



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO
INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA

GESTIÓN DEL AGUA EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN LOS VALLES
CENTRALES DE OAXACA BAJO UN ENFOQUE SOLIDARIO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO

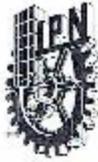
PRESENTA:

NATHALI MARTÍNEZ SALAZAR

DIRECTORES:

M. C. Graciela E. González Pérez
Dr. Rodolfo B. de los Santos Romero

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca de Juárez, Diciembre 2018.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 14:00 horas del día 30 del mes de octubre del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada: Gestión del agua en unidades de producción acuícola en los Valles Centrales de Oaxaca bajo un enfoque solidario

Presentada por el alumno:

Martínez
Apellido paterno
Nombre(s) Nathali

Salazar
Apellido materno

Con registro:

A	1	7	0	2	2	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


M. en C. Graciela Eugenia
González Pérez


Dr. Rodolfo Benigno de los Santos
Romero


Dr. Salvador Isidro Belmonte
Jiménez


M. en A. Laura Lourdes Gómez
Hernández


M. en C. María de los Ángeles
Ladrón de Guevara Torres



PRESENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez

COMISIÓN INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR
UNIDAD OAXACA
IPN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca, el día 5 del mes diciembre del año 2018, el (la) que suscribe Nathali Martínez Salazar alumno (a) del Programa de Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario con número de registro A170220, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la M. en C. Graciela Eugenia González Pérez y Dr. Rodolfo Benigno de los Santos Romero, y cede los derechos del trabajo intitulado "Gestión del agua en unidades de producción acuícola en los Valles Centrales de Oaxaca bajo un enfoque solidario", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección natymtzs84@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Nathali Martínez Salazar

Nombre y firma



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme emprender este viaje, porque con su bendición, eh logrado cumplir un sueño más que hoy se convierte en meta, gracias Señor.

A mi esposo, por acompañarme durante este trayecto, apoyarme e involucrarse en el trabajo de campo, por gran amor.

A mis hijas Scarlett y Aranza por su amor y paciencia en este viaje del saber que emprendimos juntas, las amo y todo lo que hago es por ustedes mis peques, son mi fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita bondad y bendición que me ha acompañado a lo largo de mi vida, por poner en mi camino personas maravillosas.

A mi hermosa familia por la paciencia que tuvieron en esos días difíciles mientras realizaba el proyecto, son mi mayor bendición, gracias por existir.

A mis padres, porque su gran confianza en mí y en que seré capaz de lograr lo que me proponga, gracias mamá por estar a mi lado siempre que te he necesitado, porque sin tu apoyo todo hubiese sido más difícil. A ti papá porque de ti aprendí que si se quiere se puede, que el miedo esta solo en mi mente, que el deseo de lograr mis sueños debe ser más grande que el miedo a fallar.

A mis hermanas compañeras de viaje, por sus palabras de aliento, su confianza y preocupación por mí.

A las instituciones que me cobijaron durante estos dos años para la realización de este proyecto académico.

Al Dr. Rodolfo porque ha sido un gran maestro y amigo, por involucrarse tanto en el proyecto, es gratificante trabajar con personas como él, que confían en uno y que cuando los ánimos decrecen siempre tiene una palabra de aliento, gracias por su confianza en mí.

A la M. C. Graciela, gracias por aceptar trabajar conmigo, formar parte de este equipo, su gran amistad y su apoyo en todo momento, porque siempre confío en mí y en el deseo de aportar algo más que solo un papel.

A la M. A. Laura por apoyarme cuando más lo necesite.

A los acuacultores que con entusiasmo decidieron embarcarse en esta aventura.

RESUMEN.

El agua como recurso natural renovable, es fundamental para la vida humana y para los procesos de producción. Pero ante la contaminación y la sobre explotación por encima de su capacidad de recarga, se ha convertido en un recurso escaso. Derivado de la problemática por la reducción del recurso hídrico a nivel mundial, y la sobreexplotación de acuíferos, los acuicultores conscientes de la huella ecológica que causan los grandes volúmenes de agua que utilizan en las Unidades de Producción Acuícola (UPA'S), están interesados en alternativas que contribuyan a la reciprocidad ambiental. El objetivo del presente proyecto es, evaluar el uso y manejo actual del agua en seis Unidades de Producción Acuícola mediante un diagnóstico participativo, e implementar un sistema de recirculación de agua que permita reciclarla mediante la remoción de sólidos disueltos, amonio, nitritos y nitratos de los tanques acuícolas. El estudio se llevó a cabo en dos etapas, una de campo realizada con los acuicultores mediante un trabajo colaborativo y la otra etapa de laboratorio donde se realizaron los experimentos para las pruebas de los filtros biológicos y químicos. Para la elaboración del diagnóstico se realizaron talleres participativos con los productores de las seis Unidades de Producción Acuícola en los Valles Centrales de Oaxaca, en los que se abordaron aspectos sobre la disponibilidad del recurso hídrico, aprovechamiento y volúmenes utilizados en las UPAS. Derivado del diagnóstico se eligió a la UPA "El Ejido" ubicada en el municipio de San Agustín Yatareni para el desarrollo e implementación del sistema de filtración de agua con la participación de representantes de las unidades antes mencionadas. Los resultados del diagnóstico indican como la principal problemática la falta de agua para la siembra de Tilapia, en lo referente a la investigación de laboratorio se obtiene que el filtro biológico *Azolla caroliniana* es eficiente en la asimilación de nitrogenados, con respecto a los filtros químicos probados la Zeolita presenta mejor eficiencia en la remoción de contaminantes por lo que el sistema de filtración de agua permite tratar y reutilizar el agua de desecho de los tanques. Con lo cual se pretende disminuir el gasto hídrico en la UPA, al incorporar solo el 10% de agua nueva que se pierde por evaporación, reduciendo la huella ecológica y contribuyendo así a la reciprocidad ambiental.

Palabras clave: agua, acuicultura, reciprocidad ambiental, compuestos nitrogenados.

SUMMARY.

Water as a renewable natural resource is fundamental for human life and for production processes. But in the face of pollution and overexploitation beyond its recharge capacity, it has become a scarce resource. Derived from the problem by the reduction of water resources worldwide, and the overexploitation of aquifers, farmers aware of the ecological footprint caused by the large volumes of water they use in the Aquaculture Production Units (UPA'S), are interested in alternatives that contribute to environmental reciprocity. The objective of this project is to evaluate the current use and management of water in six Aquaculture Production Units through a participatory diagnosis, and implement a water recirculation system that allows recycling through the removal of dissolved solids, ammonium, nitrites and nitrates aquaculture tanks. The study was carried out in two stages, one of field carried out with the aquaculturists through a collaborative work and the other stage of the laboratory where the experiments for the tests of the biological and chemical filters were carried out. For the elaboration of the diagnosis, participatory workshops were held with the producers of the six Aquaculture Production Units in the Central Valleys of Oaxaca, in which aspects about the availability of water resources, utilization and volumes used in the UPAS were addressed. As a result of the diagnosis, the UPA "El Ejido" located in the municipality of San Agustín Yatareni was chosen for the development and implementation of the water filtration system with the participation of representatives of the aforementioned units. The results of the diagnosis indicate that the main problem is the lack of water for seeding Tilapia. As regards laboratory research, it is obtained that the *Azolla caroliniana* biological filter is efficient in the assimilation of nitrogenous, with respect to the chemical filters tested. The Zeolite presents better efficiency in the removal of contaminants, so the water filtration system will allow to treat and reuse the waste water from the tanks. With this, it is intended to reduce water expenditure in the UPA, by incorporating only 10% of new water that is lost through evaporation, reducing the ecological footprint and thus contributing to environmental reciprocity.

