

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Factibilidad del cultivo acuapónico de acelga *Beta vulgaris* L., en el Proyecto Valle – Verde, El Arbolito, La Libertad, Petén



Presentado por

T.A. MARÍA LOURDES CASTILLA MALDONADO

Para otorgarle el título de:

LICENCIADA EN ACUICULTURA

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente	M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colon
Coordinadora Académica	M.Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo
Representante Docente	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogaldez
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	M.Sc. Aldo Vinicio Leiva Cerezo
Representante Estudiantil	T.A. Jesús Alfredo Guzmán Cáceres
Representante Estudiantil	Br. Sofía del Carmen Morales Navarro



El M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- después de conocer el dictamen favorable de la M.Sc. Norma Gil de Castillo, Coordinadora Académica, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **T.A. MARÍA LOURDES CASTILLA MALDONADO** titulado “**Factibilidad del cultivo acuapónico de acelga *Beta vulgaris L.*, en el Proyecto Valle – Verde, El Arbolito, La Libertad, Petén**”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

Guatemala, Mayo del 2011

ID Y ENSEÑAD A TODOS

M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
DIRECTOR





La Coordinadora Académica del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura - CEMA-, después de conocer el dictamen de la asesora Licda. Ana Giró Petersen; de la revisora Sra. Adela Pérez Cruz, y la aprobación de la Coordinadora de EPS Licda. Olga Marina Sánchez al trabajo de graduación de la estudiante universitaria **María Lourdes Castilla Maldonado**, titulado “Factibilidad del cultivo acuapónico de acelga *Beta vulgaris L.*, en el Proyecto Valle – Verde, El Arbolito, La Libertad, Petén”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y autoriza su impresión.

“Id y Enseñad a Todos”



M.Sc. Norma Edith Gil de Castillo

Guatemala, mayo del 2,011

ACTO QUE DEDICO

A Dios Padre y Madre: por su dulzura y protección en cada instante de mi vida.

A mi Abuelita y Bisabuelita: que con sus ejemplos de lucha y solidaridad hicieron de mí una mujer maravillosa.

A mi Madre Lucrecia: quien ha representado padre y madre para mí y luchado con valentía ante la vida para siempre darme lo mejor, gracias por todo.

A mi Hermano Luis David: quien es la persona que me incentiva a luchar día a día, por su solidaridad y cariño gracias.

A mis tías: Martha Yolanda, Julia Sagrario y Anabella; por ser mis madres incondicionales, porque me han enseñado a luchar por lo que quiero, por cobijarme y escucharme en los momentos difíciles, por su apoyo incondicional.

A mi tío Francisco Rodas quien siempre me ha proporcionado el cariño de un padre y tío maravilloso, por su ayuda, afecto y protección incondicional en todo momento.

A mis tíos Romeo Bendfeldt, Rodrigo Castilla y Hugo Sandoval.

A mis primos Ana Julia y Ángel Romeo.

A mis amigos, amigas; compañeros y compañeras.

A Guillermo Gálvez, por ser un amigo incondicional.

A mí querido San Marcos por ayudarme a realizar este y muchos sueños.

AGRADECIMIENTOS

A La Universidad de San Carlos de Guatemala por permitirme ser parte de esta gran familia y prepararme para esta etapa de mi formación profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura por todas las enseñanzas en el campo acuícola.

A mis catedráticos y catedráticas por sus consejos y enseñanzas, su apoyo y participación, gracias.

A Fundación Arcontes por la confianza depositada en mi persona y el apoyo incondicional recibido.

A la Asociación de mujeres Ixmucane por el apoyo brindado en todo momento.

A la Asociación Civil de Mujeres Valle – Verde El Arbolito y sus familias, por confiar en mí y permitirme transmitir el conocimiento acuícola, por todos los buenos momentos, el compañerismo y ante todo el respeto...

Muchísimas gracias!!

RESUMEN

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que incluye la incorporación de dos o más componentes – peces y vegetales o plantas – es un diseño basado en la recirculación de agua.

Actualmente al aprovechar la simbiosis de los tipos de cultivo, el coste y el impacto ambiental es menor que por separado. A partir de esta teoría se pretende dar inicio a nuevos cultivos que fortalezcan la seguridad alimentaria, la cual vinculada con la acuicultura genere un balance adecuado en la alimentación de las familias de la cooperativa El Arbolito.

A través de esta investigación se evaluó la factibilidad de un sistema experimental de acuaponía con acelga *Beta vulgaris L., variedad lucullus* en un cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus*, utilizando un sistema de camas flotantes.

Las principales actividades desarrolladas fueron: la siembra de semillas en un cultivo tradicional en tierra; instalación del sistema de camas flotantes, trasplante y siembra de las plántulas de las acelgas al cultivo acuapónico, toma de parámetros físico químicos de calidad de agua y biometrías mensuales.

En el proceso de evolución se observaron plantas sanas y fuertes en las primeras dos semanas luego de sembradas en el cultivo acuapónico, a partir de la quinta semana las plantas se infectaron de pulgón, esto produjo un deterioro inmediato, se aplicó un insecticida natural a base de ajo solucionando el problema.

Como efecto del invierno se originó un cambio de coloración de las hojas y se presentaron porcentajes de mortandad elevados; provocados por el virus amarillo atrofiante de la acelga *Closterovirus*, esto llevó a un proceso de involución y muerte del 62% del cultivo.

Para obtener los datos de biometrías se utilizó el método completamente al azar para cada una de las camas flotantes, utilizando un 10% como muestra, en donde al finalizar la investigación se evaluaron todas las unidades experimentales que sobrevivieron.

Las acelgas cultivadas por el sistema acuapónico, no se adaptaron al medio por lo tanto la sobrevivencia y adaptación (38.42 %), no es suficiente para permitir que el sistema sea factible y desarrollar pequeños cultivos con acelga en el proyecto Valle – Verde.

La eficiencia del cultivo acuapónico a través de las acelgas y su capacidad como filtro biológico no tuvieron los resultados esperados; los valores del oxígeno, nitritos y turbidez se mantienen constantes a lo largo de la investigación.

ABSTRACT

Aquaponia is a food production system that comprises the incorporation of two or more components – fish and vegetables or plants. It is a kind of design based on water recirculation.

Nowadays, when we make a good use of the symbiosis of this kind of crop, the cost and environmental impact is smaller than when we make them apart. Departing from this theory, it is pretended to start new crops that strengthen the nutritional security, in a way, that when they are connected to aquaculture they generate a proper balance in the nourishment of families in the cooperative “El Arbolito”.

Through this research we evaluated the feasibility of an experimental system of aquaponia with chards *Beta vulgaris L.*, variety *Lucullus* in the farming of tilapia *Oreochromis niloticus* using a system of floating beds.

The main activities developed were: the sowing of seeds as in a traditional growing in ground; the installation of the floating beds system, the transplant and sowing of aquaponic crops, the measurement of physical and chemical water quality parameters and the monthly biometry.

During the evolution process, healthy and strong plants were observed in the first two weeks after the sowing in the aquaponic crops. After the fifth week, the plants got infested with aphid, producing an immediate worsening, so a natural insecticide based on garlic was applied to solve the problem.

As an effect of winter, a change of coloration in the leaves and high percentages of mortality appeared. They were caused by the chard yellow atrophy virus (*Closterovirus*). All this led to a process of involution and death in 62% of the crop.

To obtain the biometry data a totally random method for each of the floating beds was used. Only a 10% of the population was used as a sample. All the experimental units that survived were evaluated at the end of this research.

The chards grown in the aquaponic system, did not adjust to the environment. Their adaptation and survival (38.42%) were not enough to allow the system would be feasible to develop little crops with chards in the Green Valley (Valle – Verde) project.

