

RESUMEN

El CEMA cuenta con un laboratorio acuícola experimental en Cobán Alta Verapaz donado por la Agencia Española de Cooperación Internacional AECID que funciona únicamente con energía solar, cuenta con paneles solares, captadores solares, acumuladores, centralitas, estanques de engorde de tilapia, conexiones de cobre, bodegas, bombas, estación meteorológica, equipo de calidad de agua, con un valor mayor a los 3 millones de quetzales, lugar en el cual se realizó este proyecto de investigación.

El objetivo general planteado fue el de determinar la viabilidad técnica y económica de producir tilapia en un sistema semi-intensivo utilizando la energía solar para mejorar las condiciones de calidad de agua en zonas frías y rurales de Guatemala, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible exigidos a las actividades acuícolas en las políticas de desarrollo regionales de Guatemala.

Como objetivos específicos se pretendió determinar la viabilidad técnica y económica productiva del empleo de energía solar para las labores de cultivo de tilapia, como bombeo de agua y calentamiento de ésta; se verificó la idoneidad del uso de energías renovables (solar) en las instalaciones de cultivo de tilapia en Guatemala, como alternativa a otras fuentes de energías menos respetuosas con el entorno.

Otro objetivo específico fue el de estimular la producción de cultivo de tilapia en zonas frías de Guatemala, utilizando energía renovable, donde se promovió la participación de la mujer en diferentes actividades del proyecto, y además, se planteó el diseño de un manual de cultivo de tilapia utilizando energía renovable que contribuya al desarrollo tecnológico del país.

Este proyecto de seguridad alimentaria buscó la optimización energética de la instalación a través de un aumento de la temperatura del agua de cultivo mediante el

uso exclusivo de energía solar y se intentó mejorar el crecimiento de los individuos cultivados, para obtener una mayor producción en menor tiempo...

El proyecto se desarrolló en Cobán (Departamento de Alta Verapaz) en Guatemala, zona con población mayoritariamente indígena (Q'etchi). Esta población, en su mayoría no castellano parlante, está integrada por jóvenes y mujeres en alto riesgo de exclusión social y con grandes carencias en su alimentación, coadyuvando así en gran medida al proyecto de país denominado "hambre cero".

El tipo de cultivo propuesto fue semi-intensivo, donde el CEMA proporcionó los alevines y la fase experimental se llevó a cabo en estanques circulares, donde un sistema de bombeo de agua cubrió las necesidades de renovación y oxigenación del agua de cultivo. Como uno de los propósitos fundamentales e innovadores de esta experiencia piloto, era que el cultivo propuesto fuera energéticamente sostenido por energía solar fotovoltaica y uno de los objetivos de la experiencia piloto, fue el de determinar el efecto del calentamiento de agua sobre el crecimiento a lo largo del ciclo de cultivo que duró 7 meses de forma escalonada.

Para ello, se realizó una comparativa entre la talla de los peces cultivados a 20°C (temperatura del agua natural que llega a la planta) y a 28°C, utilizándose una planta de energía solar térmica para el calentamiento de la misma.

I. INTRODUCCION

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación Experimental Acuícola Nueva Esperanza del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA, ubicado en la comunidad Tzapineb, Aldea Chicoj, Municipio Cobán, Alta Verapaz. Dicha investigación tuvo una duración de 11 meses, comprendidos de febrero a diciembre del 2,013.

La estación experimental fue construida con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional AECID y la Coordinación de la Universidad de Cádiz España en el año 2,012 y funciona únicamente con energía solar. Cuenta con 16 paneles solares, 36 captadores solares, 2 acumuladores, centralitas de control, estanques de engorde de tilapia, conexiones de cobre, bodegas, bombas, estación meteorológica, equipo de calidad de agua.

El objetivo principal de la investigación fue determinar la viabilidad técnica y económica de producir tilapia en un sistema semi-intensivo, utilizando energía solar para mejorar la calidad de agua en zonas frías, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible exigidos a las actividades acuícolas en las políticas de desarrollo regionales de Guatemala.

Entre los objetivos específicos que se plantearon durante la investigación están: a) Determinar la viabilidad técnica y económica empleando energía solar para las labores de cultivo de tilapia, como bombeo y calentamiento de agua; b) verificar la idoneidad del uso de energías renovables (solar) en las instalaciones de cultivo de tilapia en Guatemala, como alternativa a otras fuentes de energías menos respetuosas con el entorno.

Con el fin de cumplir con otro de los objetivos del proyecto, se trabajó promoviendo la participación de la mujer en diferentes actividades que se desarrollaron dentro del mismo, entre ellas: la siembra de alevines, limpieza y mantenimiento de laboratorio experimental, alimentación para organismos, muestreos y cosecha.

Durante el tiempo de ejecución del proyecto se realizaron periódicamente muestreos biométricos (talla y peso) cada quince días, y diariamente se tomó la temperatura en cada uno de los seis estanques. Se realizó un análisis comparativo entre la talla de los organismos cultivados a temperatura ambiente en el exterior y los que se cultivaron en el invernadero con una temperatura mayor.

II. ANTECEDENTES

En mayo del año 2013, se llevó a cabo una publicación sobre los resultados del “Proyecto piloto de seguridad alimentaria de explotación comercial de tilapia en comunidades rurales de Guatemala”, el cual se viene desarrollando desde 2008 y terminó en el año 2012. En dicha publicación se mencionan los resultados positivos del proyecto obtenidos hasta ahora y se destaca la proyección a futuro, de las instalaciones, tanto de ayuda para el desarrollo local, como su aplicación al sector investigador y soporte para la práctica de los jóvenes guatemaltecos que quieran formarse en acuicultura. También se indica que el presupuesto de este proyecto tiene un valor de 669,226 euros procedentes de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) mediante el Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (PCI). La publicación se encuentra disponible en: <http://www.mispecies.com/noticias/2012/may/120529-uca-usac-cooperacion-guatemala.asp>.

Jiménez, R. y colaboradores (2011), realizaron un estudio sobre la aplicación de la energía solar a la acuicultura continental en áreas frías y aisladas, este se desarrolló dentro del programa de cooperación universitaria financiado por AECID y que se enfoca a países de Iberoamérica, Mediterráneo y África Subsahariana. En el proyecto se pretendieron varios objetivos, unos de carácter científico y otros de índole social. Así desde el punto de vista técnico se ha desarrollado una aplicación pionera de la energía solar tanto fotovoltaica como especialmente solar térmica de baja temperatura, para conseguir la viabilidad de la acuicultura continental en áreas aisladas con climas no muy cálidos e incluso fríos. Este proyecto de seguridad alimentaria buscó la optimización energética de la instalación a través de un aumento de la temperatura del agua de cultivo mediante el uso exclusivo de energía solar.

El “Proyecto piloto de seguridad alimentaria de explotación comercial de tilapia en comunidades rurales de Guatemala”, auspiciado por la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo AECID y el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Se llevó a cabo en cuatro (4) fases de investigación, durante los últimos cuatro años (del 2008 al 2012), se dotó de infraestructura al CEMA con un laboratorio que se maneja 100% con energía solar térmica y fotovoltaica para acuicultura, con la finalidad de contribuir al desarrollo de la comunidad Tzapineb, aldea Chicoj, ubicada en el municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz.

III. JUSTIFICACION

El proyecto culminó un esfuerzo administrativo del CEMA ante la gestión en instancias internacionales, ya que la AECID Agencia Española de Cooperación Internacional donó todo el laboratorio experimental en condiciones para generar investigación. El costo de este laboratorio fue mayor a los 3 millones de quetzales y el compromiso de la Universidad de San Carlos de Guatemala es el mantenimiento y aprovechamiento de las instalaciones para generar nuevos conocimientos a través de la investigación.

Por lo descrito anteriormente el CEMA por ser la institución encargada de la educación superior en la acuicultura y conociendo la realidad nacional propuso la presente investigación.

El cultivo de tilapia es propicio principalmente en climas cálidos, encontrándose fuera de esta característica el municipio de Cobán. Por ello, se propuso mejorar esta actividad propiciando condiciones óptimas de cultivo, traducido en una mejora de la temperatura, que permitiera mantener un nivel de crecimiento adecuado a las necesidades existentes.

El proyecto planteado generará un paquete tecnológico importante de la producción de tilapia en sistema semi-intensivo en zonas frías rurales de Guatemala; con suministro energético 100% solar, mejorando la temperatura y la concentración de oxígeno.

Según la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable, Decreto No. 52-2003, del congreso de la República de Guatemala, en el artículo No. 1 “declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables. El órgano competente estimulará, promoverá, facilitará y creara las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin. Guatemala actualmente impulsa el uso de energía renovable”.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Características del departamento de Alta Verapaz.