Keywords: water, aquaculture, environmental reciprocity, nitrogen compounds.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	12
ANTECEDENTES.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN.....	20
Objetivo General.....	24
Objetivos específicos	24
MARCO TEÓRICO	25
LA ECONOMÍA SOLIDARIA Y SU PERCEPCIÓN EN LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA.....	26
SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA.....	29
Filtros biológicos.....	30
<i>Azolla caroliniana</i>	30
Filtros mecánicos.....	31
Filtros químicos.....	31
METODOLOGÍA.....	33
Macrolocalización.....	33
Valles Centrales de Oaxaca.....	33
PROCESO METODOLÓGICO.....	36
Fase 1. Diagnóstico de la disponibilidad, problemática, uso y aprovechamiento del agua en las UPA 'S.....	36
Fase 2. Documentación de la Planeación y Diseño del Sistema de Filtración.....	40
Fase 3. Implementación del sistema de filtración de agua.....	46
Fase 4. Validación participativa del sistema de filtración de agua.....	46
RESULTADOS.....	47
FASE 1. Diagnóstico de la disponibilidad, problemática, uso y aprovechamiento del agua en las UPA 'S (IAP).....	47
FASE 2. Planeación y diseño del sistema de filtración.....	53
Fase 3. Implementación del sistema de filtración de agua.....	60
Fase 4. Validación participativa del sistema de filtración de agua.....	61
DISCUSIONES.....	63
CONCLUSIONES.....	69

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA TESIS.70
ANEXOS.71
LITERATURA CONSULTADA.81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Estado de Oaxaca	33
Figura 2. Ubicación de las granjas acuícolas dentro de la región de Valles Centrales.	34
Figura 3. Proceso Metodológico utilizado.....	36
Figura 4. Esquema de la conformación del Diagnóstico Participativo.	37
Figura 5. Inoculación con amonio a 30 mg/L. Figura 5a. Experimento listo para arrancar.....	41
Figura 6. Experimento biológico montado con tres tratamientos.	42
Figura 7. Estructura del filtro químico para la remoción de contaminantes.....	44
Figura 8. Proceso para la elaboración de las curvas de calibración. Figura 8a. Titulación de la curva..	45
Figura 9. Estructura del filtro físico para la remoción de solidos disueltos.	45
Figura 10. Mapas de recursos naturales: a) granja el Danzante. B) granja el Mogote..	47
Figura 11. Línea del tiempo. Taller de Diagnostico participativo.....	48
Figura 12. Análisis FODA. Taller de Diagnostico participativo.	48
Figura 13. a) Fuentes de agua para la siembra de Tilapia..	49
Figura 14. Tipo de estructuras de los tanques acuícolas en las UPA'S.....	49
Figura 15. Periodo de recambio de agua en tanques acuícolas.....	50
Figura 16. Tanque de cosecha de la granja "Capitán Mojarra"	50
Figura 17. Grupo en sesión de trabajo, reunión mensual.	52
Figura 18. Asimilación final de NH_4 con tres densidades de Azolla caroliniana.....	53
Figura 19. Comportamiento de Azolla caroliniana asimilando NO_2	54
Figura 20. Asimilación de Nitratos..	54
Figura 21. Asimilación de amonio con Azolla caroliniana y cuatro tratamientos	56
Figura 22. Concentración final de Nitritos asimilados por Azolla.	57
Figura 23. Remoción final de amonio con los filtros químicos.....	58
Figura 24. Remoción de Nitritos con Arena silica, Carbón activado y Zeolita.....	59
Figura 25. Instalación del sistema de filtración de agua.	60
Figura 26. Exposición realizada a los acuicultores.	61
Figura 27. Acuicultores participando en la instalación del sistema de Filtración.	61
Figura 28. Medición de nitrogenados del agua expuesta al sistema de filtración.....	62
Figura 29. Resultados de la validación del sistema de filtración de agua.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Experimento instalado en campo para amonio.....	41
Cuadro 2. Diseño de la experimentación del filtro biológico con Nitrito y Nitrato.....	42
Cuadro 3. <i>Azolla caroliniana</i> experimento biológico.	43
Cuadro 4. <i>Azolla carolineana</i> montada para Nitritos.....	43
Cuadro 5. Experimento químico.....	44
Cuadro 6. Granjas acuícolas participantes en el proceso e instalación del sistema de filtración.....	47
Cuadro 7. Asimilación de amonio con <i>Azolla caroliniana</i>	55
Cuadro 8. Asimilación de amonio por <i>Azolla caroliniana</i> en horas.....	55
Cuadro 9. Asimilación de nitritos.	56
Cuadro 10. Asimilación media de nitritos por tratamiento en relación al tiempo.	57
Cuadro 11. Remoción de amonio.....	57
Cuadro 12. Remoción significativa en horas.	58
Cuadro 13. Remoción de nitritos.	58
Cuadro 14. Remoción de nitritos en horas con filtros químicos.	59

INTRODUCCIÓN

El control sobre el agua y el dominio de sus fuentes y cauces han sido uno de los grandes pilares de la civilización humana. Ha forzado a los hombres a agruparse, organizarse y someter las conductas individuales al interés de la colectividad (Quadri, 1999). Sin embargo, el mal uso ha generado la contaminación y la sobre explotación por encima de su capacidad de recarga, y se ha convertido en un recurso escaso. De ahí la importancia de identificar, validar y difundir aquellas formas de captación, almacenamiento, distribución, recuperación y conservación del agua que contribuyan a su uso racional, puesto que este recurso es un factor clave en los procesos de desarrollo rural y manejo de los recursos naturales en los ecosistemas. Es entonces que el valor del agua se vuelve mayor cuando, como factor de producción, influye en la seguridad alimentaria y la seguridad hídrica, a la vez que se convierte en el principal medio por el cual se manifiestan los impactos del cambio climático. No siempre se aplican en los países factores tales como: El manejo sostenible de los ecosistemas y la priorización de acciones en el uso adecuado, la recarga y preservación de los acuíferos, la reutilización del agua, y el uso óptimo cuando su disponibilidad es escasa, o el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y de distribución del agua (Martínez, 2013).

Para que una actividad sea sustentable, deben atenderse los aspectos ambientales, económicos y sociales. Las actividades asociadas a la acuicultura necesitan ser rentables, desde el punto de vista de un retorno adecuado de las inversiones, del desarrollo económico local o regional, de la generación de divisas por medio de exportación, pero sobre todo, desde la estrategia de seguridad alimentaria y alivio de la pobreza. Esta actividad debe promover el “bienestar social”, a través de la oferta de empleo y rentabilidad, de la creación de un ambiente agradable de trabajo, así como de la creación de oportunidades de desarrollo social en el entorno. Finalmente, debe contribuir a la preservación de los recursos naturales, tanto de aquellos existentes en el entorno y directamente utilizados por los emprendimientos individuales o polos de producción acuícola; como de aquellos empleados por otros emprendimientos de los que se dependa del agua (Kubitza, 2010).

Derivado de la escasez de agua que se vive hoy en día a nivel mundial, se prevé que en un futuro muy próximo existirá una reglamentación aún más estricta sobre su uso y la calidad de los efluentes en acuicultura. Hoy en día es un problema ya presente en todos los ámbitos de producción tanto acuícolas, forestales, agrícolas y pecuarios, es por ello que se ha visto la necesidad de implementar tecnologías y métodos de tratamiento de las aguas de desecho para su reutilización. Por lo tanto, los sistemas de producción basados en un uso mínimo de agua tendrán cada vez más importancia.