The efficiency of aquaponic crops through chards and their capacity as a biological filter did not produce the expected results. The oxygen, nitrites, and turbidity values remained constant along the research.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I	INTRODUCCIÓN	1
II	ANTECEDENTES	2
III	MARCO TEÓRICO	4
	3.1 Historia de la acuaponía	4
	3.2 Definición de la acuaponía	5
	3.3 Tipos de cultivos acuapónicos	7
	3.4 Ventajas del cultivo acuapónico	7
	3.5 Desventajas del cultivo acuapónico	9
	3.6 Especies utilizadas en el cultivo	10
	3.6.1 Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .	10
	3.6.2 Acelga <i>Beta vulgaris L. variedad lucullus</i>	11
IV	OBJETIVOS	16
	4.1 Generales	16
	4.2 Específicos	16
V	HIPÓTESIS	17
VI	METODOLOGÍA	18
	6.1 Localización Geográfica	18
	6.2 Definición de variables	19
	6.3 Selección de muestra	19
	6.4 Diseño	19
	6.4.1 Fase I	19
	6.4.2 Fase II	20
	6.4.2 Fase III	25
	6.5 Análisis de la información	25
VII	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
	7.1 Adaptación de la acelga <i>Beta vulgaris L. variedad lucullus</i>	26
	7.2 Eficiencia del cultivo acuapónico como filtro biológico	30

VIII	CONCLUSIONES	33
IX	RECOMENDACIONES	34
X	BIBLIOGRAFÍA	35
XI	ANEXO	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.	Cultivo acuapónico de la Universidades de Arizona, Estados Unidos	5
Figura No. 2.	Esquema del proceso de la acuaponía como una sencilla simbiosis biológica	6
Figura No. 3.	Localización de la comunidad El Arbolito	18
Figura No. 4.	Área del cultivo acuapónico	19
Figura No. 5.	Implementación de semillero	20
Figura No. 6.	Siembra de acelga	21
Figura No. 7.	Acelgas germinadas	21
Figura No. 8.	Estanque de peces utilizado en el cultivo acuapónico	22
Figura No. 9.	Estanque rústico de camas flotantes utilizado en el cultivo acuapónico	22
Figura No. 10.	Sistema de bombeo y oxigenación del cultivo acuapónico	22
Figura No. 11.	Trasplante y siembra de acelga en camas flotantes	23
Figura No. 12.	Método acuapónico de camas flotantes o raíces sumergidas	23
Figura No. 13.	Toma de parámetros físico químicos de la calidad del agua	24
Figura No. 14.	Biometría cultivo acuapónico	25
Figura No. 15.	Desarrollo de las raíces y plantas a 30 días del cultivo acuapónico	26
Figura No. 16.	Crecimiento en talla de la acelga	28
Figura No. 17.	Crecimiento en peso de la acelga	29
Figura No. 18.	Promedio del numero de hojas desarrolladas	29
Figura No. 19.	Comportamiento de temperaturas	31
Figura No. 20.	Comportamiento de pH	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.	Composición química de la acelga	12
Cuadro No. 2.	Extracto vegetal, cantidad, dosis y plaga que controla.	14

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo No. 1.	Manual cultivos acuapónicos.
Anexo No. 2.	Hoja de control utilizada en las biometrías
Anexo No. 3.	Acelgas afectadas por plaga de pulgones

I. INTRODUCCIÓN

La acuaponía es la combinación de acuicultura con la recirculación de agua y la hidroponía. En este sistema se cultivan plantas y peces al mismo tiempo de manera integrada. Los desperdicios de los peces proveen una fuente de nutrientes para las plantas, las que suministran un filtro natural al agua en la que viven los peces, dando como resultado la producción de hortalizas en un sistema que adquiere un alto valor comercial comparado con cultivos tradicionales ya que se consideran cultivos orgánicos libres de químicos, pesticidas y fungicidas.

En la actualidad existen investigaciones en muchos países desarrollados como lo son principalmente México y Estados Unidos, los cuales brindan resultados con buenas expectativas para ponerlos en práctica en Guatemala, la tecnología mejora con los años y genera nuevas ideas para llevar a cabo este tipo de sistemas en comunidades rurales.

Los cultivos acuapónicos toman un rol importante luego de la tormenta Mitch en 1998; ya que en las principales comunidades del departamento de Sololá, Guatemala; se implementaron mini proyectos en las comunidades circundantes de Panajachel. Se ha utilizado dicho método para la obtención de verduras y frutas a bajo precio que brinda un grado favorable de seguridad alimentaria al departamento.

Esta técnica aprovecha mejor el espacio disponible de aquellas áreas donde la tierra comienza a ser escasa o se ha vuelto improductiva, asume también un rol importante por la utilización de agua con nutrientes provenientes de un sistema biológico aparte, el cual propicia un mejor manejo y cuidado en el recurso agua.

La escasez del recurso hídrico, así como la sobreexplotación y empobrecimiento de los suelos de producción agrícola en el país, ha provocado que el uso de cultivos como el de la acuaponía cobre cada vez más importancia como técnica de producción.

En la presente investigación se evaluó la factibilidad de un sistema experimental de acuaponía con acelga *Beta vulgaris L. variedad lucullus* en un cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando un sistema de camas flotantes.

II. ANTECEDENTES

Diversas civilizaciones antiguas como los aztecas, egipcios y chinos; realizaron cultivos en los que se integraba la producción de vegetales y peces. La acuaponía se remonta a la década de los setenta del siglo XX en Estados Unidos. Algunos investigadores empiezan a hablar del concepto y a trabajar en su desarrollo. Durante las décadas siguientes, diversas universidades y centros de investigación en EE.UU. contribuyen a su avance (McLarney, 1983; Zweig, 1986).

En el XX Congreso de investigación realizado en México, se defendió la necesidad de cultivos acuapónicos de plantas y peces libres de químicos, por ser esta técnica una mezcla entre acuacultura e hidroponía, es decir es la actividad productiva que conjuga una producción de peces y plantas de valor comercial en un sistema de recirculación de agua (Escalante, 2001).

En la investigación *Acuaponic – Integration of hydroponic with aquaculture: Horticulture systems en USA*, se respaldan resultados donde: el rendimiento de un cultivo acuapónico en los primeros 2 a 4 meses, es inferior al de un cultivo hidropónico después de este tiempo se puede obtener rendimientos hasta 20% superiores a los del sistema hidropónico (Diver, 2000).

En experiencias similares se enmarcan los diferentes cultivos tanto de acuaponía como hidroponía (dependiendo de las características del lugar) donde los principales resultados obtenidos son: Huertas implementadas en centros correccionales de San José Pínula, cosechas de lechugas con el método de raíz flotante en escuelas nacionales de Escuintla y Amatitlán; huertas en terrazas alimentadas de peceras (Huehuetenango) (Godoy, 2001).

En tesis de licenciatura en acuicultura se evaluó el rendimiento por área del cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. utilizando un sistema acuapónico de raíz flotante. Los resultados obtenidos indican que el cultivo acuapónico fue efectivo proporcionando mayor rendimiento en cuanto a peso fresco por m² comparado con cultivos tradicionales (Giró, 2008).

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Historia de la acuaponía

El conocimiento que se tiene hasta ahora de la acuaponía es el resultado del trabajo de muchos investigadores. La historia comienza con Jan Van Helmont en 1600, quien creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrientes del agua (Escalante 2001).

Se constató, que la adición de pequeñas cantidades de suelo a diferentes tipos de agua mejoraba el crecimiento de las plantas (Woodward, 1699). Otros autores demostraron que las plantas contienen dióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno cuando se cultivan en agua, arena y carbón (Saussure, 1804; Boussingault, 1843).

Al fijar las bases para el surgimiento de la hidroponía, se descubrió que además de dióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno las plantas requieren: fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro. Se establecen las primeras fórmulas nutritivas de las cuales se han desarrollado muchas más. Robins en 1928 indicó que habían muchas posibilidades de usar el sistema hidropónico a escala comercial (Escalante, 2001).

El primer investigador en desarrollar un sistema de cultivo hidropónico práctico, formulando las base del cultivo acuapónico fue Gericke, en el año 1929; otros investigadores perfeccionaron un mecanismo de riego por su irrigación. Esa fue la forma como dio inicio el cultivo hidropónico (Withyow; Biebel, 1936).

El interés de combinar un sistema de acuaponía con hidroponía comenzó a mediados de los años setenta. Sneed y Ellis (1975) escribieron los primeros artículos sobre integración de acuicultura e hidroponía. Un artículo publicado en la revista "Aquaculture" llamado "An Integrated Fish Culture Hydroponic Vegetable Production Sistem" se puede observar la integración de acuicultura con el crecimiento de vegetales (Zweig, 1986).

En 1985, la Universidad de Carolina del Norte usaron un sistema de recirculación donde producían peces y vegetales en un mismo cultivo. Publicaron una serie de artículos para la investigación de acuaponía. En la actualidad las Universidades de Carolina del Norte, Arizona y Arkansas son las que han realizado la mayor cantidad de investigaciones en acuaponía (Figura No. 1). Con la ayuda de la Aeronáutica Nacional para la Administración del Espacio, el Pabellón de la Tierra en el centro Epcot de Disney, dio a conocer diversas técnicas de acuaponía (Duckworth, 1999).