El departamento de Alta Verapaz se encuentra situado en la región norte de Guatemala a 219 km de la Ciudad de Guatemala. Limita al norte con Petén; al este con Izabal; al sur con Zacapa, El Progreso y Baja Verapaz; y al oeste con El Quiché. Su cabecera departamental es Cobán.

Alta Verapaz es uno de los departamentos más ricos en naturaleza, destacando entre sus maravillas los afluentes naturales de Semuc Champey en el río Cahabón; las cuevas de Candelaria, el Rey Marcos y Lanquín; y sus bosques húmedos.

Su clima es frío lluvioso. Se ubica en la latitud 15° 28' 07" y longitud 90° 22' 36", y cuenta con una extensión territorial de 8,686 kilómetros cuadrados. El monumento de elevación se encuentra en la cabecera departamental, a una altura de 1,316.91 metros sobre el nivel del mar, pero su topografía es en extremo variada, con montañas y cimas que exceden de 3,000 metros de elevación y tierras bajas que descienden hasta unos 300 metros. La climatología es forzosamente variada, también en relación con la elevación y sinuosidades del terreno.

4.1.1 Producción de Alta Verapaz.

El departamento de Alta Verapaz posee cultivos cuya producción se destina al mercado internacional, como café, cardamomo, achiote, cacao, pimienta, y otros productos de exportación, mientras que los productos que producen para consumo nacional son comprendidos por el maíz, frijol, chile, caña de azúcar, entre otros.

La producción forestal de este departamento es de gran importancia dentro del producto agrícola. Mientras que el sector pecuario está dedicado básicamente al ganado vacuno, el cual está destinado al mercado externo e interno.

4.1.2 Hidrografía

Dicho departamento es drenado por 3 cuencas que corresponden al Océano Atlántico y dos al golfo de México, estas cuencas son:

- Vertiente del Océano Atlántico
 - Polochic.
 - Cahabón
 - Sarstún

- Vertiente del Golfo de México
 - Salinas
 - La Pasión

También se encuentra irrigado por ríos de menor importancia como el Lanquín, Chixoy, Usumacinta, Carchá, Icbolay, etc, siendo característico de este departamento la existencia de muchos ríos subterráneos que eventualmente salen de una montaña y después de un corto recorrido desaparecen en otra montaña, contando además con muchas lagunas y lagunetas entre las que sobresalen la laguna Lachuá y Chichoj, sus riachuelos y rápidos que son una característica destacable de la naturaleza que posee este departamento.

4.2 Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*

Los peces que se denominan tilapias, han suscitado y recibido quizás, mayor atención en el mundo que cualquier otro pez. La tilapia nilótica es la más aconsejable para ser producida en cualquier sistema, debido a su amplia resistencia frente a diversos factores ambientales y a su manejo ya conocido. Existe información sobre cultivos comerciales de tilapia en por lo menos 65 países, la mayoría de los cuales se sitúan en el trópico y sub trópico. (FAO, 2008-2012).

4.2.1 Influencia de la temperatura en el cultivo de Tilapia.

Normalmente todos los organismos acuáticos de aguas frías, templadas y cálidas susceptibles de cultivo, tienen un rango óptimo de temperatura, y comienzan a tener problemas con las temperaturas sub óptimas (por debajo o por encima del rango óptimo) llegando a ser letales, ya que afecta directamente la tasa metabólica del pez. Por ejemplo: si la temperatura aumenta la tasa metabólica también aumenta, por consiguiente aumenta el consumo de oxígeno. Los peces son animales poiquilotermos (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura). Por lo que en muchas especies variaciones bruscas de solo 2 grados ocasionan tensión y muerte de los mismos. (FAO, 2008-2012)

El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 32°C, con variaciones de hasta 5°C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno. Variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche deben subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.). Según la Temperatura del agua los peces se clasifican en 3 grandes grupos:

Aguas Frías 2,000 a 3,000 de 8 a 18 °C

Aguas Templadas 1,200 a 2,000 de 8 a 22 °C

Aguas Cálidas 0 a 1.200 de 22 a 30 °C

Uno de los problemas más importantes, es que a temperaturas sub óptimas los peces dejan de alimentarse, el sistema inmune se debilita, y los peces se tornan altamente susceptibles a enfermedades, mortalidad por manipulación, se inhibe la reproducción, etc. (FAO, 2008-2012)

4.3 Política de Guatemala para uso de energía

Según la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovables, Decreto No. 52-2003, del congreso de la República de Guatemala, en el Artículo No. 1 “declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin. Guatemala actualmente impulsa el uso de energía renovable. (MEM, 2003)

El 16 de junio del 2005, mediante Acuerdo Gubernativo Numero 211-2005, se aprobó el reglamento a la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable, el cual tiene por objeto desarrollar los preceptos normativos de dicha Ley y asegurar las condiciones adecuadas para la calificación y aplicación concreta de los incentivos establecidos en la indicada ley (MEM, 2005).

Según el Plan de Expansión del Sistema de Generación 2012-2006, se tiene contemplado que para el año 2026 el país deberá producir el 78% de la energía, mediante fuentes renovables. Solo durante el 2012 habrá una demanda de energía de 8.797 GWh de energía y de 1,597 MW de potencia. Se prevé una capacidad de generar 50.5% con hidroeléctricas, 3.6% con geotérmica 3.5% con Bunker, 12% con biomasa, 9% mediante la interconexión eléctrica con México y 21.3% con carbón. Esa matriz energética, el 54.1% de la generación de este año será mediante energías renovables.

4.3.1. Energías Renovables

Las energías renovables son aquellas que están presentes de forma potencial en la naturaleza y que permiten su aprovechamiento mediante algunas técnicas de adaptación pero sin necesidad de ser repuestas continuamente y, por tanto, con unas posibilidades de utilización prácticamente ilimitadas. El fundamento último de todas las energías renovables es el efecto térmico del sol que da lugar a la generación de la

materia orgánica, el viento, la lluvia, o el calor, cuyo aprovechamiento energético constituye a su vez la base de las energías conocidas como biomasa, eólica, mini hidráulica y solar. La disponibilidad energética de las fuentes de energía renovable es mayor que las fuentes de energía convencionales, sin embargo su utilización es escasa. El desarrollo de la tecnología, el incremento de la exigencia social y los costos más bajos de instalación y rápida amortización, están impulsando un mayor uso de las fuentes de energía de origen renovable en los últimos años. (Fundación MAPFRE, 2007)

4.3.2 Energía Solar

Recibe el nombre de energía solar aquella que proviene del aprovechamiento directo de la radiación del sol, y de la cual se obtiene calor y electricidad. El calor se obtiene mediante captadores térmicos, y la electricidad a través de módulos fotovoltaicos.

En los sistemas de aprovechamiento térmico el calor recogido en los captadores solares puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades, como por ejemplo: obtención de agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para fines de calefacción, aplicaciones agrícolas, entre otras.

La energía solar, además de ser renovable y no contaminar el Medio Ambiente, es una energía muy abundante en Guatemala. Su utilización contribuye a reducir el efecto invernadero producido por las emisiones de CO₂ a la atmósfera, así como el cambio climático provocado por el efecto invernadero. La energía del sol produce calor y hace posible que el hombre la utilice en forma directa mediante distintos elementos, es así como tenemos: *Captadores solares: Absorben la radiación solar transfiriendo su energía calorífica al agua, que está almacenada en tubos, calentándola.* (García, et al. 2006)

4.3.3 Aplicaciones industriales de energías renovables.

Los investigadores expertos o especializados en energía solar aseguran que este es el único recurso que está garantizado por los próximos 6.000 millones de años, siendo el Sol una fuente inagotable de calor y energía. Si el hombre la aprovecha debidamente, la dependencia de los combustibles fósiles será historia. Para lograr un eficiente aprovechamiento de este recurso, es necesario que se den a conocer los diferentes tipos de aplicación de la energía solar.

Además de la obtención de calor y electricidad, existen diversas aplicaciones de la energía solar, entre ellas, podemos nombrar: calentamiento de agua, destilación, evaporación, control de heladas y fotosíntesis. Se han ensayado todos los usos de la energía solar en escala de laboratorio pero no en escala industrial, esto se debe a que en ocasiones, el costo de dichas operaciones no pueden competir con el costo de otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que debe realizarse. La aplicación de la energía solar sigue siendo todavía materia de estudio, aunque hemos enumerado más de un beneficio que podemos obtener con su utilización, los técnicos y científicos aseguran que la misma puede brindarnos aún mucho más. (Universidad de Calgary y MEM, 2005)

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y económica (en relación a costos) de producir tilapia en un sistema semi-intensivo utilizando la energía solar para mejorar las condiciones de calidad de agua en zonas frías y rurales de Guatemala.