La sostenibilidad ecológica en acuicultura implica el análisis integral de la calidad y cantidad del agua, los nutrientes, el área utilizada y la energía empleada. La sostenibilidad económica acuícola incluye el aprovechamiento rentable, ingresos fiables, y productos aceptados por los consumidores. La sostenibilidad social tiene que ver con las oportunidades de empleo, las condiciones de los trabajadores (higiene, seguridad, formación, la justa remuneración al trabajo) y de los consumidores con la salud y cuestiones nutricionales del producto, además del desarrollo de valores prácticos como la tolerancia y el respeto, entre otros (Sustained Aqua, 2009).

De acuerdo con Kammerbauer (2001), hay algunos mandamientos simples de conducta para la dimensión ambiental de la sostenibilidad, algunos de ellos son: Minimizar el uso de recursos naturales no renovables y buscar fuentes y tecnologías de sustitución, la tasa de cosecha de recursos naturales renovables debe ser igual o menor a la tasa de recuperación y la producción de residuos debe ser menor que la capacidad de asimilación natural en su función de descomposición y reciclaje.

En seis Unidades de Producción Acuícola ubicadas en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, surge la necesidad y la inquietud por parte de los productores de buscar alternativas conjuntas para la reutilización del agua que desechan de sus tanques acuícolas, lo que contribuirá a minimizar su uso, a mejorar la producción y a la permanencia de las UPA'S.

El interés colectivo de los productores por buscar alternativas amigables con el medio ambiente contribuye a la integración del desarrollo solidario, el trabajo colaborativo entre productores de diferentes granjas, catedráticos de diferentes instituciones académicas así como técnicos especialistas en el tema para la búsqueda de un bien común es uno de los aportes importantes del proyecto, puesto que fortalece la solidaridad y el trabajo en equipo.

Por lo anterior, los objetivos de este proyecto fueron realizar un diagnóstico participativo para profundizar en la problemática sobre el uso y manejo del agua empleada para la producción acuícola; e implementar un sistema de filtración para depurar el agua residual, reutilizar gran parte del agua del sistema de producción y reducir su uso en una unidad de producción, con la finalidad de generar una propuesta tecnológica bajo un enfoque de manejo sustentable y solidario. La implementación del sistema se realizó en forma participativa con los productores de las seis unidades, quienes estuvieron presentes en todos los procesos.

ANTECEDENTES

En la actualidad la crisis mundial del agua, ha generado diversas estrategias que buscan contribuir a reducir el gasto hídrico ya sea desde la recarga de los mantos acuíferos, el tratamiento de las aguas residuales, captación de agua de lluvia hasta la concientización de la sociedad acerca de la importancia de la preservación del vital líquido.

La gestión del agua es todo un proceso donde influyen mecanismos institucionales, formales y no formales de cooperación y coordinación de actores estatales, sociales y privados sobre las cuencas hidrográficas, incluyendo los acuíferos, para administrar el agua en forma sustentable en cuanto a sus usos y el reconocimiento de los servicios ecosistémicos, para lograr el desarrollo sustentable del recurso hídrico en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos (LAN, 2004).

Los efectos de más de doscientos años de dominio del sistema capitalista basado en la explotación del trabajo, el consumo desenfrenado y la destrucción de la naturaleza, muestran la necesidad de construir 'otra economía' basada en una ética, es decir en un conjunto de valores sobre 'lo que está bien', que contemplen el bien común, la justicia social, la equidad, la reciprocidad, la reproducción ampliada de la vida, la corresponsabilidad entre las personas y el respeto por la naturaleza (Caracciolo y Foti, 2013).

En las últimas décadas, dentro del sector acuícola se han diseñado una serie de sistemas de producción para el cultivo de diversos organismos acuáticos, orientados a disminuir la utilización del agua y del espacio, aumentando considerablemente la densidad de cultivo (Timmons *et al.*, 2002 y Hargreaves 2006; citados en Monroy, 2013).

En sistemas de maricultura integrados, probados en Israel, se usaron microalgas como biofiltros y se demostró que con las correctas condiciones de luz y un bajo recambio de agua (2 cambios al día), se pueden desarrollar poblaciones densas de microalgas. Cuando agregan oxígeno disuelto

(OD) al agua capturan el CO₂, el NH₄ y los fosfatos con su biomasa alta en proteínas (Shpigel, 2007) lo que ayuda a controlar la cantidad de nitrogenados en las aguas de los tanques acuícolas.

La acuicultura de recirculación es esencialmente una tecnología para la cría de peces u otros organismos acuáticos mediante la reutilización del agua en la producción, es basada en el uso de filtros mecánicos y biológicos, y el método puede en principio ser utilizada para cualquier especie cultivada en acuicultura, como peces, camarones, almejas, entre otros (Bregnballe, 2015).

Los sistemas de recirculación de agua (SRA) se han implementado en Instituciones de Investigación como el Centro de Investigaciones Científicas e Educación Superior de Ensenada (CICESE) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en Baja California, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en La Paz, B.C.S., en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) entre otras. Adaptando la tecnología utilizada en otros países para su diseño y construcción a escala experimental o en algunos casos a escala piloto. Sin embargo, la apropiación de tecnología extranjera para su implementación en condiciones regionales, es un proceso que en ocasiones no es adecuado a las condiciones tecnológicas, sociales, económicas y políticas de una región. Por lo que el desarrollo y la transferencia de tecnología, debe partir de la experiencia local y de la participación de los usuarios en todas las etapas del proceso (Trasviña *et al.*, 2007).

En el estado de Morelos ya se cultivan comercialmente en SAR especies como el combatiente, *Betta splendens*; Gourami azul, *Trichogaster trichopterus*; pez cebra, *Brachydanio rerio*; pacú, *Piaractus mesopotamicus*; tetra negro, *Gymnocorymbus ternetzi*; barbo tigre, *Puntius tetrazona*; pez cola de espada, *Xiphophorus helleri* y guppy. No obstante sus ventajas sobre los sistemas tradicionales de cultivo, los SAR se emplean sólo de forma parcial en las unidades de producción del estado de Morelos, la causa principal es el costo del equipo y de su operación (Domínguez, 2012).

Cuando se implementan los SRA, el uso se puede optimizar, reutilizándola mediante el control de su calidad a través de la remoción de sólidos, de compuestos nitrogenados, y de la oxigenación en el sistema; para lo cual se utilizan unidades de aireación/oxigenación, remoción de partículas, biofiltración, regulación de pH, remoción de CO₂, desinfección y regulación de temperatura (García, Trasviña y Trujano, 2005).

El uso de biofiltros en aguas residuales utilizando plantas acuáticas como lecho filtrante presenta resultados favorables en la remoción de contaminantes como materia orgánica (DBO y DQO) y sólidos suspendidos, entre otros, reduciendo así el impacto que causa el vertido de las aguas residuales (Martelo y Borrero, 2012).

Para el diseño del sistema de filtración de agua, se debe considerar la capacidad de carga y la producción acuícola que se quiere obtener, lo cual dependerá también de la calidad y cantidad de agua disponible en la zona.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de unidades de producción acuícola se ha expandido aprovechando los recursos naturales; sin embargo, existen granjas carentes de infraestructura técnica básica, planteadas con escasa funcionalidad en el diseño y construcción, sin la previsión del abastecimiento y la calidad del agua, aun cuando estos son parámetros importantes de considerar. El abastecimiento del agua en la mayoría de las UPAS se obtiene de la extracción del agua del subsuelo y aguas superficiales, ya sea a través de pozos o agua corriente, estas fuentes de agua son consideradas de buena calidad para el desarrollo de cultivos acuícolas. Un problema latente es la disminución del recurso por los grandes volúmenes de agua utilizados en las granjas; aunado a esto, como respuesta al cambio climático la época de estiaje se ha ido incrementando, lo que pone en riesgo la producción.