Figura No. 1. Cultivo acuapónico de la Universidad de Arizona, Estados Unidos (Duckworth, 1999)

La práctica del cultivo de sistemas acuapónicos resulta prometedora para un futuro no muy lejano, por ser una de las principales alternativas productivas que encierra muchas de las características propias que se exigen actualmente a los sistemas tradicionales de acuicultura, por considerarse también la armonía con el medio ambiente y ventaja de sostenibilidad hacia diversos cultivos.

3.2 Definición de la acuaponía

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que incluye la incorporación de dos o más componentes – peces y vegetales o plantas - es un diseño basado en la recirculación de agua (Church; Pond 1982). El principio básico radica en el aprovechamiento de la energía del sistema para reutilizar de diferentes formas todos los componentes comerciales que desean producirse.

Solo una fracción del alimento para los peces (20 al 30%) se metabolizan e incorporan como tejido, mientras que el resto (excreción, alimento no consumido y diluido), se utiliza como nutriente para el crecimiento de las plantas las cuales pueden ser: vegetales, frutas o flores (Rakocy, 1989).

Un componente extra que debe encontrarse en el sistema, está constituido por las colonias de bacterias nitrificantes en el sustrato de las plantas para realizar dos funciones: degradar los compuestos nitrogenados en su forma peligrosa para los peces (amonio y nitritos), y proveer de nutrientes a las plantas. (Diver, 2000) (Figura No. 2).

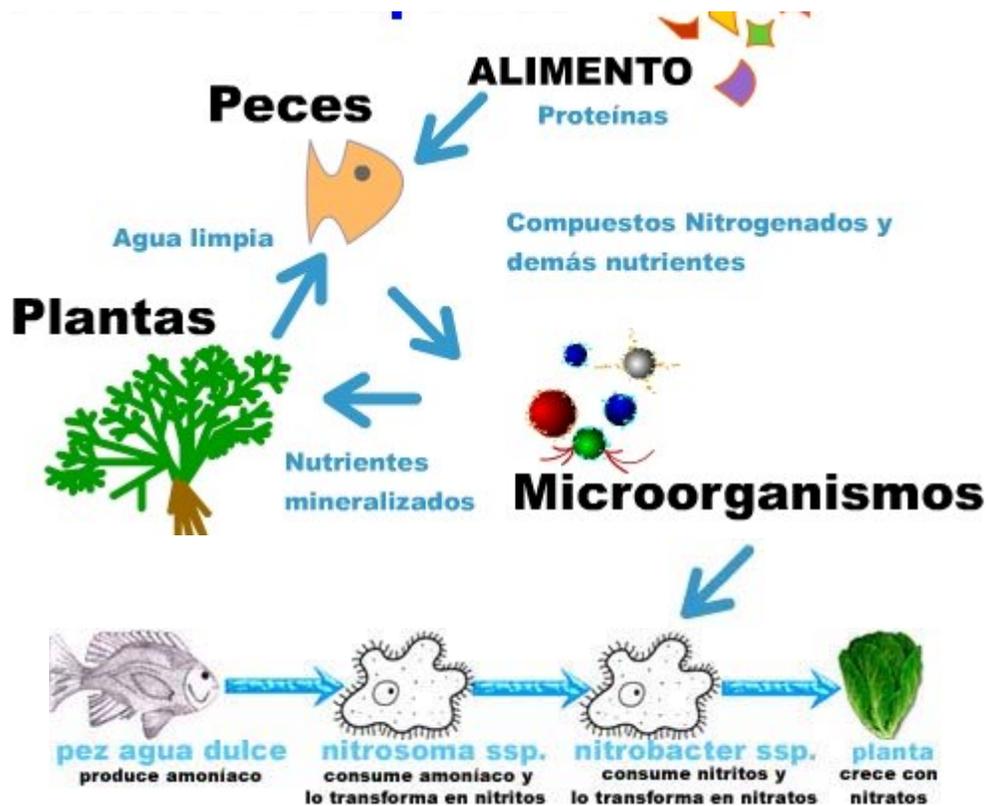


Figura No. 2. Esquema del proceso de la acuaponía como una sencilla simbiosis biológica (Diver, 2000)

La acuaponía es un método que se basa en policultivos o sistemas balanceados en donde las plantas reciben una nutrición adecuada al aprovechar los desechos generados por los peces; estos desechos nutren las plantas, estas limpian el agua (se reduce la cantidad de nitrógeno de los efluentes de descarga del agua), haciéndola disponible nuevamente para el cultivo (Giró, 2008).

3.3 Tipos de cultivos acuapónicos

El principio de suministro de nutrientes en la acuaponía es siempre el mismo, sin importar el tipo de cultivo; consiste en “humedecer las raíces de las plantas con el agua que sale del cultivo acuícola”, en donde se aprovechan los desechos generados por los peces para nutrir a las plantas. Lo que puede variar, es la forma que se va a utilizar para poner las raíces en contacto con el líquido.

Existen tres formas básicas de suministrarle el agua con nutrientes a las plantas (Rodríguez; et al., 2002):

- a) Colocando las raíces directamente en el agua con nutrientes.
- b) Humedeciendo el sustrato en el que están ubicadas las plantas.
- c) Aplicándole el agua con nutrientes mediante un atomizador, directamente sobre las raíces.

De acuerdo al sistema empleado para nutrir a las plantas, la acuaponía se puede clasificar de la siguiente manera: raíces en sólido, en líquido o en gaseoso. La nutrición de las raíces en líquido, se puede hacer a través de los métodos hidropónicos, de flujo laminar (N.F.T), camas flotante o de inmersión.

3.4 Ventajas del cultivo acuapónico

La acuaponía presenta varias ventajas sobre los sistemas convencionales de producción de alimentos, dentro de ellas se mencionan (Diver, 2000): (Anexo No. 1)

- Reduce la cantidad de nitrógeno peligroso en las descargas de agua.
- Minimiza la cantidad de agua por su reutilización

- Baja los costos de operación de acarreo de agua
- Produce vegetales con un valor agregado porque pueden ser considerados como “productos orgánicos”, y elimina el uso de químicos como plaguicidas y fertilizantes.
- Se reduce la contaminación ambiental y los riesgos de erosión: al no utilizar compuestos químicos para el control de plagas y enfermedades. Al ser un sistema en el cual las plantas se encargan de filtrar el agua la contaminación generada es reducida.

Escalante (2001) menciona otras ventajas con respecto a cultivos realizados en suelo:

- Debido a que es un policultivo se maximizan los recursos: la integración de plantas y animales incrementa la diversidad y por lo tanto brinda estabilidad al sistema utilizando el agua, nutrientes y espacio al máximo.
- Promueve el balance de aire, agua y nutrientes: con algunas excepciones, a los cultivos en suelo, es difícil abastecer a las raíces simultáneamente con las cantidades de agua, aire y nutrientes que requieren. En la acuaponía es posible mantener tanto aire como agua dentro de los rangos requeridos por el sistema.
- Permite mayor densidad de población: las plantas cultivadas en este sistema pueden plantarse a menor distancia una de otra que sus similares en suelo ya que los nutrientes no son limitantes.
- Control de pH: Es un factor que influye notablemente en la asimilación de los nutrientes y por tanto en el rendimiento de las plantas y peces.

En el cultivo en suelo el pH puede estar muy desviado del rango (ácido o alcalino), por ello su corrección en la mayoría de los casos es difícil y costosa. En la acuaponía es muy sencillo y económico mantener el pH a nivel deseado ya que este se corrige de forma directa en el sistema.

- Permite producir varias cosechas al año: Esto implica desde luego un clima en el cual el cultivo pueda crecer durante todo el año o bien el uso de invernaderos. La ventaja radica en la posibilidad de abastecer la demanda del mercado durante todo el año.
- Mayor limpieza e higiene: mediante el cultivo acuapónico se elimina el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales producidas por microorganismos que contienen las aguas negras cuando estas son utilizadas para riego de hortalizas.
- No hay gasto de maquinaria agrícola por no requerirse de tractor, arado u otro.

