57	5.8	6.3	6.7	6.8	6.43	15	16	15	14.8	15	15.1
Enero. 06	2.8	5.9	9.4	6	8.4	6.5	6.7	7	6.7	5.6	5.3	6.26	14	13.8	15	15	14.5	14.5
Mayo. 06	3.5	4.3	4.8	8.6	7.3	5.7	5.7	6.7	4.5	4.9	5.2	5.4	13	13.3	15	11	9	12.3
Junio. 06	4.9	9.2	7.6	5	4.7	6.28	6.8	4.9	3.8	4.8	5.7	5.2	13	13	12	10.2	12	12.1
Julio. 06	4.1	6.7	7	4.7	8.5	6.2	5.8	4.8	4.9	5.4	6.8	5.54	12	13	14	13.3	13	13.1
Promedio	5.225	8.24	7.6	6.02	7.65	6.95	6.04	6.74	6.32	6.22	6.38	6.34	13.6	13.8	14	13.6	13.8	13.8
D.Estandar	1.998	3.06	3.17	1.62	2.17	2.4	1.63	1.72	1.35	0.95	0.73	1.28	3.65	3.58	3.4	3.45	3	3.41
Promedio	6.946666667						6.3405						13.82833333					

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas UNA PUNO. acanales7@hotmail.com