La acuicultura, es relativamente una economía joven e innovadora con altas tasas de crecimiento y perspectivas de producción seguras. La demanda mundial de producción de pescado y marisco, es cada día mayor y el producto cada vez más insuficiente porque para su producción se requiere el uso de agua tan económico como sea posible, reusándola y eliminando a su vez, residuos que puedan afectar su crecimiento y desarrollo. Por otra parte, las demandas de legislación ambiental son también cada vez mayores, reduciendo con ello las posibilidades de producir en sistemas abiertos en los que no hay un adecuado control de las condiciones ambientales. En otras palabras, las granjas de peces ya existentes enfrentan la necesidad de encontrar sistemas de purificación de sus aguas residuales. Esto acelera el desarrollo de sistemas de producción intensivos, con sistemas del ahorro del agua para la producción, que no dependan de factores ambientales naturales, sobre todo en aquellas regiones donde el agua es aún más escasa (Hernández, Aguirre y López, 2009).

De acuerdo con la Universidad Autónoma Chapingo (2015), los principales problemas para la producción de peces en la región Valles Centrales del estado de Oaxaca, son los ocasionados por los fenómenos meteorológicos (principalmente frío) y los variantes volúmenes de agua, aunado

a los paquetes tecnológicos inadecuados. Derivado del diagnóstico participativo, como parte del presente proyecto, con las UPAS de Valles Centrales (“Capitán mojarra”, “El mogote”, “El danzante”, “Granja La Chilana”, “El pulpo” y “El ejido”) se identificó como la problemática principal a la escasez de agua debido a la disminución de los niveles en los pozos, escurrimientos superficiales y a la contaminación. Los responsables de las Unidades de Producción que tienen más años de estar funcionando exponen que a partir del año 2013 comenzó el problema, habiendo pérdidas en las siembras por la falta del vital líquido.

JUSTIFICACIÓN

La escasez de agua es un problema que aqueja a muchas regiones y personas en el mundo. Según UNESCO (2003), la tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de seis millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del siglo XXI con una grave crisis de agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis se agrava y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados.

La crisis del agua debe situarse en una perspectiva más amplia de solución de problemas y de resolución de conflictos. Tal como lo ha indicado la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (2002) «Erradicar la pobreza, cambiar los patrones de producción y consumo insostenibles y proteger y administrar los recursos naturales del desarrollo social y económico constituyen los objetivos primordiales y la exigencia esencial de un desarrollo sostenible».

Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado, lo que va a tener graves consecuencias, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salada (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

La desigual disponibilidad del agua en el territorio nacional, la dinámica poblacional, el desarrollo de las actividades económicas, asentamientos desordenados, la degradación de las cuencas, la sobreexplotación de los acuíferos y los efectos del cambio climático que se reflejan en sequías e inundaciones más intensas en ciertas regiones del país, entre otros aspectos, constituyen la problemática principal que enfrenta el sector hídrico en México, cuya tendencia a futuro pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos hídricos (CONAGUA, 2012).

De acuerdo con González *et al.* (2011), el sistema hidrológico oaxaqueño es extenso y complejo por la gran cantidad de corrientes que lo componen; su aprovechamiento está dirigido a la generación de energía, a la agricultura y al uso domiciliario. En el Estado se encuentran ocho regiones hidrológicas que convergen al sur con el Océano Pacífico y el Golfo de Tehuantepec; al

oeste con el estado de Guerrero; al este con el estado de Chiapas; al norte con los estados de Puebla y Veracruz.

Los principales problemas que se identifican en el estado de Oaxaca son: Contaminación del agua y sobreexplotación de acuíferos, “el acuífero de Valles Centrales tiene una concesión superior a su capacidad, que es de 18 millones de metros cúbicos anuales, para extracción de agua” (González *et al.*, 2011).

La sociedad humana está creando conciencia sobre la limitación de los recursos hidrobiológicos, esto implica adecuar el uso del agua a las disponibilidades y necesidades existentes; esta debe ser una de las principales metas estratégicas en las políticas de administración del agua a largo plazo. Los esfuerzos productivos deben enfocarse en racionar el recurso en menores cantidades, implementar medidas que permitan su reutilización, así como desarrollar metodologías que permitan un máximo rendimiento (Bau, 1991).

En sus inicios, la acuicultura en México tenía la finalidad de combatir problemas de alimentación, y con el paso del tiempo se apegó a un modelo de producción capitalista, que al día de hoy ha influido en la práctica y el manejo mediante la intensificación productiva, ésta visión se caracterizó en que los recursos eran inagotables, bajo la idea de no dejar ningún cuerpo de agua en el país sin que no se tuviera la especie adecuada para explotarlo piscícolamente (Rosas, 1976 citado por Esquivel *et al.*, 2016).

La acuicultura contemporánea en México se ha actualizado creando la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS, 2007), y aunque fomenta un desarrollo sustentable, no define la sustentabilidad, y por lo tanto en la práctica la acuicultura se desarrolla bajo una especialización productiva que no contempla la sensibilidad ambiental. En realidad éste tipo de problemas no sólo se presentan en México, sino en todo el mundo.

El requerimiento más importante de un lugar para una instalación acuícola exitosa, es una fuente de agua de buena calidad, con suficiente capacidad para suministrar las necesidades iniciales y las ampliaciones futuras. Por esto es importante no perder de vista que el objetivo de un sistema de recirculación es minimizar el consumo de agua. Los dos recursos hídricos más utilizados en la acuicultura son las aguas subterráneas y las que suministra el municipio. Ambas tienen generalmente la calidad, cantidad y confiabilidad requerida, de manera que la selección entre ellas está basada en disponibilidad y economía (Sandoval y Espejo, 2013).

Los sistemas convencionales de producción piscícola empiezan a descender principalmente por la necesidad de grandes cantidades de agua cada vez más escasa, aumento de la contaminación de los afluentes de descargue, aumento del costo de los alimentos con gran desperdicio de los mismos, irregulares volúmenes de producción por unidad de área o volumen y otros factores ambientales adversos como sequías en grandes áreas del territorio. Por lo anterior, la búsqueda de nuevas posibilidades de producción piscícola que sean amigables con el ambiente, incluyentes socialmente y rentables son cada vez más apremiantes (Collazos-Lasso y Arias-Castellanos, 2015).

Entre estas posibilidades están los Sistemas de Recirculación de Agua; sin embargo, una limitante en el uso de estos sistemas en México es el costo y la adquisición de sus componentes y de los módulos de tratamiento, lo cual varía en función de la localidad donde se requieran implementar. Por lo tanto, es importante diseñar en México SRA acordes a las condiciones regionales que nos permitan maximizar la producción, con el menor capital de inversión (Losordo *et al.*, 1998).

De acuerdo con Arredondo (1996), el aprovechamiento racional de los recursos y la aplicación apropiada de modelos tecnológicos en la acuicultura pueden contribuir a mejorar la economía, y a la solución de los problemas sociales a nivel regional, siempre y cuando se permita el desarrollo sustentable y la implantación de una cultura ecológica productiva que mantenga un desarrollo armónico con la naturaleza. Mismos principios que integran aquellas actividades económicas solidarias, que tienen en cuenta a las personas, el medio ambiente y el desarrollo sostenible y sustentable, como referencia prioritaria, por encima de otros intereses (REAS, 2011).