3.5 Desventajas del cultivo acuapónico

Los principales problemas que enfrenta este sistema de producción de alimentos son la extensa área superficial que requiere para su instalación, la necesidad de personal calificado en el mantenimiento de todos los componentes, el control de plagas que debe ser estrictamente biológico, el poco conocimiento y dominio en el tema. Dentro de otras desventajas se encuentran (Diver, 2000):

- La necesidad de integrar dos cultivos con los mismos requerimientos ambientales: para esto es necesario conocer sobre las especies que se quieren integrar en el cultivo para optimizar la producción.
- Falta de estudios: debido a esto todavía se están realizando pruebas para optimizar el sistema.

3.6 Especies utilizadas en el cultivo

3.6.1 Tilapia *Oreochromis niloticus*.

Las tilapias son peces nativos de África que han sido introducidos a un gran número de países con climas tropicales y subtropicales en todo el mundo, pertenecen a la familia Cichlidae (Pillay, 1993).

- Hábitat.

Son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales. Se les encuentra habitando en aguas lénticas, principalmente someras o turbias como lagos, lagunas, litorales, estanques, charcos así como también en lóaticas a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas e inclusive en aguas marinas (Mair; Little, 1991).

- Parámetros ambientales

La tilapia es una especie de clima cálido y tropical, por lo cual se desarrolla óptimamente en temperaturas de 26 a 32°C. La mayoría son eurihalinas, lo cual les da la capacidad de soportar ambientes salinos marinos. El oxígeno disuelto es el factor más importante que afecta el crecimiento de la tilapia; el contenido de este en el agua no debe ser menor a 3 mg/L. El rango de pH adecuado para tilapia es de 6.5 - 8.5 (Carrillo, 2006).

- Uso de la tilapia en acuicultura

Es un pez apreciado por su carne, es una especie resistente al manipuleo, a las enfermedades y factores físico / químicos de la calidad del agua y al manejo del sistema productivo (fertilizaciones, muestreos, control de parámetros); es de fácil reproducción y soporta densidades altas de cultivo (Carrillo, 2006).

3.6.2 Acelga *Beta vulgaris L. variedad lucullus*.

- Características generales de la acelga

Es una de las hortalizas más populares y nutritivas que se puede encontrar en el mercado. Las acelgas son muy resistentes a las temperaturas extremas, sobre todo a las veraniegas, por eso las cosechas suelen abundar en verano y en otoño. Sus hojas son muy verdes, lisas y grandes, y ofrecen gran versatilidad a la hora de elaborar platos muy nutritivos (PNUD, 1997).

La acelga es una planta bianual y de ciclo largo que no forma raíz o fruto comestible. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1,20 m. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres (PNUD, 1997).

La acelga según su clasificación dentro de las hortalizas pertenece a la familia *Quenopodiáceas*, de la región mediterránea, su variedad es *lucullus*, su nombre científico *Beta vulgaris L. variedad lucullus* (PNUD, 1997).

- Variedades

El color y el tamaño de las hojas determinan los diversos tipos de acelgas que se pueden encontrar en el mercado. Las Ruby Chard y las Rainbow Chard tienen las pencas rojizas y gruesas, mientras que las variedades Silver Chard o Seakale Beet disponen de hojas muy verdes y arrugadas y pencas más blancas, en estos se incluyen la variedad *lucullus*. (PNUD, 1997).

- Parámetros físico químicos del cultivo

- a) Luz

No requiere excesiva luz, perjudicándole cuando es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura (PNUD, 1997).

- b) Temperaturas

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica los cambios bruscos de temperatura (PNUD, 1997).

Las temperaturas de germinación y desarrollo vegetativo están comprendidas entre 5° C de mínima y 30° a 33° C de máxima, con un óptimo entre 18° y 22° C. (PNUD, 1997).

- c) Nutrientes

La acelga tiene una cantidad enorme de vitamina A y es naturalmente alta en sodio (sal.) También contiene otros minerales como: calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Composición química de la acelga

Compuesto	Composición química
Agua	88%
Hidratos de carbono	45% (fibra 3, 6%)
Proteínas	2%
Lípidos	0, 4%
Potasio	200 mg/100 g
Sodio	20 mg/100 g
Calcio	110 mg/100 g
Hierro	3 mg/100 g
Fósforo	30 mg/100 g
Vitamina C	20 mg/100 g
Vitamina A	330 microgramos/100 g

Fuente: PNUD, 1997.

d) Plagas y control

Dentro de las principales enfermedades y plagas se encuentran:

- Pulgón negro.
- Pulguilla de la remolacha.
- Mosca de la remolacha.
- Cercospora.
- Virus del amarilleo.
- Caracoles (PNUD, 1997).

En el sistema acuapónico, las plagas (insectos y larvas) se controlan utilizando métodos de control natural para no alterar la composición de los nutrientes y no contaminar las hortalizas (PNUD, 1997).

Un ejemplo de control natural consiste en aplicar una solución concentrada de jabón tipo doméstico al 10%. Esta solución se aplica con un atomizador en forma de rocío y sirve para el control de pulgones y larvas pequeñas (PNUD, 1997).

Los caracoles se evitan con la ceniza de las chimeneas, que impide que estos se acerquen, aunque cuando se riega o llueve pierde efectividad (PNUD, 1997).

Como complemento para el control de plagas se aplica en rotación una vez por semana extractos de ajo, cebolla, eucalipto y apazote. Los que se extraen macerando, colando, exprimiendo y extrayendo los jugos de las hojas o bulbos; este extracto se coloca en el fuego hasta que hierva, luego se deja enfriar y ya está listo para ser utilizado (Cuadro No. 2) (PNUD, 1997).

Cuadro No. 2. Extracto vegetal, cantidad, dosis y plaga que controla.

Espece Vegetal	Cantidad	Dosis del extracto por litro de agua	Control de plaga
Ajo y cebolla	Una cabeza de ajo y una cebolla mediana.	500 ml	Mosca blanca
Ajo	100 gramos de bulbos	150 ml	Pulgones
Eucalipto	150 gramos de hojas	100 ml	Insectos
Apazote	200 gramos de hojas	100 ml	Insectos

Fuente: PNUD, 1997.

e) Virus amarillo atrofiante de la acelga *Closterovirus*,

Los virus que pueden atacar a las acelgas son varios. La transmisión de estos agentes patógenos es debido a las picaduras de pulgones, nematodos, mosca blanca, entre otros.

También se transmiten por semillas infectadas, por cortes de poda, por heridas mal cicatrizadas, etc. La sintomatología de las enfermedades víricas son múltiples y se puede confundir con los efectos producidos por otras plagas. Sin embargo dentro de los síntomas generales que llevan a la detección del virus están:

- Hojas deformadas y abarquilladas.
- Raquitismo. Crecimiento deficiente de las plantas.
- Decoloración generalizada en hojas y frutos

Dentro de los controles utilizados para minimizar las enfermedades se encuentran:

- Observar los cultivos, los cuales, una vez infectados, deben ser descartados para evitar el contagio de toda la cosecha, ya que por el tipo de cultivo, las infecciones no pueden curarse, por lo que la prevención es primordial contra la lucha de estos riesgos.
- Una buena implementación de inspecciones de plagas transmisoras de virus, pulgones y mosca blanca para poder ser controladas a base de ajo y cebolla.
- Desinfección de las herramientas que se utilizan para podar.

Otra forma de impedir dichas afecciones es elegir variedades resistentes a los virus más habituales.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

4.1.1 Determinar la factibilidad de implementar un cultivo acuapónico con el método de camas flotantes.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1 Evaluar la adaptación de la acelga *Beta vulgaris L. variedad lucullus* en un cultivo acuapónico.

4.2.2 Establecer la eficiencia del cultivo acuapónico como filtro biológico.

V. HIPÓTESIS

El cultivo de la acelga *Beta vulgaris L. variedad lucullus*, es factible en un sistema acuapónico.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Localización Geográfica

La presente investigación se llevó a cabo en La Cooperativa El Arbolito, la cual se encuentra ubicada en la parte sur oeste del departamento del Petén, en la república de Guatemala, como parte de la jurisdicción del municipio de La Libertad, a orillas del río Usumacinta (Figura No. 3.) y se localiza dentro de las coordenadas geográficas, latitud Norte 16° 43' 02" y 16° 38' 18" y longitud Oeste 90° 40' 39" y 90° 34' 19" (Asociación de Mujeres Guatemaltecas IXMUCANÉ, 2006).