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la viabilidad técnica del proyecto: conversión alimenticia, sobrevivencia, biomasa y talla final de un cultivo de tilapia con temperatura y oxigenación controlada con energía solar.
- Determinar los costos del proceso de producción del sistema propuesto utilizando energía renovable.
- Estimular la producción cultivo de tilapia en zonas frías de Guatemala, utilizando energía renovable, mediante la participación de la mujer en diferentes actividades del proyecto.
- Elaborar un manual de cultivo de tilapia utilizando energía renovable que contribuya al desarrollo tecnológico.

5.3. Hipótesis

El aumento de temperatura a través de energía solar (térmica y fotovoltaica), incrementa la productividad del cultivo semi-intensivo de tilapia en zonas frías de Guatemala.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación geográfica

La investigación fue de tipo experimental, transversal, aplicada y participativa. Se realizó en condiciones de laboratorio. Tuvo una duración de once meses y consistió en la evaluación del crecimiento de tilapia en un sistema semi-intensivo, utilizando la energía renovable (solar térmica y fotovoltaica), con el fin de mejorar las condiciones de calidad del agua en zonas frías rurales de Guatemala.

El proyecto de investigación fue ejecutado en la Comunidad Tzapineb, Aldea Chicoj, Municipio Cobán, Alta Verapaz, cuyas coordenadas Geográficas son $15^{\circ} 27'50.35''$ N y $90^{\circ} 24'40.01''$ W.

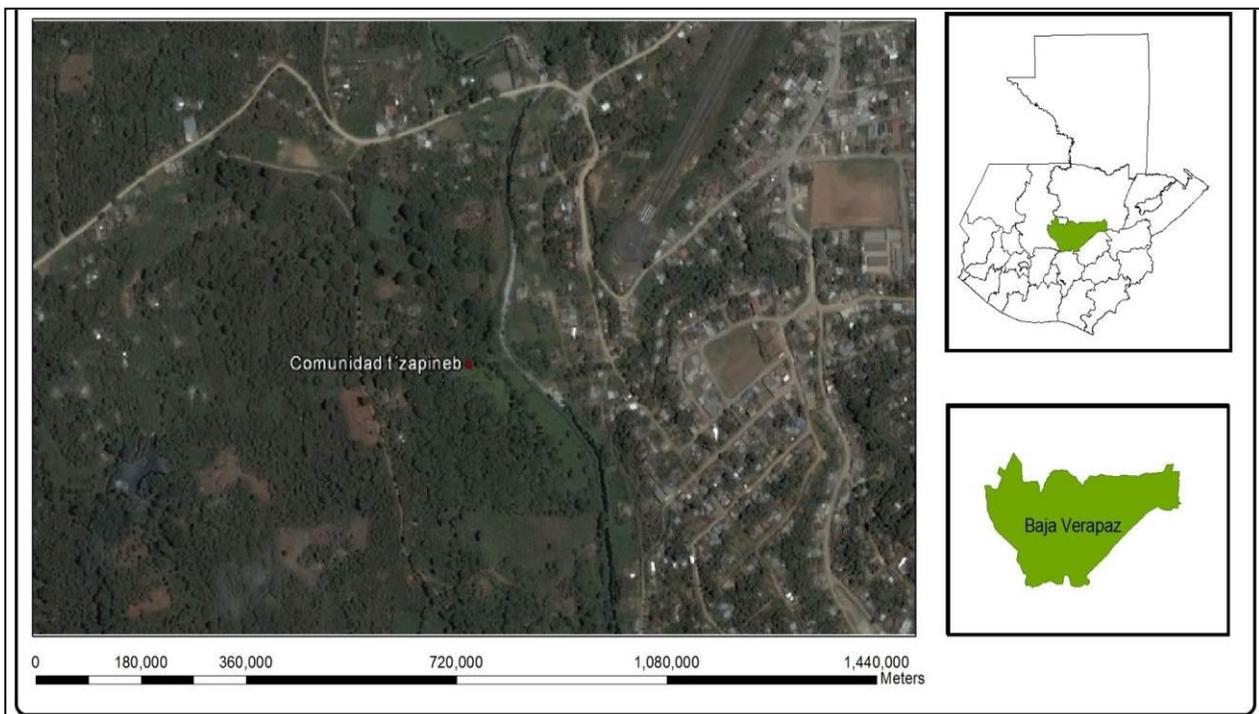


Figura 01 Mapa de localización de proyecto de investigación

Fuente: trabajo de campo 2013

El municipio de Cobán es cabecera municipal y departamental de Alta Verapaz. Cuenta con una extensión territorial de 2,132 km², y es el municipio con mayor extensión

territorial de los 15 que conforman el departamento de Alta Verapaz. Colinda al norte con el municipio de Chiséc, al este con San Pedro Carchá y San Juan Chamelco, al oeste con Uspantán y Chicamán (ambos en Quiché) y San Cristóbal Verapaz y al sur con los municipios de Tactic, Santa Cruz Verapaz y Tamahú. (Itzul, 2009)

6.1.1. Centro experimental de desarrollo del proyecto.

Las instalaciones del “Proyecto piloto de seguridad alimentaria de explotación comercial de tilapia en comunidades rurales de Guatemala”, auspiciado por la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo AECID y el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, fueron la sede del proyecto de investigación. Dicho proyecto contó con 6 estanques, tres de ellos encontrados en condiciones de intemperie, mientras que los otros tres se encontraron en condiciones de invernadero, siendo influenciados directamente por el abastecimiento de agua proveniente del sistema solar térmico.

En dicho lugar fue determinada la viabilidad técnica del proyecto en cuanto a conversiones alimenticias, sobrevivencia, crecimiento y utilización de oxigenación controlada con energía solar.

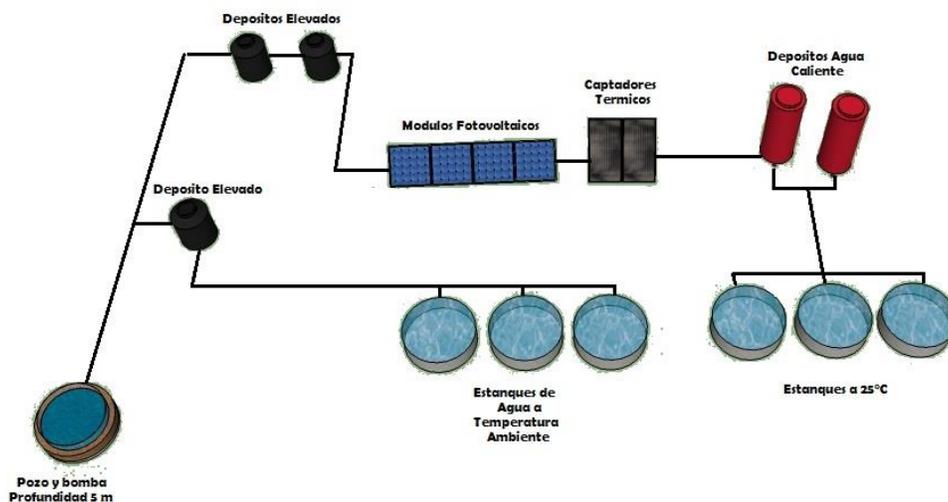


Figura 02 Esquema de distribución de la sede del proyecto de investigación.
Fuente: trabajo de campo 2013

La investigación se dividió en 5 fases, como se describe en el siguiente esquema metodológico.