Al disminuir el impacto sobre el recurso hídrico se genera una mejor calidad de vida atendiendo así la parte social, dichas acciones pueden contribuir a reducir el costo de producción al disminuir el consumo de agua, lo que se verá reflejado en la economía de la comunidad.

El sistema de filtración de agua es una acción urgente dentro de una UPA para poder continuar con las actividades diarias, puesto que coadyuva a la protección del recurso hídrico al volver a utilizar el agua de desecho de los tanques una vez que han pasado por un proceso de purificación. Se necesita la implementación de sistemas de filtración con materiales de la región, lo que evitará la acumulación de desechos o sustancias químicas contaminantes contribuyendo así a la reciprocidad ambiental y fomentando el uso eficiente del agua en beneficio de las familias de las cooperativas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Gestionar en unidades de producción acuícola de los Valles Centrales del estado de Oaxaca el recurso hídrico, mediante la consolidación de un grupo de productores e implementación de un sistema de filtración.

Objetivos específicos

- a) Realizar un diagnóstico y talleres participativos para conocer la disponibilidad, problemática, uso y aprovechamiento del agua en las seis unidades de producción acuícola.
- b) Documentar los procedimientos técnicos participativos de la experimentación del sistema de filtración para darlos a conocer a los productores de las unidades acuícolas de la región.
- c) Implementar un sistema de filtración para la reducción en el uso del agua contribuyendo a la sostenibilidad hídrica.
- d) Validar participativamente el Sistema de Filtración de agua.

MARCO TEÓRICO

La Ley de aguas nacionales (LAN, 2004) define a la gestión del agua como el proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable del recurso hídrico en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente.

Revisando el Plan Nacional de Desarrollo (2012-2018), de las cinco metas que plantea nos encontramos ubicados en la número IV. México prospero, que busca un crecimiento económico sostenible, en su estrategia de impulsar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país mediante líneas de acción como promover la tecnificación del riego y el uso del agua, impulsar practicas sustentables en las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola.

En el Plan Estatal de Desarrollo el proyecto está dentro del en el eje IV Oaxaca productivo e innovador, cuyo fin es potenciar el desarrollo de todos los sectores económicos a través del empleo y la inversión nacional e internacional.

Con base en el Plan Estatal de Desarrollo (2016-2022) la pesca y acuicultura son actividades prioritarias y estratégicas en la producción de alimentos para el estado de Oaxaca, el abasto de insumos para la industria, la aportación de divisas y la generación de empleos e ingresos en el medio rural. Sin embargo, estas dos importantes actividades económicas enfrentan obstáculos a nivel nacional que limitan su desarrollo, entre los más latentes, las políticas públicas inapropiadas; la falta de recursos financieros, públicos y privados, para las empresas rurales (organizaciones pesqueras y acuícolas, pescadores libres y acuicultores particulares) e industriales (empresarios locales y nacionales); un limitado acceso a los mercados nacionales e internacionales; y escasa y

distante investigación de los centros educativos o de estudios. En cuanto a la actividad acuícola, la inversión para el desarrollo de infraestructura y equipamiento para la producción primaria y transformación es escasa; existe también un déficit de recursos financieros y asistencia técnica que impulse la adopción de nuevas tecnologías o el desarrollo de investigaciones que ayuden a incrementar la producción, lo que genera un bajo nivel tecnológico de las Unidades de Producción Acuícolas (UPA).

Para el Plan Municipal de Desarrollo (2011-2013) las actividades primarias como agricultura, ganadería y acuicultura, cuentan con factibilidad en el municipio al disponer con importantes extensiones de tierra que no han sido urbanizadas, existencia de centros de investigación e instituciones de nivel superior como el CIIDIR y el ITVO, que pueden asesorar estas actividades y los recursos económicos para el desarrollo de proyectos de rescate a las actividades tradicionales de Xoxocotlán, brindando alternativas económicas a los ejidatarios y comuneros, evitando con esto la venta de terrenos y contribución a la urbanización.

LA ECONOMÍA SOLIDARIA Y SU PERCEPCIÓN EN LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

La economía social constituye un subsistema que actualmente no posee autonomía absoluta y está más o menos subordinado a la lógica del sistema capitalista, y que a diferencia de éste, prioriza la satisfacción de las necesidades de sus integrantes de acuerdo con parámetros culturalmente definidos en tiempo y lugar (Caracciolo y Foti, 2013).

La economía solidaria (ECOSOL), en el marco de la tradición de la economía social, pretende incorporar a la gestión de la actividad económica, los valores universales que deben regir la sociedad y las relaciones entre toda la ciudadanía: equidad, justicia, fraternidad económica, solidaridad social y democracia directa. Y en tanto que una nueva forma de producir, de consumir y de distribuir, se propone como una alternativa viable y sostenible para la satisfacción de las necesidades individuales y globales y aspira a consolidarse como un instrumento de transformación social (REAS, 2011).

La unidad de análisis de la economía social es una unidad económica que emplea una cierta dotación de recursos y el trabajo directo de sus integrantes (unidad económica basada en el trabajo productivo para el mercado), para producir determinados bienes y servicios ya sea a través de una forma organizativa unipersonal/familiar o asociativa/colectiva/comunitaria (y empleando una cierta dotación de recursos) con el objetivo de satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. Y el destino de la producción puede ser: i) intercambio en el mercado (monetario o no monetario), ii) reciprocidad (donaciones), y iii) autoabastecimiento familiar o comunitario (Caracciolo y Foti, 2013).

La colaboración es uno de los valores de la economía solidaria, una economía que pretende mejorar la relación de los seres humanos con la naturaleza en sus procesos de producción y relaciones en general. La ECOSOL propone una nueva forma de producir, de consumir y de distribuir, se plantea como una alternativa viable y sostenible para la satisfacción de las necesidades individuales y globales y aspira a consolidarse como un instrumento de transformación social (Barkin-Lemús, 2011).

De acuerdo con el mismo autor la economía solidaria cuenta con cinco principios fundamentales, que son los siguientes:

1. La autonomía.
2. La solidaridad.
3. Autosuficiencia.
4. Diversificación productiva.
5. La gestión sustentable de los recursos regionales.

Para REAS (2011), el trabajo es un elemento clave en la calidad de vida de las personas, de la comunidad y de las relaciones económicas entre la ciudadanía, los pueblos y los Estados. El autor sitúa la concepción del trabajo en un contexto social e institucional amplio de participación en la economía y en la comunidad, afirma la importancia de recuperar la dimensión social, política, económica y cultural del trabajo que permita el desarrollo de las capacidades de las personas, produciendo bienes y servicios, para satisfacer las verdaderas necesidades de la población (de los

productores primeramente, de nuestro entorno inmediato y de la comunidad en general). El trabajo en las UPAS es de suma importancia para el progreso de las mismas, además de verse como un estilo de vida y no como una obligación.

El principio de sostenibilidad ambiental en la carta de REAS (2011) marca lo siguiente:

“Consideramos que toda nuestra actividad productiva y económica está relacionada con la naturaleza, por ello nuestra alianza con ella y el reconocimiento de sus derechos es nuestro punto de partida. Creemos que nuestra buena relación con la naturaleza es una fuente de riqueza económica, y de buena salud para todos. De ahí la necesidad fundamental de integrar la sostenibilidad ambiental en todas nuestras acciones, evaluando nuestro impacto ambiental (huella ecológica) de manera permanente. Queremos reducir significativamente la huella ecológica humana en todas nuestras actividades, avanzando hacia formas sostenibles y equitativas de producción y consumo, y promoviendo una ética de la suficiencia y de la austeridad”.