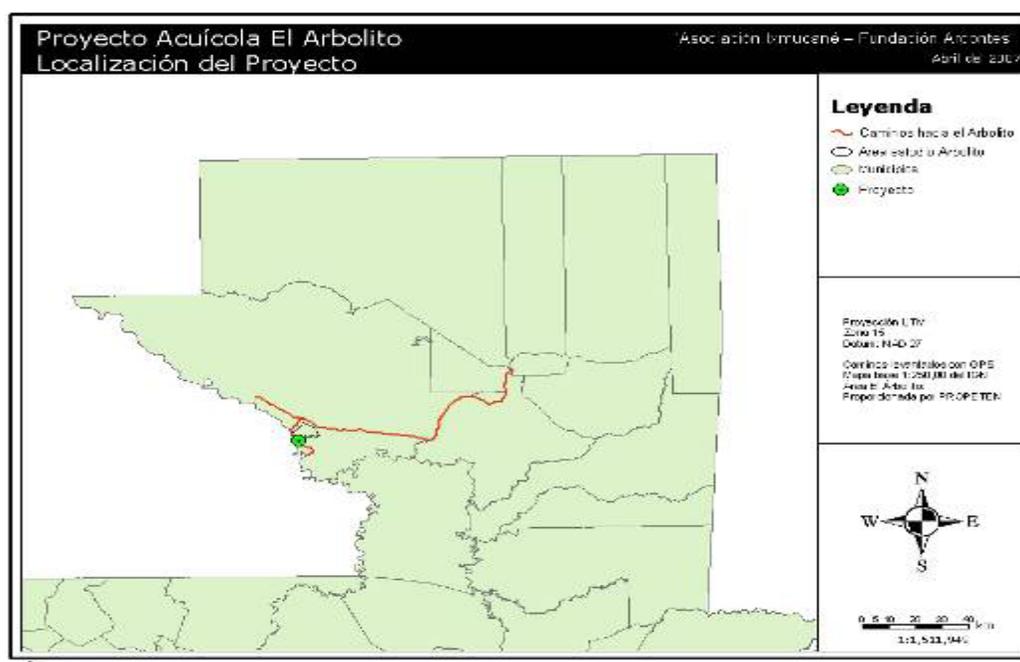


Figura No. 3. Localización de la comunidad El Arbolito
(Asociación de Mujeres Guatemaltecas IXMUCANÉ, 2006)

La Cooperativa El Arbolito posee aproximadamente 4,851.88 ha de terreno, incluyendo la zona urbana, colinda al norte con el caserío Bonanza y caserío Vista Hermosa, al sur con la Cooperativa Bella Guatemala, al este con caserío Vista Hermosa y al oeste con la república de México (Río Usumacinta) (Asociación de Mujeres Guatemaltecas IXMUCANÉ, 2006).

6.2 Definición de variables

Acelgas: Talla (cm), peso aéreo (g), número de hojas germinadas.

Parámetros de calidad del agua: temperatura (°C), oxígeno mg/l (O_2), pH, amonio mg/l ($NH_3 - NH_4$), turbidez (cm), nitritos mg/l (NO_2).

6.3 Selección de muestra

Se realizaron 3 biometrías; en las primeras dos se obtuvo una muestra completamente al azar tomando un 10% del total de las plantas para proporcionar significancia en el muestreo; en la última biometría se evaluaron todas las unidades experimentales obtenidas para determinar la sobrevivencia y adaptación al cultivo acuapónico.

6.4 Diseño

6.4.1 Fase I

Se realizó una fotointerpretación del área donde se implementó el cultivo acuapónico, se seleccionó dicho lugar por el acceso a energía eléctrica para el uso de la bomba de agua, así como la aproximación a los estanques de peces; para brindar un buen mantenimiento al sistema (Figura No. 4).



Figura No. 4. Área del cultivo acuapónico (Trabajo de campo, 2010).

Se diseñaron los instrumentos para toma de datos, tanto en campo como de gabinete (Anexo No. 2).

6.4.2 Fase II

- Determinado el lugar adecuado se construyó e implementó el semillero para la acelga.
- Como sustrato para la germinación de las semillas se utilizó una mezcla con tierra negra suelta (50%), arena de río (40%) y germinex (10%) (sustrato que ayuda a una mejor germinación de las plantitas) previamente desinfectados y tamizados para obtener partículas homogéneas. Esta mezcla se esparció uniformemente en el semillero (Figura No. 5).



Figura No. 5. Implementación de semillero (Trabajo de campo, 2010)

- Se procedió a realizar la siembra, utilizando un clavo para abrir agujeros lineales a una distancia de 1 cm entre cada uno, en forma de surcos (Figura No. 6). La profundidad de siembra fue de 0.5 cm ya que esta proporciona la humedad y calor requerido por la semilla para germinar, depositadas las semillas se cubrieron los agujeros con el mismo material.



Figura No. 6. Siembra de acelga (Trabajo de campo, 2010)

- Se realizaron riegos constantes durante el periodo de germinación de las plántulas (Figura No. 7a), lo cual fue de 26 días, después de este tiempo las acelgas estaban listas para ser trasplantadas a las camas flotantes (Figura No. 7).



Figura No. 7. Acelgas germinadas (Trabajo de campo, 2010)

- Se establecieron los estanques a utilizar: uno contenía el cultivo de peces (Figura No. 8) y otro de captación (estanque rústico revestido de nyl toma de nutrientes así como la purificación y circulación del agua al estanque de cultivo de peces. (Figura No. 9). on de baja calidad tipo invernadero), el cual actuó como sedimentador y filtro biológico (biofiltro) donde se encontraban las camas flotantes con acelga para la



Figura No. 8. Estanque de peces utilizado en el cultivo acuapónico (Trabajo de campo, 2010)



Figura No. 9. Estanque rústico de camas flotantes utilizado en el cultivo acuapónico (Trabajo de campo, 2010)

- Se instaló la infraestructura necesaria para la recirculación de agua (Figura No. 10).



Figura No. 10. Sistema de bombeo y oxigenación del cultivo acuapónico (Trabajo de campo 2010).

- El trasplante al cultivo acuapónico se realizó a los 27 días de la siembra, se colocaron en cubos de esponja de baja densidad de 2.5 cm de espesor con 3 * 3 cm de largo y ancho. A estos cubos se les realizó un corte vertical atravesando la esponja de arriba hacia abajo. En estos cortes se colocaron las plantas provenientes del semillero, para luego trasplantarlas a las camas flotantes (Figura No. 11).



Figura No. 11. Trasplante y siembra de acelga en camas flotantes (Trabajo de campo, 2010)

- Se utilizaron camas flotantes para el método con el mismo nombre donde el objetivo principal es que las raíces se encuentren sumergidas en el agua (Figura No. 12).



Figura No. 12. Método acuapónico de camas flotantes o raíces sumergidas (Trabajo de campo, 2010)

- A partir de la siembra en el cultivo acuapónico, la recirculación de agua se realizó diariamente para garantizar la calidad de la misma.
- Se efectuaron monitoreos de calidad de agua para controlar los principales parámetros físicos químicos de entrada y salida de la misma para comprobar la capacidad de las acelgas como biofiltro en la recirculación del agua (Figura No. 13). Dichos muestreos se realizaron los días martes, jueves y sábados durante el tiempo que duro el estudio; la hora de toma de datos fue a las 2:40 pm utilizando el kit para calidad de agua Tetratest midiendo las variables de: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno mg/l (O_2), pH, amonio mg/l ($\text{NH}_3 - \text{NH}_4$), turbidez (cm), nitritos mg/l (NO_2).



Figura No. 13. Toma de parámetros físico químicos de la calidad del agua (Trabajo de campo 2010)

- Se realizaron biometrías el día de la siembra donde se utilizó una pesa analítica, a los 30 y a los 55 días (días necesarios en acuaponía para lograr una planta desarrollada) donde se determinó: peso aéreo en gramos es decir sin la raíz (únicamente la ultima biometría), talla en centímetros y número de hojas desarrolladas de cada unidad experimental (Figura No. 14).