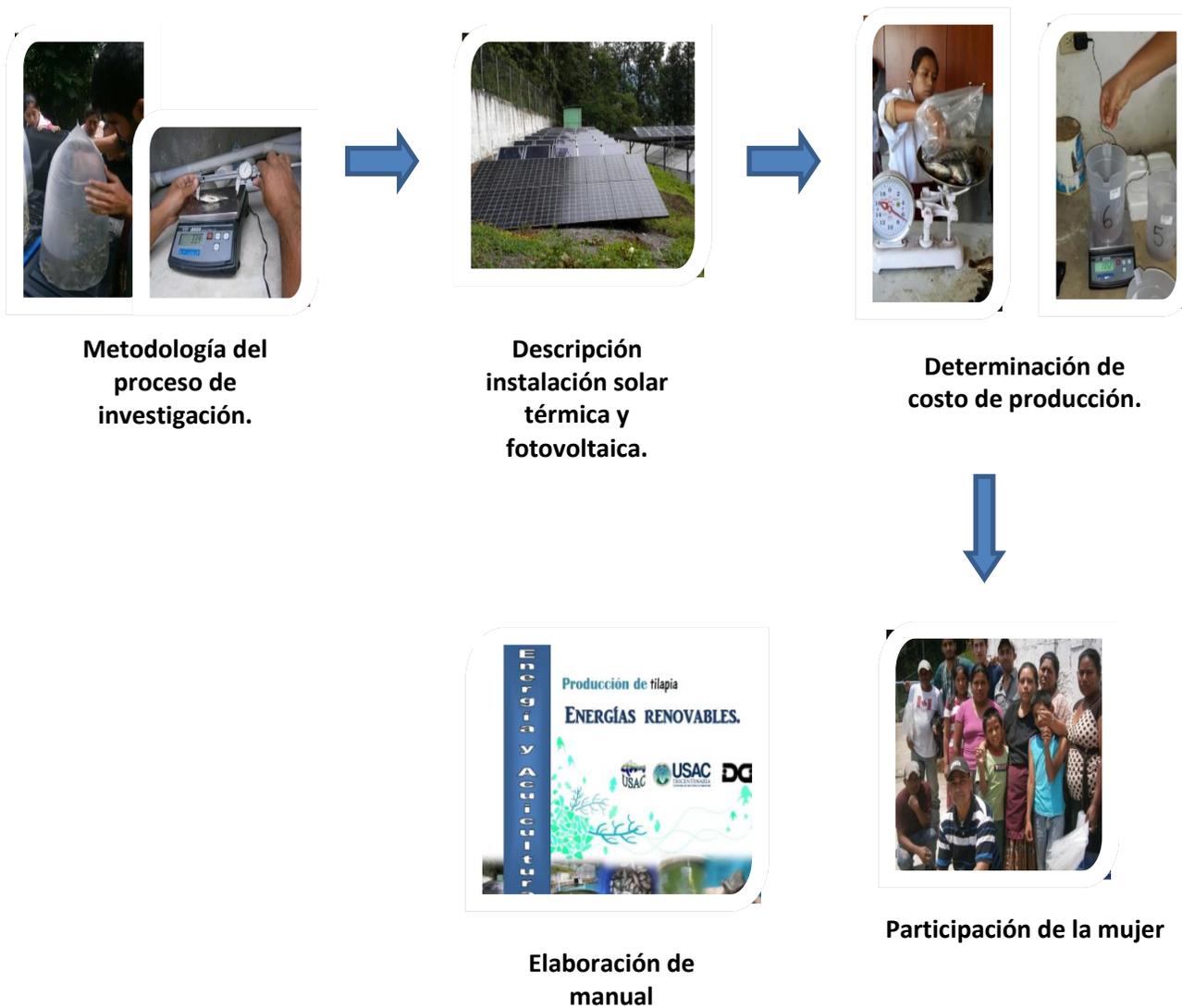


Figura 03. Metodología utilizada para la ejecución del proyecto de investigación

Fuente: trabajo de campo 2013

6.2. Método, técnicas y procedimientos e instrumentos.

El proyecto constó de 5 fases generales, compuestas por actividades las cuales fueron realizadas para poder lograr los objetivos que se plantearon al inicio de la investigación.

A continuación se hace una descripción de cada una de las fases de la investigación.

6.2.1. Descripción metodológica del proceso de investigación (acuícola y térmico)

En la figura 04 se observan las instalaciones que fueron utilizadas para la investigación y que permitieron someter a experimentación las variables temperatura y crecimiento de los organismos.



Figura 04. Planta piloto donada por AECID.

Fuente: trabajo de campo 2013

La planta piloto actualmente consta de: sistema de bombeo principal, tanque de acumulación, tanques de cultivo, tanque de recepción, sistema de calentamiento de agua, equipos solares (módulos fotovoltaicos, baterías, regulador, inversor), tuberías, válvulas y accesorios y equipo auxiliar de aireación. El sistema de cultivo seleccionado para la investigación fue el semi-intensivo de tilapia, introduciendo alevines, aportados por el CEMA, con un peso inicial de 3 gr, en densidades de 400 alevines/tanque o 20 organismos por m³. Con un total de 6 estanques y 2400 alevines.



Figura 05. Sistema de aireación.

Fuente: trabajo de campo 2013)

El cultivo se realizó en tanques de cemento de 19.8 m³, con un sistema de bombeo y de aireación accionado por energía solar fotovoltaica que cubrió las necesidades de renovación y oxigenación del agua. El tratamiento testigo consistió en 3 tanques de cultivo a temperatura ambiente con un promedio de 23°C, y el tratamiento a evaluar estuvo formado por 3 tanques de cultivo a temperatura regulada con un promedio de 25°C.



Figura 06. Estanques de producción de tilapia

Fuente: trabajo de campo 2013

Posteriormente se sembraron alevines de tilapia *O. nilótica*, de 1 mes de edad, se sembraron los alevines en los seis estanques simultáneamente. Se dio periódicamente un suministro de alimento a los organismos de tilapia, consistente en un concentrado comercial y las formulaciones se variaron de acuerdo a las diferentes etapas de cultivo.

Tabla 01. Cuadro de evaluación de comportamiento de temperatura.

Datos de Temperatura					
Fecha	No. Estanque	06:00 a.m.	12:00 p.m.	05:00 p.m.	Sistema
	Estanque 1				Sistema Agua Fria.
	Estanque 2				
	Estanque 3				
	Estanque 4				Sistema Agua Caliente
	Estanque 5				
	Estanque 6				

Fuente: trabajo de campo 2013

Durante el cultivo se registraron todos los datos, según lo establecido en el monitoreo realizado cada 15 días, ejerciendo para el mismo buenas prácticas operativas tanto en el manejo del cultivo como en el suministro de la alimentación, con el fin de causar el menos estrés posible a los organismos monitoreados. Las variables que se monitorearon en la experimentación piloto fueron: temperatura en los 10 primeros cm

de la columna de agua, biomasa, biometría (largo total, altura, ancho y peso del pez), mortalidad, suministro de alimento, consumo energético.

Tabla 02. Cuadro toma de datos biométricos.

Sistema (Agua Fría /Caliente)				
Estanque No. ()				
No.	Largo total	Altura	Ancho	Peso

Fuente: trabajo de campo 2013

Para el análisis de los resultados se tomaron en cuenta los datos generados por el sistema testigo (agua a temperatura ambiente) y sistema de evaluación (agua caliente).

6.2.2. Descripción de instalación térmica existente

A continuación se realiza una descripción de los componentes que integran el sistema solar térmico ya existente, el cual fue parte del proyecto de investigación realizado.

Captadores solares, placa plana: los captadores térmicos de placa plana poseen una pequeña lámina cubierta de tinox el cual ayuda a la absorción de la radiación emitida por el sol. Este pertenece al circuito primario, en ellos circula un líquido llamado Glicol (Compuesto químico perteneciente al grupo de los dioles, siendo un líquido transparente, incoloro, ligeramente espeso) el cual es utilizado para el intercambio de calor ocurrido en los acumuladores. (Figura No. 07)

Acumuladores de 1500 litros: en ellos es acumulada el agua que será utilizada para el aporte en los estanques, realizando el aporte de calor por parte del circuito primario. (Figura No. 08.)

Centralita: centro de control para regulación de la temperatura que se desea acumular y distribuir hacia los estanques acuícolas, mide las temperaturas tanto en captadores como en acumuladores y estanques, activan y desactivan bombas según el aporte de calor que se tiene. Esta activa las bombas del circuito primario cuando se alcanzan temperaturas de 45°C y detiene la circulación cuando en los acumuladores se alcanza la temperatura adecuada para ser distribuida hacia los estanques.

Tubería de cobre: es utilizada tubería de cobre debido a que puede contener el calor proveniente del agua que circula por ella, evitando pérdidas de calor, haciendo más eficiente el sistema.

Válvulas de seguridad: una válvula de seguridad es una válvula de relevo de presión que es accionada por la presión estática que entra en la válvula, y cuyo accionamiento se caracteriza por una rápida apertura audible o disparo súbito. Sus principales aplicaciones son en el manejo de vapor de agua o aire.

Vaso de expansión: debido a que en el circuito primario es generada una presión como consecuencia del calentamiento del agua, sabiendo que el agua aumenta tres veces su volumen, es utilizado un vaso de expansión el cual se encarga de absorber las dilataciones del agua en las instalaciones de agua caliente sanitaria. Cuando crece la presión en la instalación debido a la dilatación del fluido caloportador (aumento de temperatura), el fluido sobrante entra en el vaso y empuja la membrana. El gas se comprime, evitando variaciones de presión.

Intercambiador de placas: intercambia el calor generado en el circuito primario y posteriormente lo transmite al circuito secundario, evita el contacto directo entre el glicol circulante en los captadores y el agua que será consumida, acumulada en los tanques de 1,500 litros.

Aislamiento de poliuretano: este es colocado para evitar las pérdidas de calor, posteriormente es cubierto por una pintura de caucho blanco para evitar la penetración de los rayos ultra violetas.