De acuerdo con Daly (1992), el sistema económico actual considera que cada objetivo de la economía debe tener un elemento de política independiente, estos objetivos son la asignación para el cual su instrumento es el libre mercado, la distribución (su instrumento son los impuestos y los salarios) y la escala, es en este orden de importancia como se encuentran en la economía neoclásica. Sin embargo Daly (1992) propone que se reorganicen y se traten cada uno con un instrumento acorde al objetivo.

La escala (medio ambiente) como primer objetivo teniendo como instrumento “la investigación”, para que este objetivo sea saludable y sustentable. La distribución (personas) regido por un instrumento de economía social y pública la cual sea justa, equitativa e incluyente en su distribución. Con respecto a la asignación, espera que su instrumento “el libre mercado” sea eficiente, competitivo, rentable pero que sea el último objetivo en prioridad; es decir, que se revalore el medio ambiente y se trabaje acorde a estos objetivos lo que ayudará a mejorar la calidad de vida de las personas.

Si observamos este análisis. El proyecto propuesto forma parte de esta nueva visión, al resolver el problema de la escala, contribuyendo a un uso sustentable de los recursos naturales.

SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA.

Los sistemas acuícolas de recirculación son instalaciones en tierra que tienen por objetivo reducir las necesidades de agua y las emisiones de nutrientes al medio ambiente. En ellas el agua se recicla y reutiliza constantemente gracias a tratamientos mecánicos y biológicos. Entre las principales ventajas destacan el ahorro de agua y energía, el riguroso control de la calidad del agua, su bajo impacto ambiental, los altos niveles de bioseguridad y la facilidad en el control de los residuos en comparación con otros sistemas de producción. Como inconvenientes hay que destacar sus elevados costos (inversión inicial, costos operativos), la necesidad de realizar una gestión de explotación muy cuidadosa (mano de obra altamente calificada) y las dificultades en el tratamiento de enfermedades (Sustain Aqua, 2009).

Los residuos han sido tradicionalmente considerados como un problema, tanto para quien los genera como para la sociedad en general. Pero hoy en día que muchos productos naturales escasean, los residuos se han convertido en una fuente interesante de ciertas materias primas (Hidalgo *et al.*, 2014).

Según Martínez *et al.*, (2014). Diversos investigadores han sugerido que la inducción de microorganismos heterotróficos, en combinación con protocolos adecuados de aireación puede traer beneficios grandes a los sistemas de cultivo; no solamente desde el punto de vista de rentabilidad, sino en general también de sustentabilidad.

En un sistema típico de recirculación, diariamente debe cambiarse una pequeña cantidad de agua por nueva agua que ingresa al sistema, procediendo así al control de los nitratos (que se descartan) y reemplazando el agua que se pierde por evaporación y lavado de los filtros. Las opciones para ello son numerosas y se ejercen por medio de procesos de naturaleza física, química y biológica (Cárdenas, 2008).

Las ventajas de los sistemas de recirculación en acuicultura son:

- Reduce la transmisión y propagación de enfermedades.
- Disminuye en forma considerable los contaminantes al medio ambiente.
- Optimización en el uso de recursos, tales como agua, alimentos, energía, terrenos, personal, etc.
- Niveles más altos de factor de conversión alimenticia.
- Programación más eficiente en la producción.
- Se puede utilizar para los diferentes estadios en organismos acuáticos en agua dulce como en agua de mar, tanto en peces, crustáceos y moluscos (Jiménez, 2015).

Filtros biológicos.

Las plantas son usadas como filtros biológicos en la acuicultura, puesto que los metabolitos excretados al agua por los peces durante su cultivo son extraídos del agua por las plantas, haciendo el papel de purificadoras, la biofiltración es parte importante de un sistema de recirculación. Entre las plantas utilizadas como biofiltros están las microalgas y helechos

En muchas empresas acuícolas es común el uso de biofiltros para la biorremediación y reuso de los efluentes, estos biofiltros están normalmente basados en el uso de bacterias nitrificantes adheridas en diferentes tipos de sustratos, las cuales transforman nitrógeno amoniacal que es tóxico para peces y camarones, en nitratos, los cuales son inocuos a concentraciones relativamente altas (Yamashita *et al.*, 2011).

Azolla caroliniana.

Azolla es un helecho acuático de alta velocidad de crecimiento, desarrollándose en la superficie del agua; vive en simbiosis con el alga verde-azul *Anabaena azollae* (Castro, 2002), su uso potencial en bioremediación se basa en sus estrategias de sobrevivencia y proliferación en acuíferos contaminados (Uheda *et al.*, 1995).

Pertenece a un género de la familia *Azollaceae*, helechos criptógamos que flotan libremente. El nombre se deriva de las palabras griegas Azo (secar) y ollya (matar) lo que significa que al helecho lo destruye la sequía, por lo que debe permanecer siempre en lugares húmedos y con poca luminosidad. Presenta un corto tallo ramificado, con raíces que cuelgan hacia abajo en el agua. Cada hoja es bilobulada, el lóbulo superior contiene clorofila verde mientras que el lóbulo inferior es incoloro. Bajo ciertas condiciones, también existe un pigmento de antocianina, que le confiere al helecho un color entre rojizo y carmelita, coloración que puede estar asociada con la fertilización del reservorio acuático, contaminación o exceso de luz solar, prefiere lugares sombreados (Rivera *et al.*, 2017 citando a Peters *et al.*, 1982).

La *Azolla* sp. es usada como fertilizante, alimento para animales, biofiltros, concentración de nutrientes y metales pesados en distintas clases de aguas. El cultivo de *Azolla* es sencillo y de bajo costo, crece tanto en aguas limpias como en aguas con bajo nivel de contaminación.

Filtros mecánicos.

De acuerdo con Gali y Miguel (2007), los filtros mecánicos se utilizan para eliminar partículas en suspensión, estos emplean las diferencias en el tamaño de la partícula en solución, tales como los filtros de arena, los cuales consisten en una capa de arena o cualquier otro material particulado a través del cual se fuerza el paso del agua, quedando así atrapadas partículas muy grandes en los espacios entre grano y grano de arena. Los tamaños de partícula de arena varían de 0,02 a 2 mm. Sin embargo, si se reemplaza la arena por roca, carbón, grava o cualquier otro material, se extiende el tamaño de partículas hasta grandes dimensiones, se puede utilizar tierra de diatomeas, arcilla o materiales similares para reducir el tamaño de las partículas hasta micras.

Filtros químicos.

Según López *et al.* (2000), las zeolitas son aluminosilicatos naturales, especialmente sódicos y cálcicos, que también se producen artificialmente en grandes cantidades, con un elevado número de diferentes propiedades. Estas propiedades propician su utilización en diversos campos de muy

diversa naturaleza. Las variedades mineralógicas de mayor abundancia son clinoptilolita, heulandita, mordenita, chabacita y filipsita.

La estructura de las zeolitas está integrada por una red tridimensional surcada por una trama interna de poros y cavidades, y por dos unidades: la primaria y la secundaria es la más simple y consiste de un tetraedro de cuatro iones de oxígeno que rodean un ion central de sílice (Si) o aluminio (Al). La unidad primaria se enlaza entre sí para formar una estructura tridimensional en la que los iones de oxígeno que están en los vértices del tetraedro se comparten con otro tetraedro (Inifap, 2013).

Las zeolitas como materiales industriales se usan ampliamente en los países desarrollados como intercambiadores de iones, adsorbentes y catalizadores. Así, por su capacidad de intercambio iónico, las zeolitas naturales (clinoptilolita, mordenita, chabasita) pueden usarse para: 1) la reducción de la contaminación ambiental en las aguas residuales industriales y municipales; 2) el proceso de reducción de la dureza del agua; y, 3) el mejoramiento de la productividad agrícola, como fertilizantes (Jiménez, 2004).