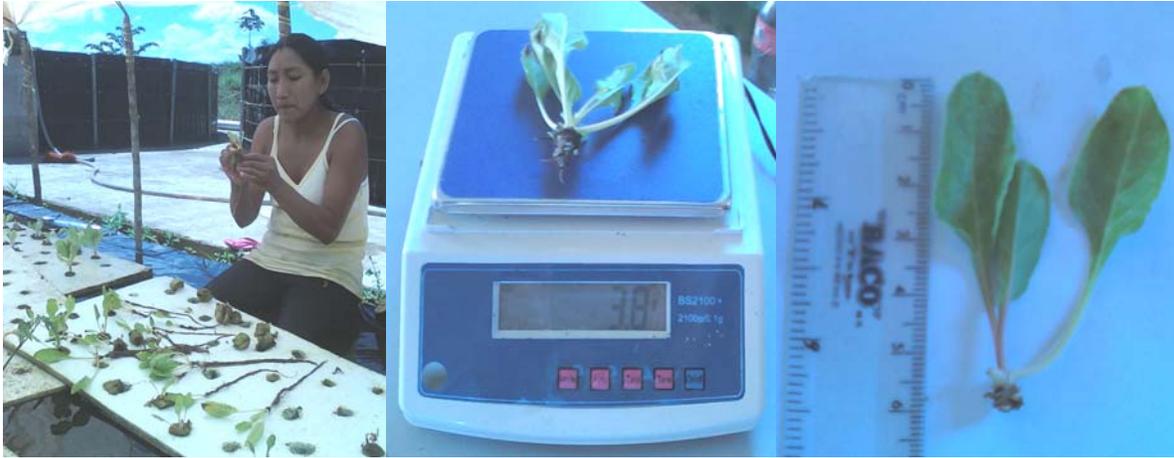


Figura No. 14. Biometría cultivo acuapónico (Trabajo de campo, 2010)

6.4.3 Fase III

- Cálculos y determinación de promedios a través de biometrías: Se procedió a determinar el crecimiento promedio, adaptación y porcentaje de sobrevivencia para evaluar la factibilidad del cultivo acuapónico con muestreos completamente al azar, tomando un 10% de la población, a excepción de la última biometría donde se muestrearon todas las unidades experimentales; los dos primeros muestreos se realizaron en el momento de la siembra y a los 30 días bajo las mismas condiciones a excepción de peso aéreo ya que por contar con raíces muy desarrolladas daría un resultado inexacto.

6.5 Análisis de la información

Luego del análisis y determinación del porcentaje de sobrevivencia se utilizó Microsoft Excel para la interpretación de los resultados y el cálculo de rangos mínimos y máximos así como promedios de las variables evaluadas.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Adaptación de la acelga *Beta vulgaris* L. variedad *lucullus*

Se sembraron 500 semillas de acelga de las cuales el 40.6% (203 plántulas) germinaron con una talla promedio de 5.07 cm luego de permanecer 27 días en tierra.

La biometría inicial del cultivo se efectuó el día de la siembra de las plantas al estanque acuapónico.

La segunda biometría se realizó a los 30 días de sembradas las acelgas en el cultivo acuapónico (Figura No. 15).

Se observó un crecimiento homogéneo luego de 30 días en el cultivo acuapónico donde se incrementan en talla (4.5 cm) (Figura No. 16.), peso (1.8 g) (Figura No. 17.) y promedio de hojas desarrolladas (2.25) (Figura No. 18.), al apreciar los resultados de las primeras dos biometrías se determinó que la adaptación y crecimiento de las acelgas en las camas flotantes fue uniforme.



Figura No. 15. Desarrollo de las raíces y plantas a 30 días en cultivo acuapónico (Trabajo de campo, 2010)

A partir de los 35 días aproximadamente se presentó una plaga de pulgones por ser una región donde existe gran diversidad de cultivos agrícolas.

Dicha plaga deterioró y provocó una mortandad severa en las acelgas (61.58%), se logró controlar a través de insecticidas naturales, luego de la aplicación de 100 gramos de ajo hervidos en 150 ml de agua, los cuales se utilizaron por 3 días consecutivos 2 veces al día. Las acelgas perdieron la mayoría de las hojas desarrolladas (Anexo No. 3).

Cuando empezó la época de lluvia y el nivel del arroyo Los Chorros empezó a abastecer nuevamente al proyecto, el agua presentó un color rojizo con muy mal olor, sin embargo en los parámetros de calidad de agua los rangos eran aceptables para el cultivo de peces.

Por las condiciones en las que se encontraba el arroyo en época seca presentando mucho fango, la llegada de la época lluviosa provocó que al subir el nivel del agua empozada y la basura contenida en el mismo llegó a los estanques del proyecto; se cree este fue el factor que propició el desarrollo de la enfermedad del virus amarillo atrofiante de la acelga denominado *Closterovirus*.

La transmisión de estos agentes patógenos es debido a las picaduras de pulgones, nematodos, mosca blanca, entre otros. Todos los síntomas presentados en el cultivo fueron los que verificaron la presencia del virus.

Dentro de los controles que se utilizaron para minimizar la mortandad fueron:

- Descarte de las plantas infectadas, para no contagiar toda la cosecha.
- Control de plagas transmisoras de virus, pulgones y mosca blanca a base de ajo y cebolla.
- Desinfección de las herramientas que se utilizaron para podar.

Al momento de la cosecha del cultivo acuapónico se procedió a determinar el peso promedio aéreo fresco, el cual fue de 1.99 g; la talla promedio fue de 7.7 cm y el número de hojas promedio desarrolladas por planta fue de 4.

Luego de 82 días de cultivo (27 días en semillero y 55 en camas flotantes) se determinó que las plantas no se desarrollaron a tallas comerciales, las cuales son de 25 cm (Figura No. 16).

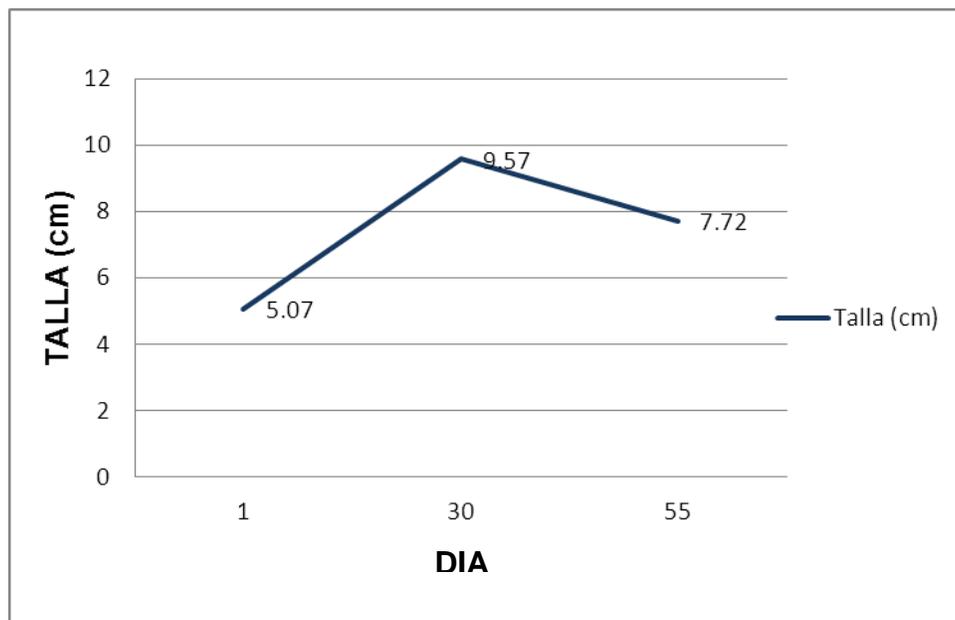


Figura No. 16. Crecimiento en talla de la acelga

(Trabajo de campo, 2010)

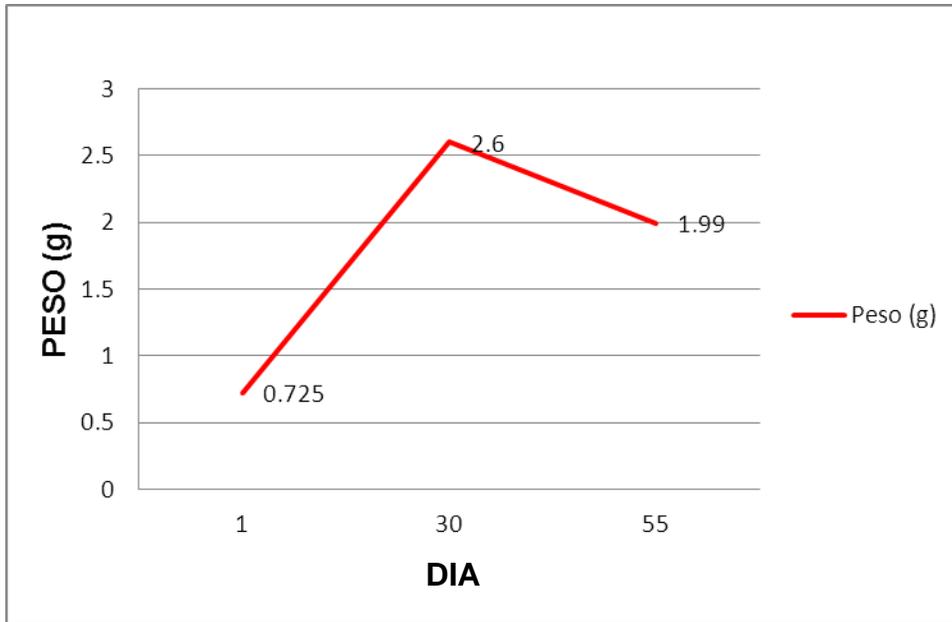


Figura No. 17. Crecimiento en peso de la acelga
(Trabajo de campo, 2010)