Finalidad: calentamiento de 3000 litros de agua para abastecimiento de tres estanques de la producción acuícola.



Figura 07. Captadores Térmicos.

Fuente: trabajo de campo 2013



Figura 08. Acumuladores de AC (Agua Caliente)

Fuente: trabajo de campo 2013

6.2.3. Determinación de costos de producción.

Los costos fueron calculados tomando en cuenta los insumos directos de producción, entiéndase: concentrado, consumo energético (térmico y fotovoltaico), alevines, personal de campo directo a la producción. Esto se relacionó con los ingresos provenientes de las ventas de tilapia según precio de mercado.

6.2.4. Participación de la mujer

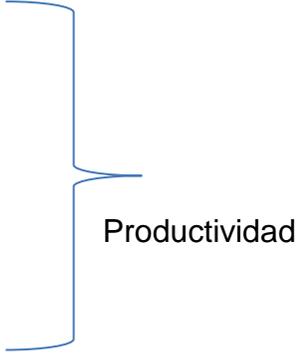
Durante el desarrollo de la investigación, se realizaron capacitaciones y se llevó a cabo el involucramiento del grupo de mujeres organizado en la comunidad Tzapineb, cuya

finalidad fue la búsqueda del empoderamiento del proyecto y que las mujeres de la comunidad fueran capaces de darle seguimiento y mantener los ciclos de producción para beneficio nutricional y comercial.

6.2.5. Elaboración de Manual

Se cuenta con un manual de procesos que contribuirá al desarrollo tecnológico de productos hidrobiológicos con energía renovable. Será distribuido luego de su reproducción, para su difusión entre los productores, docentes, estudiantes e instituciones involucradas. Esto ayudará a replicar de proyectos productivos en diferentes comunidades de zonas frías y rurales de Guatemala.

6.3. Definición de las variables

- ▶ Variable independiente: Temperatura
 - ▶ Variable dependientes:
 - Viabilidad técnica
 - Sobrevivencia (%).
 - Talla (cm)
 - Peso (gr)
 - Conversión alimenticia (proporción)
 - Viabilidad económica
 - Costos de producción (Q.)
- 
- Productividad

6.3.1. Parámetros a evaluar:

Durante la investigación fueron evaluados los parámetros de T^a , Oxígeno disuelto y biométricos.

6.3.2. Hipótesis estadística:

Hipótesis nula: media de tratamiento=media del testigo

Hipótesis alternativa: media de tratamiento \neq media del testigo

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Determinación de la viabilidad del proyecto: conversión alimenticia, sobrevivencia, biomasa y talla final del cultivo de tilapia con temperatura y oxígeno controlado con energía solar.

7.1.1. Conversión alimenticia.

La tasa de conversión alimenticia es de suma importancia en un proyecto de producción acuícola, puesto que indica cuanto alimento hemos suministrado por ganancia de peso del organismo, ayudándonos a determinar el costo de producción.

Para poder determinar la tasa de conversión alimenticia contamos con el dato de alimento suministrado y el peso ganado por los organismos durante el periodo de cultivo.

La ganancia de peso de los organismos por tratamiento aparece en la tabla no. 03. Se observa que la mayor ganancia de peso entre los dos sistemas se obtuvo en el sistema testigo de agua fría con 140 gr, teniendo una diferencia de 13 gramos en comparación con el mayor dato de ganancia de peso registrado en el sistema de evaluación agua caliente, que corresponde a 127 gramos. Sin embargo, no hubo diferencia estadística entre la media de los dos sistemas, dado por un estadístico $t=0.5764 < \text{Valor crítico de } t=2.7764$

Peso ganado individual = peso promedio final – peso promedio inicial

Tabla 03. Peso ganado de los organismos de tilapia *Oreochromis niloticus* durante el cultivo.

Tratamiento agua fría. (testigo)				
Estanque	Peso promedio inicial (gr)	Peso promedio final (gr)	Formula	Peso ganado (g)
Estanque 1	2 gr	117.10 gr	<i>Peso ganado = (117.10 - 2)</i>	115.1 g
Estanque 2	2 gr	110.34	<i>Peso ganado = (110.34 - 2)</i>	108.34 g
Estanque 3	2 gr	143.13	<i>Peso ganado = (143.3 - 2)</i>	141.3 g
\bar{x}				121.58
Tratamiento agua caliente				
Estanque	Organismos Inicial	Peso promedio final (gr)	Formula	Peso ganado (g)
Estanque 4	2 gr	114.42	<i>Peso ganado = (114.42 - 2)</i>	112.42 g

Estanque 5	2 gr	124.13	<i>Peso ganado = (124.13 - 2)</i>	122.13 g
Estanque 6	2 gr	130	<i>Peso ganado = (130 - 2)</i>	128 g
Ķ				120.85

Fuente: trabajo de campo 2013

*ciclo de cultivo 206 días.

La ganancia de peso de los organismos se calculó en base a la siguiente ecuación.

$$\text{Tasa de conversión alimenticia} = \left(\frac{\text{alimento ofrecido en libras}}{\text{peso ganado}} \right)$$

Tabla 04 Conversión alimenticia tratamiento de agua fría.

Tratamiento agua fría. (testigo)				
Estanque	Alimento Ofrecido en kg	Peso ganado en kg	Formula	FCA
Estanque 1	103.8	52.31	$FCA = \left(\frac{103.8}{52.31} \right)$	1.98
Estanque 2	111.88	49.24	$FCA = \left(\frac{111.88}{49.24} \right)$	2.27
Estanque 3	106.55	64.09	$FCA = \left(\frac{106.55}{64.09} \right)$	1.66
Ķ				1.97

Fuente: trabajo de campo 2013

Tabla 05 Factor de conversión alimenticia tratamiento de agua caliente.

Tratamiento agua caliente.				
Estanque	Alimento Ofrecido en kg	Peso ganado en kg	Formula	FCA
Estanque 4	109.68	51.1	$FCA = \left(\frac{109.68}{51.1} \right)$	2.14
Estanque 5	113.31	55.51	$FCA = \left(\frac{113.31}{55.51} \right)$	2.04
Estanque 6	108.72	58.18	$FCA = \left(\frac{108.72}{58.18} \right)$	1.86
			\bar{x}	2.01

Fuente: trabajo de campo 2013

*ciclo de cultivo 206 días.

Los mejores resultados del factor de conversión alimenticia corresponden al sistema de evaluación agua caliente. Al realizar un prueba de t, se puede establecer que no existen diferencias entre los dos tratamientos por lo que, la diferencia de temperatura no influyó en el FCA. Ver tabla 5,6 establecido por un estadístico $t=0.3096 < \text{Valor crítico de } t=2.7764$

7.1.2. Supervivencia.

El porcentaje de supervivencia de los organismos de tilapia durante el periodo de cultivo, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{supervivencia} = \left(\frac{\text{número de organismos final}}{\text{numero de organismos inicial}} \right) * 100$$

La tabla no. 06 muestra los resultados consolidados en cuanto a ganancia en peso (g), conversión alimenticia y supervivencia durante el periodo de cultivo, siendo separados estos por tratamientos.

Tabla 06 Consolidado de resultados de los tratamientos evaluados.

Sistema testigo (agua fría)				Sistema de evaluación (agua caliente)			
Estanque	Ganancia en peso (g)	Conversión alimenticia.	Sobrevivencia. (%)	Estanque	Ganancia en peso (g)	Conversión alimenticia.	Sobrevivencia. (%)
Estanque1	115.1	1.98	82.5	Estanque4	112.42	2.14	62.5
Estanque 2	108.34	2.27	64	Estanque5	122.13	2.04	80.5
Estanque 3	141.3	1.66	78.75	Estanque6	128	1.86	61.5
Promedio	121.58	1.97	75.08	Promedio	120.85	2.0	68.16

Fuente: trabajo de campo 2013

*ciclo de cultivo de 206 días

El cuadro no. 8 muestra que la relación ganancia en peso entre tratamientos es igual a 0.73g el cual no es significativo estadísticamente, de la misma manera la relación de conversión alimenticia en los dos tratamientos es de 0.03 no mostrando significancia en la investigación.

7.1.3. Biomasa y talla final de tilapia con temperatura controlada con energía solar.

7.1.3.1. Crecimiento de los organismos de *O. niloticus* a lo largo del tiempo.

Se observó incremento de la temperatura en forma permanente y estable en los estanques bajo invernadero, sin embargo se considera que dicha diferencia no es la suficiente como para causar una diferencia estadística en el crecimiento de la tilapia.

Como puede apreciarse en la figura No 09 y tabla No 07, el crecimiento de los organismos en peso (g) no mostró diferencia estadística significativa, $t=1.1372 <$ valor crítico de $t=2.1788$. El peso fue independiente del sistema de cultivo a lo largo de los 206 días.