La relevancia que está teniendo la instalación de unidades de producción acuícola ha provocado el tomar medidas para evitar contaminación descontrolada. Entre estas medidas está la disminución de la producción amónica proveniente tanto de la transformación proteínica de los residuos de dietas no consumidas, como de su contenido en las excreciones de los peces. Para reducirla en lo posible, se ha demostrado que la inclusión de zeolitas en dicho proceso es eficaz. Esta reducción proviene del aumento de digestibilidad, de la reducción metabólica de producción de amonio y de la adsorción intestinal del mismo (López *et al.*, 2000).

En particular, se ha sugerido su empleo en la acuicultura para mejorar la calidad del agua a través del intercambio de sus cationes mono y divalentes con desechos tóxicos, tales como el amonio, en sistemas de recirculación y de acuarios o en tanques para la transportación de peces para tratar los efluentes y obtener niveles aceptables de descarga y para mantener la calidad de agua apropiada en los estanques de engorde (Galindo *et al.*, 2006).

METODOLOGÍA

Macrolocalización.

El estado de Oaxaca (Fig. 1) se localiza en la porción sureste de la República Mexicana, ente los 15°39' y 18°42' de latitud norte y entre los 93°52' y 98°32' de longitud oeste. Limita al norte con Puebla y Veracruz, al sur con el océano Pacífico, al este con Chiapas y al oeste con el estado de Guerrero. Se encuentra a una altitud que varía del nivel del mar, hasta los 3,750. El sistema montañoso de Oaxaca está formado básicamente por la convergencia de la sierra Madre del Sur, la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Atravesada, formándose de esta manera un nudo o macizo montañoso. Su sistema hidrográfico está constituido por dos vertientes, la vertiente del golfo y la vertiente del pacifico (Fig. 1) (INAFED, 2016).



Figura 1. Ubicación del Estado de Oaxaca (INAFED, 2016).

Valles Centrales de Oaxaca.

Los Valles Centrales de Oaxaca (Fig. 2) tienen una extensión de 8 762.36 kilómetros cuadrados y representa el 9.2 por ciento de la superficie estatal. Limita al norte con las regiones de la Cañada y Sierra Norte; al oeste, con la Mixteca; al este y al sur, con la Sierra Sur. Se compone de siete distritos político-administrativos: Centro, Ejutla, Etlá, Ocotlán, Tlacolula, Zaachila y Zimatlán. Se distingue de las otras regiones por la dinámica interacción que existe entre la ciudad capital y las

comunidades campesinas, gracias a la cercanía geográfica y a la actividad comercial (Coronel, 2006).

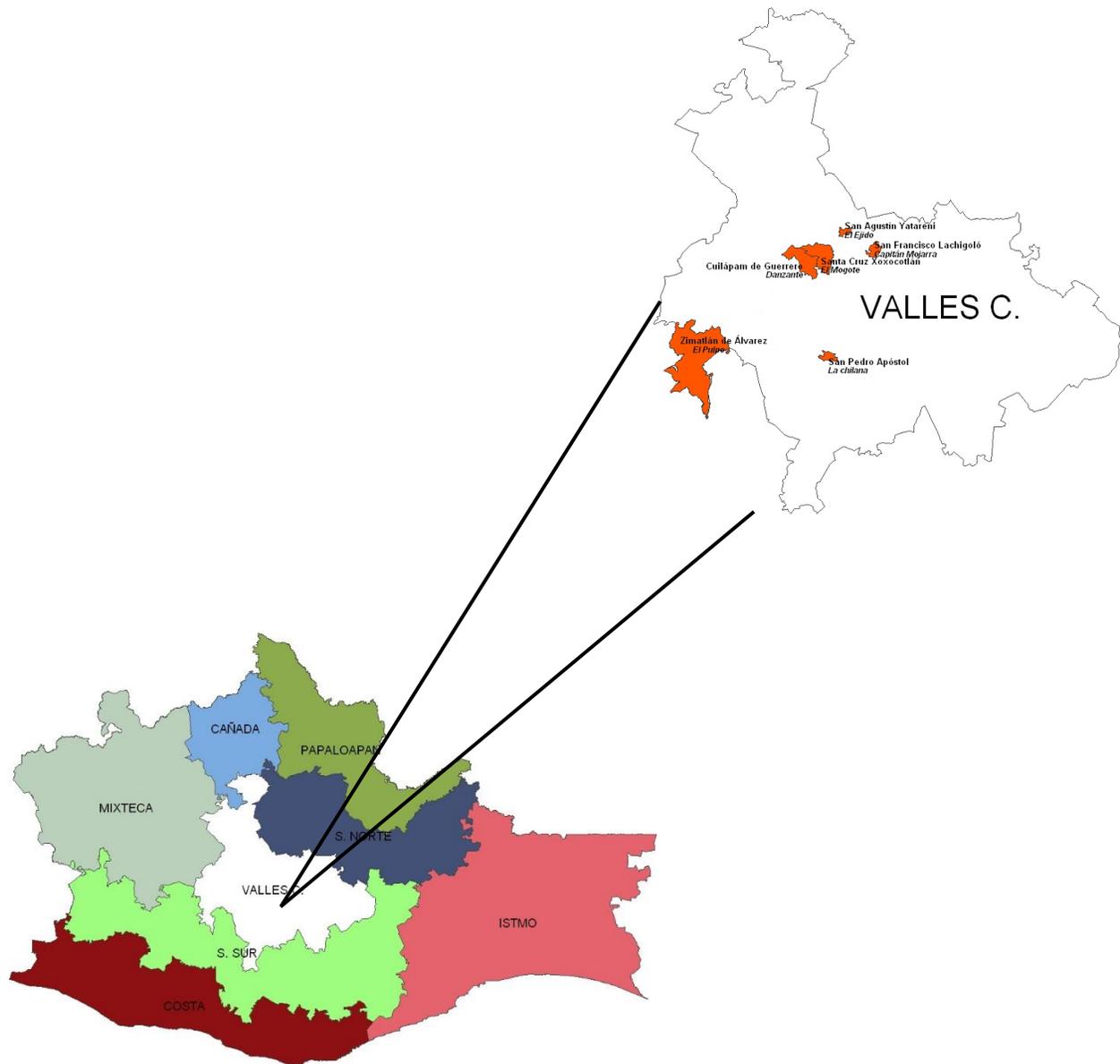


Figura 2. Ubicación de las granjas acuícolas dentro de la región de Valles Centrales.

La configuración geográfica de este territorio es variada: planicies aluviales con algunos lomeríos y montañas que alcanzan alturas de 2 050 metros. Las zonas con topografías suaves se ubican en el centro y están conformadas por tres valles menores: Etila, al noroeste; Tlacolula, al sureste, y Zaachila-Zimatlán-Ocotlán, al sur. Esta heterogeneidad condiciona la variedad de climas, desde los semicálidos subhúmedos en las planicies, con temperaturas promedio de 22 °C, hasta los

templados subhúmedos en las partes altas de la sierra, con temperaturas medias anuales de 19.5 °C (INEGI, 2004).

De acuerdo con Coronel Ortiz (2006), El río Atoyac, la vía fluvial más importante, atraviesa la región de norte a sur; sin embargo, su escaso caudal presenta un alto grado de contaminación a consecuencia de los residuos procedentes de la actividad agropecuaria y de los desechos que provienen de la ciudad de Oaxaca. Asimismo, cuenta con algunos otros ríos de pendientes suaves y poco caudalosos; varios son de temporal, como el Jalatlaco y el Seco. Los mantos freáticos han sido utilizados desde tiempos prehispánicos para el sistema de riego. No obstante, estos recursos son cada vez más escasos, a causa de la desmedida extracción del líquido para cubrir la demanda urbana, sobre todo del distrito Centro, donde se asienta la mayoría de la población de la zona.