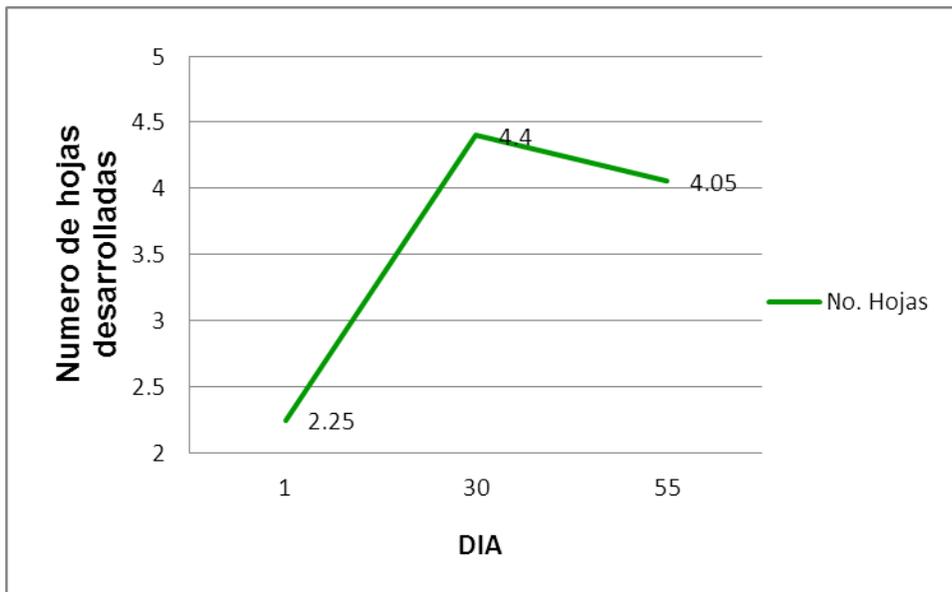


Figura No. 18. Promedio del numero de hojas desarrolladas
(Trabajo de campo, 2010)

Las principales deficiencias que presentó el cultivo fueron las siguientes, una talla no apta para comercializar, un bajo peso aéreo, pocas hojas desarrolladas debido a las diferentes complicaciones que se tuvieron por plagas, calidad de agua y enfermedades en las plantas.

7.2 Eficiencia del cultivo acuapónico como filtro biológico

A través de los monitoreos realizados a lo largo de la investigación se recopilaron datos de parámetros de calidad de agua que permitieron determinar la eficiencia de la acelga como filtro biológico para recirculación del agua.

De acuerdo a los datos obtenidos (Figura No. 19) se pudo observar que el estanque de peces presentó generalmente temperaturas mayores que las del estanque del cultivo acuapónico, lo cual puede deberse a la presencia de un nylon que daba sombra a las acelgas e impedía el paso directo de la luz solar.

Además de las camas flotantes de duroport las cuales por ser de un material aislante, impedían el paso del calor, dando como resultado que la temperatura del estanque con el cultivo acuapónico fuera de 1 a 2°C menor a la del estanque de peces en los muestreos.

Los rangos promedio de temperatura obtenidos en los dos sistemas fueron: Cultivo de peces 31.54°C, cultivo acuapónico 30.88°C. De las cuales la temperatura mínima es de 29°C para ambos casos y la máxima de 33 y 32°C respectivamente (Figura No. 19).

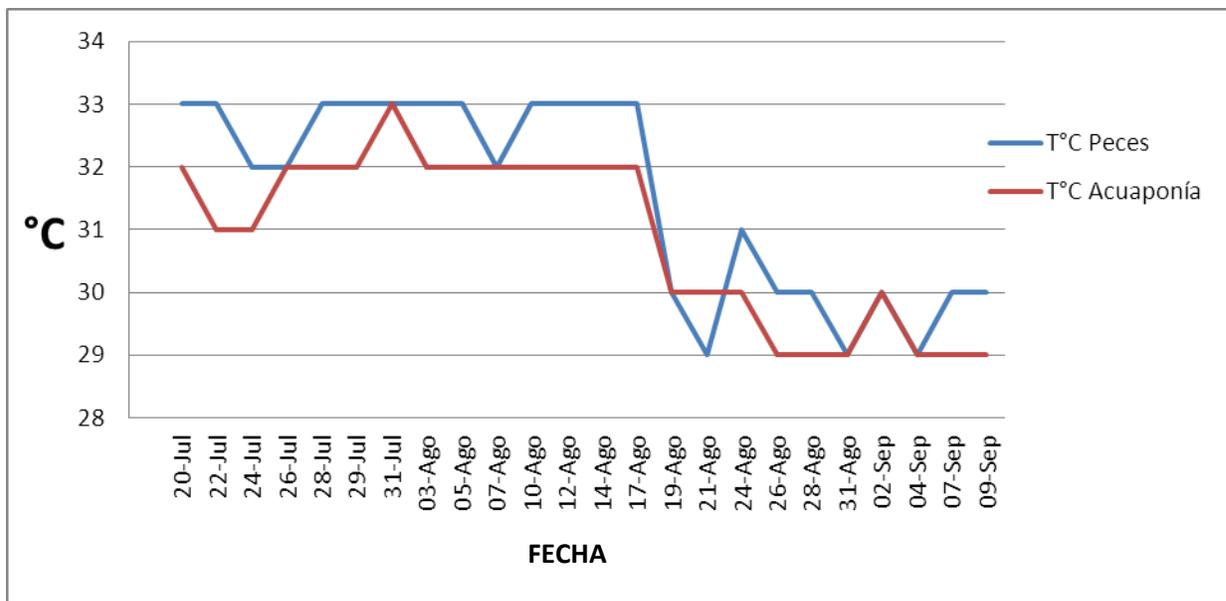


Figura No. 19. Comportamiento de temperaturas

(Trabajo de campo, 2010)

Se consideró que fue a partir del mes de agosto cuando existió más incidencia de rangos iguales de temperatura, por presentarse la transición entre verano e invierno, para el área específica del Petén, al verse reducida e igualada la misma en ambos cultivos: peces y acuaponía.

La comparación de pH muestra que en ambos casos se mantuvo en un rango neutro, con una diferencia poco significativa de 0.2 a 0.8. Existiendo una mayor variación en el estanque de peces, comparado con el estanque de acelgas; lo cual puede estar asociado a la presencia de sombra en el estanque acuapónico, causando una disminución en la fotosíntesis, que a su vez trae consigo mayor concentración de CO₂ en el estanque, propiciando la formación de ácido carbónico, el cual es un ácido débil, que disminuye el pH.

Los rangos promedio de pH obtenidos en los dos sistemas fueron: Cultivo de peces 7.38, cultivo acuapónico 7.12. De los cuales el pH mínimo es de 7 para ambos casos y el máximo de 7.5 y 7.4 respectivamente (Figura No. 20).