Tabla 07. Comportamiento estadístico del crecimiento en peso (g) de los organismos *O. niloticus* a lo largo del tiempo.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>peso sistema frío</i>	<i>peso sistema caliente</i>
Media	61.84153846	59.75846154
Varianza	1253.777597	1186.770631
Observaciones	13	13
Coeficiente de correlación de Pearson	0.982497652	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	1.137202629	
P(T<=t) una cola	0.138825984	
Valor crítico de t (una cola)	1.782287556	
P(T<=t) dos colas	0.277651968	
Valor crítico de t (dos colas)	2.17881283	

Fuente: trabajo de campo 2013

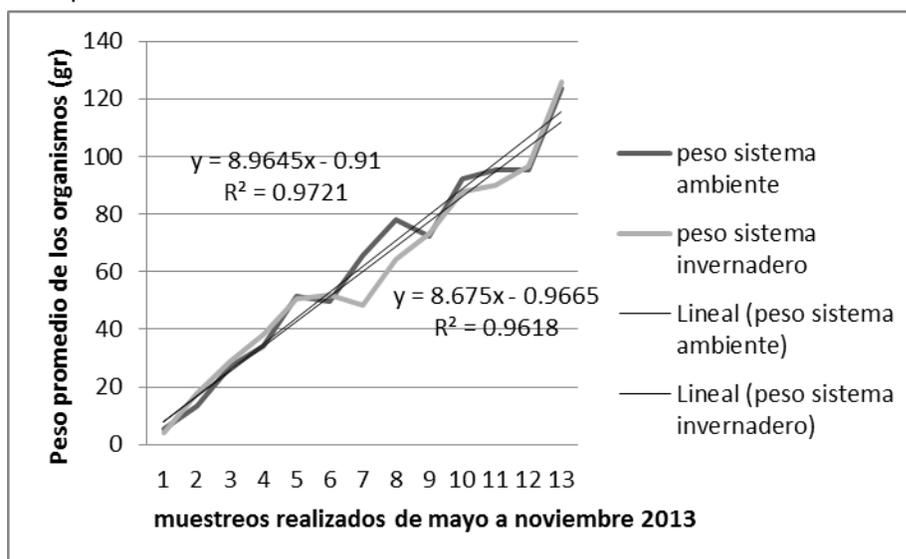


Figura 09. Comportamiento del peso de los individuos en gramos durante los 206 días de cultivo comprendidos del 14 de mayo al 14 de noviembre 2013.

Fuente: trabajo de campo 2013

Se realizó el análisis de muestras emparejadas (α 0.95), encontrándose que el peso de los organismos es independiente del sistema de cultivo a lo largo del tiempo. Se esperaba que los organismos crecieran mejor en el sistema testigo de agua caliente, y los resultados muestran que no existe diferencia significativa.

7.1.3.2. Longitud de los organismos de *O. niloticus* al final del periodo de cultivo.

La tabla no.8, no hubo diferencia estadística en la longitud de los organismos al final del período de cultivo dado que el estadístico $t = -.8998 <$ que el valor crítico $t = 1.9802$.

Tabla 8. Comportamiento estadístico de la longitud total de los organismos de *O. niloticus*, al final de 206 días de cultivo.

	<i>longitud estanques agua fría</i>	<i>longitud estanques en invernadero</i>
Media	18.33166667	18.74666667
Varianza	6.783556497	5.977446328
Observaciones	60	60
Varianza agrupada	6.380501412	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	118	
Estadístico t	-0.899873203	
P(T<=t) una cola	0.185010254	
Valor crítico de t (una cola)	1.657869522	
P(T<=t) dos colas	0.370020509	
Valor crítico de t (dos colas)	1.980272249	

Fuente: trabajo de campo 2013

Se considera que no hubo diferencia estadística en la longitud total de los organismos al final del período evaluado.

7.1.3.3. Altura de los organismos de *O. niloticus* al final del periodo de cultivo.

La altura de los organismos fue estadísticamente igual en ambos sistemas de cultivo, dado que el estadístico $t = -0.6217 <$ que el valor crítico $t = 1.9802$ (ver tabla 9).

Tabla 9. Comportamiento estadístico de la altura de los organismos *O. niloticus*, al final de 206 días de cultivo.

	<i>altura de los organismos de agua fría</i>	<i>altura de los organismos en invernadero</i>
Media	6.55	6.675
Varianza	1.530677966	0.894788136
Observaciones	60	60
Varianza agrupada	1.212733051	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	118	
Estadístico t	-0.621710259	
P(T<=t) una cola	0.267665862	
Valor crítico de t (una cola)	1.657869522	
P(T<=t) dos colas	0.535331724	
Valor crítico de t (dos colas)	1.980272249	

Fuente: trabajo de campo 2013

Se considera que no hubo diferencia estadística en la altura total de los organismos que crecieron en sistema testigo agua fría comparados con los organismos que crecieron en el sistema de evaluación con agua caliente.

7.1.3.4. Ancho de los organismos de *O. niloticus* al final del período de cultivo

El ancho de los organismos fue independiente del sistema de cultivo, dado que el estadístico $t = 0.0536 <$ que el valor crítico $t = 1.9802$ (ver tabla 10).

Tabla 10. Comportamiento estadístico del ancho de los organismos de *O. niloticus*, al final de los 206 días de cultivo.

	<i>ancho de organismos de agua fría</i>	<i>ancho de organismos en invernadero</i>
Media	2.533226667	2.521966

Varianza	2.439190237	0.2034764
Observaciones	60	60
Varianza agrupada	1.321333319	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	118	
Estadístico t	0.05365603	
P(T<=t) una cola	0.478649975	
Valor crítico de t (una cola)	1.657869522	
P(T<=t) dos colas	0.95729995	
Valor crítico de t (dos colas)	1.980272249	

Fuente: trabajo de campo 2013

7.1.3.5. Peso de los organismos de *O. niloticus* al final del período de cultivo.

El estadístico $t = 0.3158 <$ que el valor crítico $t = 1.9802$, demuestra que no hubo diferencia significativa entre el tratamiento y el testigo, en relación al peso promedio de los organismos.

Tabla 11. Comportamiento estadístico del peso de *O. niloticus*, al final de 206 días de cultivo.

	<i>peso de organismos en sistema testigo</i>	<i>peso organismos en sistema a evaluar</i>
Media	130.1166667	127.0666667
Varianza	3678.450565	1915.453107
Observaciones	60	60
Varianza agrupada	2796.951836	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	118	
Estadístico t	0.315876977	
P(T<=t) una cola	0.376326956	
Valor crítico de t (una cola)	1.657869522	
P(T<=t) dos colas	0.752653911	
Valor crítico de t (dos colas)	1.980272249	

Fuente: trabajo de campo 2013

7.1.3.6. Comportamiento de la temperatura del sistema a lo largo del período de cultivo, meses mayo – agosto 2013.

La temperatura en el sistema testigo mostro una media mensual por debajo de 3°C en comparación con el sistema evaluado.

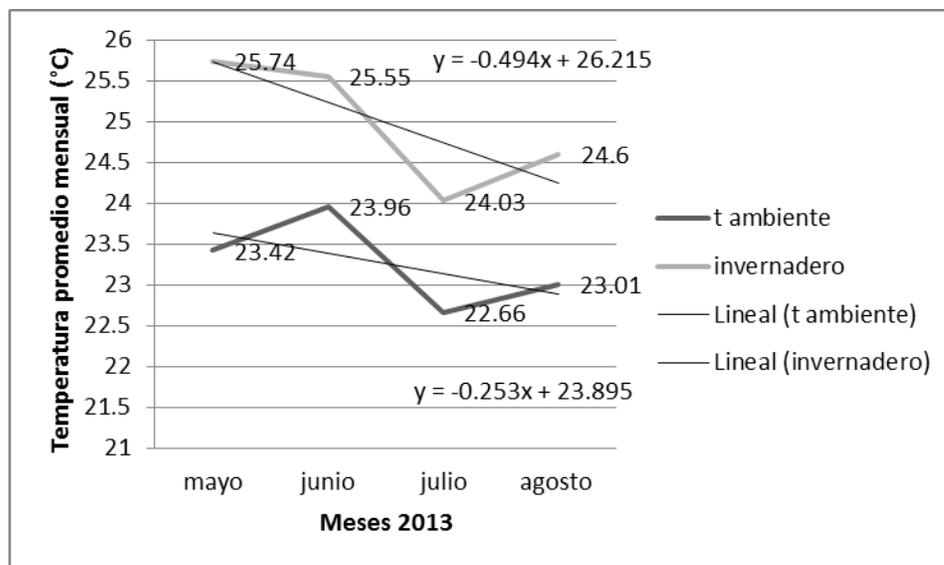


Figura 10. Comportamiento de la temperatura promedio en los sistemas evaluados, mayo - agosto 2013.