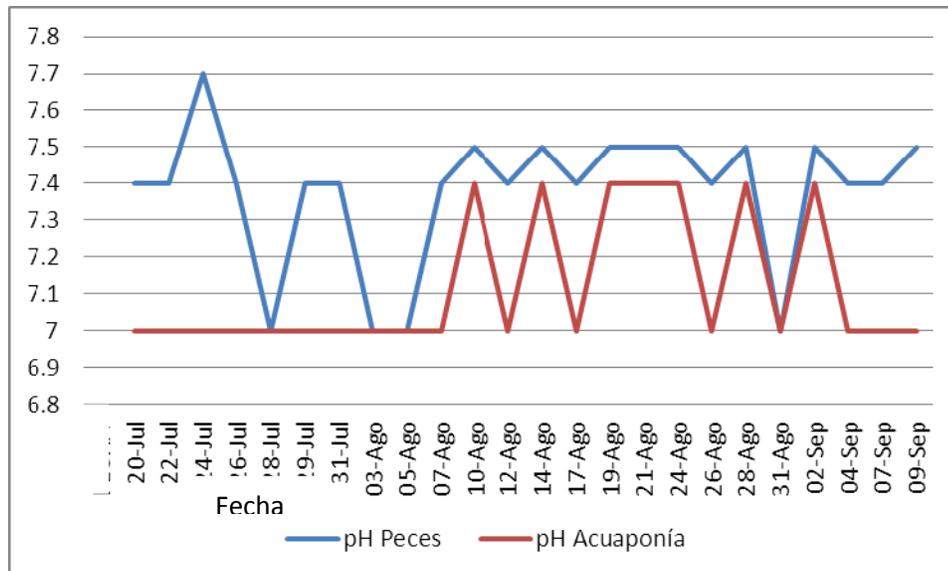


Figura No. 20. Comportamiento de pH

(Trabajo de campo, 2010)

Los principales parámetros que presentaron cierta variabilidad desde el estanque del cultivo de peces, hasta pasar por el estanque de acelgas (como filtro biológico), fueron: la temperatura que se asume a la presencia de las camas flotantes disminuyó 0.67 °C, el pH en relación con la temperatura con 0.26. Los demás parámetros: Oxígeno, nitritos y turbidez se mantuvieron en una media de: 5 mg/litro, 0.3 mg/litro y 20 cm respectivamente, los cuales se encontraron adecuados para el cultivo de peces.

Mientras tanto el amonio con valores promedios para el cultivo de peces de 0.10 mg/litro y para el cultivo acuapónico de 0.01 mg/litro, tiene un aumento en las primeras lluvias, presentadas como transición de verano a invierno provocando una mala calidad de agua. Afectando tanto a peces (por presencia de hongos), como al cultivo acuapónico por el virus amarillo atrofiante de la acelga, provocando altas mortandades, los cual no permitió a la planta desarrollarse.

VIII. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones que se presentaron en esta investigación el cultivo de la acelga *Beta vulgaris L. variedad lucullus*, no es factible en un sistema acuapónico con el método de camas flotantes, debido a factores externos como las enfermedades que no permitieron que las plantas se desarrollaran adecuadamente.
- Las acelgas cultivadas en el sistema acuapónico, no se adaptaron al medio lo que se refleja en el 38.42 % de sobrevivencia.
- Los rangos de los parámetros durante la evaluación del cultivo acuapónico de oxígeno, nitritos y turbidez, se mantuvieron constantes, durante toda la investigación, por lo cual se considera no eficiente como filtro biológico.
- La temperatura (°C), oxígeno mg/l (O₂), pH, amonio mg/l (NH₃ – NH₄), turbidez (cm), nitritos mg/l (NO₂), fueron aceptables para el cultivo de peces, siendo inadecuado para el cultivo acuapónico.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con especies nativas tanto de peces como de plantas para implementar nuevos cultivos acuapónicos.
- Por la cantidad y calidad de nutrientes que contiene el agua que se utilizó en el cultivo de tilapia, es necesario que la población conozca los beneficios de reutilizarla, tanto en acuaponía, como en riegos de hortalizas cultivadas en forma tradicional.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Asociación de Mujeres Guatemaltecas IXMUCANÉ, GT; Fundación Propetén, GT; Fundación Arcontes, GT. 2006. Diagnóstico comunidad El Arbolito: un acercamiento a la realidad social y económica de las mujeres. Santa Elena, Petén, GT. 55 p.
2. Boussingault, J. 1843. Economie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie. s.n.t. t. 1. p. 540 – 543.
3. Cantor, F. 2007. Manual de producción de tilapia (en línea). Puebla, MX. Consultado 10 oct. 2008. Disponible en <http://www.sdr.gob.mx>.
4. Carrillo, L. 2006. Piscicultura de agua dulce (clase magistral). Guatemala, USAC.
5. Castañeda, F. 1997. Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar la tierra. Guatemala, INCAP. 33 p.
6. Church, DC; Pond, WG. 1982. Basic animal nutrition and feeding. New York, John Wiley and Sons. 351 p.
7. Diver, S. 2000. Aquaponic-Integration of hidroponic with aquaculture: horticulture systems guide. Estados Unidos, National Center for Appropriate Technology. 37 p.
8. _____. 2006. Aquaponics – integration of hydroponics with aquaculture. Estados Unidos, ATTRA; National Sustainable Agriculture Information Service. 28 p.
9. Duckworth, R. 1999. Fruit and vegetables. Estados Unidos, Auburn University. 306 p.
10. Escalante, E. 2001. Acuaponía. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 176 p.
11. Gericke, WF. 1929. Aquaculture: a means of crop production. American Journal of Botany 16: 862.

12. Giró, A. 2008. Evaluación del rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en un sistema acuapónico, realizado en la Empresa Agrícola Santa Agustina Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu. Tesis Lic. Acuicultura. Guatemala, USAC. 56 p.
13. Godoy, A. 2001. Manual de acuaponía e hidroponía: cultivos sin tierra. Guatemala. 77 p.
14. Kramer, R. 1965. Evaluation of quality of fruits and vegetables. Washington, McGraw-Hill. 30 p.
15. Mair, G; Little, DC. 1991. Population control of farmed tilapias. Naga, the ICLARM Quaterly. p. 8-13.
16. McLarney, W. 1983. Integration of aquaculture and agriculture, in the Northern United States. *New Alchemy Quarterly* (11): 7–14 .
17. Morales, A. 1991. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). México, Universidad Autónoma de Chapingo. 40 p.
18. Pillay, TVR. 1993. Aquaculture: principles and practices. Great Britian, Fishing New Books. p. 360-376.
19. PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, NI). 1997. Hidroponía popular: cultivos sin tierra. Nicaragua, Ex Libris. 42 p.
20. Rakocy, J. 1989. Hidroponic lettuce production in a recirculating culture system. Virgin Islands; Virgin Islands Agricultural Experiment Station; *Island Perspectives*. 81 p.
21. Rodríguez, D; Hoyos, M; Chang, M. 2002. Manual práctico de hidroponía. Lima, PE, Universidad Agraria La Molina; Centro de Investigación de Hidroponía e Investigación Mineral. 100 p.
22. Saussure, N. 1804. Recherches chimiques sur la végétation (en línea). *Encyclopædia Britannica*. Consultado 11 Mar. 2011. Disponible en

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/493497/Recherches-chimiques-sur-la-vegetation>

23. Withrow, R; Biebel, J. 1936. A sub-irrigation method of supplying nutrients to plants growing under commercial and experimental conditions. *Journal Agr. Resources* 33: 693-702.
24. Woodward, J. 1699. Some Thoughts and experiments concerning vegetation. *Philosophical Transactions* (21): 193-227.
25. Zweig, D. 1986. An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. *Aquaculture Magazine* 12 (3): 34, 36–40.

XI. ANEXO



MANUAL CULTIVOS ACUAPONICOS

PROYECTO ASOCIACION CIVIL DE MUJERES
VALLE - VERDE.

T. A. MARIA LOURDES CASTILLA MALDONADO



Anexo No. 1. Manual cultivos acuapónicos (Trabajo de campo, 2010).

VALLE VERDE - EL ARBOLITO (LA LIBERTAD, PETEN)

Fecha: _____

HOJA CONTROL BIOMETRIA ESTANQUE: _____

No	Talla (cm)	No	Peso (gms)	No	Hojas desarrolladas	No	Talla (cm)	No	Peso (gms)	No	Hojas desarrolladas
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	
12		12		12		12		12		12	
13		13		13		13		13		13	
14		14		14		14		14		14	
15		15		15		15		15		15	
16		16		16		16		16		16	
17		17		17		17		17		17	
18		18		18		18		18		18	
19		19		19		19		19		19	
20		20		20		20		20		20	
T		T		T		T		T		T	

Anexo No. 2.Hoja de control utilizadas en las biometrías (Trabajo de campo, 2010).



Anexo No. 3. Acelgas afectadas por plaga de pulgones

(Trabajo de campo, 2010)