Fuente: trabajo de campo 2013

Promedio de la temperatura del tratamiento a evaluar fue de 25°C, mientras que el tratamiento testigo corresponde a un promedio de temperatura de 23°C

Por otra parte el comportamiento de los datos mostraron diferencia estadística a lo largo del tiempo dado por un estadístico $t = -8.2803 >$ valor crítico $t = 3.1824$.

Después de analizar el comportamiento de los datos se observa que la temperatura del agua en los estanques depende de la época del año y que la media observada en el ambiente es estadísticamente diferente de la observada en los estanques bajo invernadero.

7.2. Determinación de los costos

Durante el periodo de investigación el cultivo fue asistido con el uso de las energías renovables, haciendo uso de los siguientes:

Energía solar Fotovoltaica

- Blower para inyección de oxígeno al agua dentro de los estanques.
- Bomba de agua para el abastecimiento de la misma hacia los estanques, permitiendo hacer recambios periódicos de agua.

Energía Solar Térmica

- Para calentamiento de agua.

Se realizó el cálculo del consumo energético de dichos componentes con el fin de poder cuantificar la energía utilizada tanto para aireación, bombeo y calentamiento de agua. Comparando la energía convencional con la energía solar.

7.2.1. Consumo energético de Blower

7.2.1.1. Cálculo del consumo en Kwh/día

$$Kwh = \frac{hp * 746 w * h}{1000}$$

$$Kwh = \frac{0.5 * 746 w * 12}{1000}$$

$$Kwh = \frac{4,476 w}{1000}$$

$$Kwh = 4.476 \text{ kwh/d}$$

7.2.1.2. Coste del consumo energético durante el periodo de cultivo.

Se determinó el coste de la energía consumida por el blower en el proyecto durante el periodo de cultivo, si este hiciera uso de la energía convencional, tomando en cuenta que el precio del kwh es de Q 2.22. y que el periodo de ejecución del proyecto es de 206 días.

$$\text{Coste de energia consumida.} = (\text{kwh dia} * \text{Precio Kwh}) * \text{dias de cultivo}$$

$$\text{Coste} = (4.476 \text{ kwh dia} * \text{Q } 2.22) * 206 \text{ dias de cultivo}$$

$$\text{Coste} = \text{Q } 2,046.96 \text{ durante el periodo de cultivo.}$$

7.2.2. Consumo energético de bomba hidráulica.

7.2.2.1. Cálculo de consumo en Kwh

$$Kwh = \frac{hp * 746 w * h}{1000}$$

$$Kwh = \frac{3 * 746 w * 8}{1000}$$

$$Kwh = \frac{17,904 w}{1000}$$

$$Kwh = 17.90 \text{ kwh/d}$$

7.2.2.2. Coste durante el cultivo (206 días)

Se determinó el coste de la energía consumida por la bomba en el proyecto durante el periodo de cultivo. Se calculó la energía convencional, tomando en cuenta que el precio del kwh es de Q 2.22. y que el periodo de ejecución del proyecto es de 206 días.

$$\text{Coste de energía consumida.} = (\text{kwh dia} * \text{Precio Kwh}) * \text{dias de cultivo}$$

$$\text{Coste} = (17.90 \text{ kwh dia} * \text{Q } 2.22) * 206 \text{ dias de cultivo}$$

$$\text{Coste} = \text{Q } 8,186.028 \text{ durante el periodo de cultivo.}$$

7.2.3. Coste total de producción de *O. niloticus*.

Para poder conocer si el proyecto fue económicamente rentable se calcularon todos aquellos costos variables incurridos durante la producción, posteriormente se realizó el cálculo del aporte obtenido a través de la venta del producto final, con el fin de poder establecer las utilidades que el proyecto tuvo al finalizar el ciclo de producción, siendo este expresado en porcentaje.

Cabe mencionar que se ha incluido el costo que tendría abastecer de agua al proyecto de investigación y proporcionar aireación a cada uno de los estanques que conforma el mismo utilizando energía convencional, si bien se ha mencionado el proyecto de investigación es totalmente aislado. No se tiene acceso en el lugar al sistema eléctrico nacional, por tal motivo las energías renovables juegan un papel importante en dicho proceso de producción. Se incluyó en el análisis económico el coste que habría que incurrir por bombeo y aireación.

Tabla 12. Cuadro de análisis económico de ingresos/egresos del proyecto de producción de tilapia.

Descripción	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Ingreso por ventas				
Venta de tilapia	Libras	Q 15.00	468.13	Q 7,021.96

Costos Fijos				
Sueldo Jornalero.				Q 1200.00
Total C.F				Q 1,200.00
Costos Variables				
Alevines de tilapia	Unidad	Q 0.50	2,400	Q 1,200.00
Alimento 42% L2	Saco 50 Libras	Q 295.75	2.5	Q 739.37
Alimento 38%	Saco 50 Libras	Q 208.5	20.5	Q 4,274.25
Alimento 32%	Saco 100 Libras	Q 332.5	2.8	Q 931
Transporte de Alevines				Q 475.00
Total C.V				Q 7,919.62
Costos fijos si no hubiera energía solar				
Aireación	Kwh/Día	Q 9.934	206	(2,046.4)
Bombeo	Kwh/Día	Q 39.738	206	(8,186.02)
Total C.F. (S.E.R).				Q 10,232.4
Costos totales				Q 9,119.62
Venta / beneficio energía solar				Q 17,254.35
Ganancia				Q 8,134.73
Porcentaje de ganancia				47 %

Fuente: trabajo de campo 2013

El cuadro 13 muestra una comparación económica haciendo uso de la energía convencional versus la utilización de la energía renovable, durante el periodo de cultivo. El hacer uso de la energía eléctrica de la red para bombeo y oxigenación repercute en la rentabilidad del proyecto causándonos un déficit, mientras que el uso de la energía solar favorece al ciclo del cultivo, obteniendo una ganancia del 47%.

Tabla 13. Comparación económica haciendo uso de energía convencional versus uso de energía renovable en el proyecto de investigación durante período de cultivo.

Utilizando energía convencional para bombeo y aireación.		Utilizando energía solar para bombeo y aireación.	
Ventas	Q 7,021.96	Ventas	Q 7,021.96
Costos fijos	(Q 1,200.00)	Costos fijos	(Q 1,200.00)
Costos variables	(Q 7,919.62)	Costos variables	(Q 7,919.62)

Costos energía bombeo y aireación.	(Q 10,232.4)	Costos energía bombeo y aireación.	Q 10,232.4
Déficit.	-12,330.06	Ganancia	Q 8,134.73

Fuente: trabajo de campo 2013

7.3. Estimular la producción y cultivo de tilapia en zonas frías de Guatemala, utilizando energías renovables, mediante la participación de la mujer en diferentes actividades del proyecto.

En virtud de que no se mostró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, no se pudo establecer el efecto positivo de la utilización de energías renovables en el crecimiento de la tilapia en zonas frías, por lo que se abre la posibilidad de continuar investigando nuevas tecnologías que permitan mayor productividad.

Durante el periodo de la investigación se desarrollaron distintas actividades en donde se involucró la participación de la mujer e integrantes de la comunidad Tzapineb, con el fin de realizar el proyecto de manera participativa.

Las actividades realizadas por las personas de la comunidad consistieron en siembra y aclimatación de alevines, toma de datos de temperatura, suministro de alimento en distintas jornadas, recambios parciales y totales de agua, toma de datos biométricos (longitud total, ancho, alto y peso de los organismos) y cosecha (Figuras 11, 12, 13).

Es importante mencionar que al inicio la organización de la comunidad era débil. Después de la capacitación de empoderamiento, se logró mayor participación de las mujeres.



Figura 11 Siembra y aclimatación de alevines de tilapia.

Fuente: trabajo de campo 2013.



Figura 12 Suministro de alimento por parte de mujeres de la comunidad.

Fuente: trabajo de campo 2013



Figura 13 Cosecha del cultivo de tilapia.

Fuente: trabajo de campo 2013



Figura 14 Capacitación del funcionamiento del proyecto de investigación.

Fuente: trabajo de campo 2013

7.4. Manual de cultivo de tilapia utilizando energía renovable que contribuya al desarrollo tecnológico.

El manual “Energía y Acuicultura” (figura 15) está diseñado a través de la experiencia adquirida durante la elaboración del proyecto de investigación. Se pretende que dicho manual constituya una referencia útil para la comunidad de Tzapineb, Cobán, en programas de cultivo de tilapia, principalmente para darle uso y mantenimiento al sistema de energía renovable que se encuentra instalado en la estación experimental.

Dicho manual se encuentra escrito en un lenguaje simplificado, en forma de historieta, haciéndola de esta manera dinámica para el lector. Contienen información que puede ser útil para cualquier persona que se inicie en el uso de las energías renovables, está especialmente diseñado para ayudar a los comunitarios de Tzapineb a desarrollar y reforzar los conocimientos en las energías renovables y la producción de tilapia.

El manual está formado de dos partes: a) Acuicultura, b) Energías renovables.



Figura No. 15 Manual Energía y Acuicultura.

Fuente: trabajo de campo 2013

El manual ofrece información y definiciones sobre la acuicultura, las energías renovables y como estas fueron aplicadas en un proyecto de investigación. Toma en cuenta que el al cual está dirigido, no es experto en el tema, pero si podrá adquirir un amplio panorama de la acuicultura y la energía solar.

VIII. CONCLUSIONES

- No existe diferencia significativa ($\alpha 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El leve aumento de temperatura no influyo en el crecimiento, conversión alimenticia, biomasa y talla final de los organismos.
- Los costos de inversión inicial para generar energía térmica, para elevar la temperatura del agua y mejorar la producción de tilapia en zonas frías, no resulta rentable, por los costos fijos elevados que conlleva la instalación del sistema.
- No se desarrolló un sistema tecnológico que permita difundir el cultivo de la tilapia en zonas frías de Guatemala, utilizando energías renovables.

- No se desarrolló un sistema tecnológico que permita difundir el cultivo de la tilapia en zonas frías de Guatemala, utilizando energías renovables.
- La producción de tilapia es técnicamente viable utilizando energía solar para bombeo, aireación e iluminación en zonas aisladas.
- Las mujeres de la comunidad mostraron aceptación y participación en el desarrollo del proyecto.
- Se cuenta con un manual del cultivo de la tilapia, para el proyecto utilizando energías renovables.

IX. RECOMENDACIONES

- Mantener la temperatura del sistema regulado a través de la inyección de agua caliente que no permita un cambio brusco de temperatura mayor de 5°C.
- Al suministrar agua caliente generada a través de la energía térmica solar, debe inyectarse en la parte inferior del estanque para garantizar que no se establezca gradiente térmico.
- Aumentar la capacidad de producción de agua caliente en el sistema para lograr incrementar la temperatura en los estanques a un mínimo de 28°C.

- No se obtuvo información concluyente, sobre la producción de tilapia en zonas frías, por lo que se recomienda continuar investigando en esta línea de trabajo.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Bolaños, R. (18 de enero de 2012). Actualizan plan de generación de energía del país. Prensa Libre. Sección de Economía. Recuperada de www.prensalibre.com/economia/Actualizanplangeneracion_0_629937009.html
2. FAO (2005). *Cultured Aquatic Species Information Programme Oreochromis niloticus. Programa de información de especies acuáticas*. Texto de Rakocy, J.E. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. Roma. 2008-2012. Recuperada de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es
3. Fundación MAPFRE (2007). *Guía de uso industrial y comunitario de energías renovables*. España. 224p.

4. Fundación Solar (2007). *Memoria de Labores*. Guatemala. Recuperada de <http://www.fundacionsolar.org.gt>
5. García J., García, X., Linares, P., Santos, F. & Ramos, A. (2006) *Renovables 100%: Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica*. Recuperada de http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/informe-renovables-100-cap-t.pdf
6. Itzul, G. (2009). *Informe individual de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- sobre “Comercialización (producción de café y Proyecto: Producción de Ajo” municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz*. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0729_v18.pdf
7. Jiménez, R., García, P., González, M., Oliva, M. García, J. Castro, A., Fernández, M. & Campos, A. (2011). *Aplicación de la energía solar a la acuicultura continental en áreas frías y aisladas*. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz, España. Departamento de Biología Celular, Universidad de Cádiz, España. Centro de Estudios Marinos y Acuicultura, Universidad de San Carlos, Guatemala. Desarrollo Agrario y Pesquero, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Cádiz, España. Departamento de I+D+i, Grupo IGFOTON, Cádiz, España. 7 pp.
8. MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2005). *Promoción de las energías renovables en Guatemala*. Recuperada de <http://www.mem.gob.gt>
9. MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2005). *Proyectos de energías renovables en Guatemala*. Recuperada de <http://www.mem.gob.gt>

10. MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2003). *Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable*. Recuperada de <http://www.mem.gob.gt>
11. MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2005). *Dirección General de Energía. Situación del subsector eléctrico*. Recuperada en <http://www.mem.gob.gt>
12. MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2007). *Política Energética y Minera 2008-2015*. Recuperada de <http://www.mem.gob.gt>
13. Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperada de <http://www.un.org>
14. Unión Europea, Ministerio de Energía y Minas. (2006). *Programa Euro Solar*. Recuperada en <http://www.mem.gob.gt>
15. Universidad de Calgary, MEM: Ministerio de Energía y Minas, GT. (2005). *Programa OLADE proyectos potenciales con energía renovable*. Recuperada en <http://www.mem.gob.gt>

XI. ANEXOS



Anexos 01 y 02. Apertura del proyecto de investigación.



Anexo 03. Participación de autoridades de DIGI y Facultad de Veterinaria.


Evaluación del crecimiento de tilapia en un sistema semi-intensivo, utilizando energía renovable (solar térmica y fotovoltaica), para mejorar las condiciones de calidad del agua en zonas frías rurales de Guatemala.


"PRIMERA FASE DE INVESTIGACIÓN"
 2013







DIGI
 -III- -CEMA-
 Coordinador
 M. Sc. Adrian Mauricio Castro López
 Investigadores
 Lic. Julio Fernando García Vargas, Alva Judith Montiel Montenegro
 Tec. Jose Roberto Portillo Pumay, Comunitario Víctor Cac.

Anexo 04. Manta vinílica del proyecto de investigación, utilizada para la apertura del mismo en la comunidad Tzapineb, Cobán, Alta Verapaz.



Anexo 05. Materiales para la elaboración del sistema de aireación.



Anexo 06. Colocación de tubería



Anexo 07 y 08. Colocación de mangueras para sistema de aireación.



Anexo 09. Colocación del blower



Anexo 10. Limpieza de estanques.



Anexo 11. Traslado de Alevines para la siembra.



Anexos 12 y 13. Aclimatación de alevines y posterior liberación.



Anexo 14. Comunidad Tzapineb.



Anexo 15. Calibrando el equipo a utilizar.



Anexo 16. Revisando el timer.



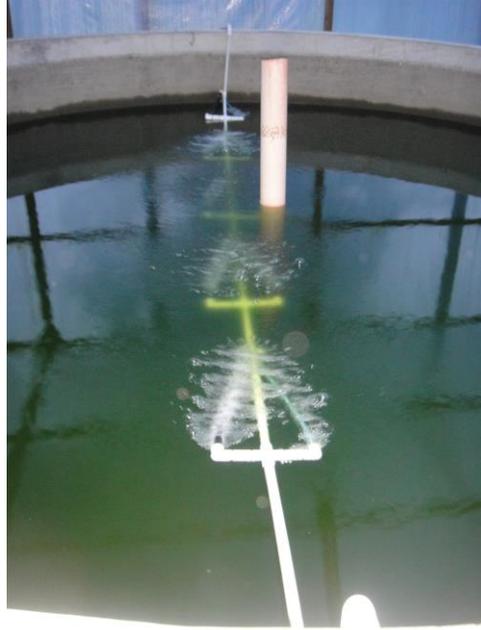
Anexo 17. Toma de parámetros de calidad de agua en los estanques del proyecto.



Anexo 18. Muestreo de Alevines de tilapia.



Anexo 19. Muestreo de organismos en estanques del proyecto.



Anexo 20. Oxigenación en los estanques de cultivo.



Anexo 21. Peso de la nueva ración de alimento.



Anexo 22. Muestreo de Alevines de tilapia.



Anexo 23. Alevines de tilapia.



Anexo 24. Llenado del circuito primario del sistema Térmico



Anexo 25. Presentación de avances ante autoridades de DIGI



Anexo 26. Muestreo de Alevines de tilapia.



Anexo 27. Muestreo de Alevines de tilapia.



Anexo 28. Pesado de una tilapia durante el muestreo.



Anexo 29. Recambio de agua de uno de los estanques del invernadero.



Anexo 30. Limpieza e inventario del equipo presente en laboratorio experimental.



Anexo 31. Limpieza e inventario del equipo presente en laboratorio experimental.



Anexo 32. Supervisión del funcionamiento de la iluminación del proyecto.



Anexo 33. Cosecha en estanques de cultivo de tilapia.



Anexo 34. Limpieza y eviscerado de organismos posterior a la cosecha.



Anexo 35. Pesado de organismos posterior a limpieza y eviscerado.