PROCESO METODOLÓGICO.

Se utilizó el plan de intervención conformado por cuatro fases que se describen a continuación (Fig. 3):



Figura 3. Proceso Metodológico utilizado.

Fase 1. Diagnóstico de la disponibilidad, problemática, uso y aprovechamiento del agua en las UPA'S.

Esta fase que se puede determinar como “fase de campo”, comenzó con el acercamiento a los productores y a las unidades de producción acuícola de los Valles Centrales de Oaxaca a través de visitas. En todas se realizó la observación directa de las actividades que realizan en sus granjas y posteriormente, basado en el interés mostrado por los acuicultores, se les invitó para participar en el diagnóstico.

Se preparó el material para la realización del diagnóstico, buscando las herramientas metodológicas a utilizar así como la preparación de la logística del evento (fecha, lugar, materiales y herramientas, invitaciones, listas de asistencia). La metodología usada en los talleres

participativos se basó en Geilfus (2002). El diagnóstico participativo se llevó a cabo en dos módulos de cuatro horas cada uno, y en estos se aplicaron dos herramientas para diferentes fines (Fig. 4).

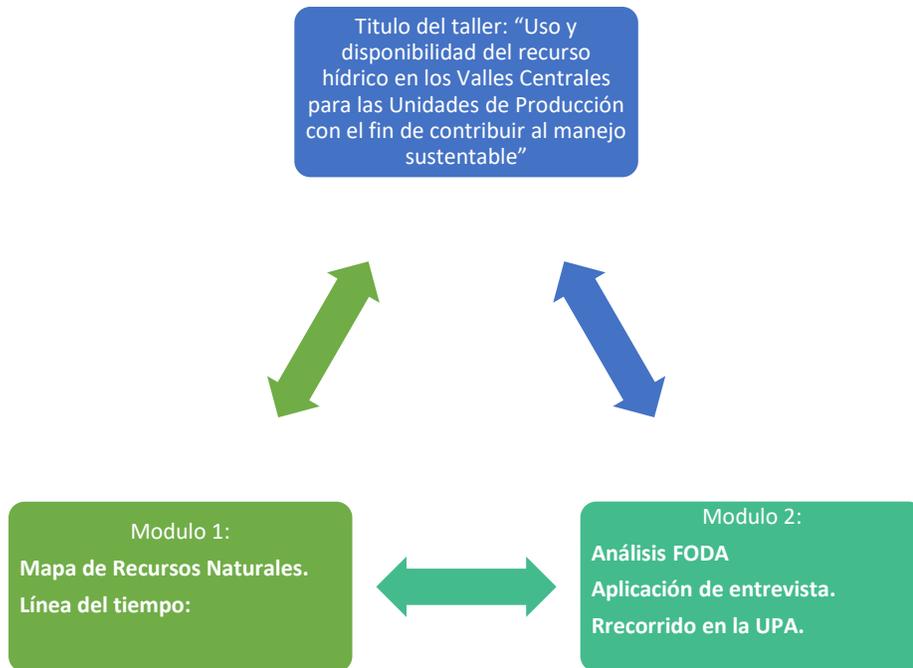


Figura 4. Esquema de la conformación del Diagnóstico Participativo.

Módulo 1.

Se llevó a cabo en las instalaciones del CIIDIR Oaxaca el día 29 de Septiembre del 2017 (Anexo 1), de 9:00 a 13:00 h. Se trabajaron las siguientes herramientas:

Mapa de Recursos Naturales: Su objetivo fue establecer una representación gráfica del acceso de las unidades de producción acuícola a los recursos naturales de uso común (bosque, pasto, ríos, pozos, manantiales, agua). Una vez elaborado el mapa fue presentado en plenaria por cada uno de los participantes.

Línea del tiempo: El objetivo de la elaboración de la línea del tiempo entre el grupo de acuicultores fue reconstruir todo lo relacionado con el recurso agua, conocer fechas críticas, volúmenes de agua, uso del agua, disponibilidad, problemática, contaminación y causas de la contaminación. La línea del tiempo comenzó lo más lejos posible en el pasado; es decir, sobre los

eventos más antiguos que los participantes pudieron recordar, hasta los hechos más recientes. Se propuso trabajar por años y por eventos que marcaron el desarrollo de la unidad de producción ya sea cosas positivas o negativas, poniendo los positivos arriba y los negativos abajo.

Módulo 2.

La continuación del diagnóstico se realizó en la granja acuícola “Capitán mojarra” ubicada en San Francisco Lachigoló, el día viernes 27 de Octubre del 2017 de 9:00 a 14:00 h. En este módulo (Anexo 2) se trabajaron dos herramientas metodológicas; análisis FODA y entrevista semi-estructurada, además de realizar un recorrido por la UPA con los acuicultores, con el fin de que los participantes conocieran las instalaciones, la especie cultivada y comenzara el intercambio de sus experiencias, sus logros y lo que podían mejorar en sus granjas.

Análisis FODA: Se comenzó con la explicación de la herramienta, cómo está conformada y que se pretendía lograr con su aplicación.

Fortalezas: ¿Cuáles son las ventajas que presenta esta solución como tal?

- Oportunidades: ¿Cuáles son los elementos externos (en la comunidad, la sociedad, las instituciones, el medio natural) que pueden influir positivamente en el éxito de la alternativa?
- Debilidades: ¿Cuáles son las desventajas que presenta esta solución como tal?
- Amenazas: ¿Cuáles son los elementos externos (en la comunidad, la sociedad, las instituciones, el medio natural) que pueden influir negativamente en el éxito de la alternativa?

Para su realización se conformaron dos equipos, el primero trabajó las fortalezas y oportunidades, el segundo equipo se enfocó en las debilidades y amenazas, una vez que cada equipo determinó que había cumplido con el objetivo se invirtieron los papeles bond para que el otro grupo analizara lo propuesto por sus compañeros y lo fortaleciera. Las alternativas que se analizaron, resultado del FODA, se establecieron después de la realización del consenso entre los integrantes de los equipos,

Al término de la actividad se discutieron los resultados y el por qué consideraban ellos que esos puntos eran los más relevantes.

A las granjas participantes en el Diagnóstico se les aplicó una entrevista semiestructurada para conocer datos más puntuales de cada una de las UPA's.

Aplicación de entrevista semiestructurada: el objetivo de esta entrevista fue conocer el volumen y manejo del agua en la producción acuícola, periodos de llenado de los tanques, lugar donde se vierte el agua que es desechada además del aprovechamiento que se le da para así poder sacar un estimado del gasto hídrico por UPA.

Recorrido en la UPA "Capitán mojarra": Al término de la aplicación de las herramientas, se recorrió la UPA con los acuicultores participantes al taller, en donde conocieron las instalaciones de la misma, la especie cultivada, la cantidad de estanques, el material de los mismos, y la cantidad de siembra del cultivo.

Fase 2. Documentación de la Planeación y Diseño del Sistema de Filtración.

Esta parte del proyecto que se considera como “fase de laboratorio o experimental” está compuesta de tres etapas que se llevaron a cabo para poder probar los filtros biológicos y químicos en su respuesta a la asimilación y remoción de nitrogenados. Para esta etapa se usó un kit de campo (reactivo de los laboratorios MQuant con sus respectivas tiras reactivas) para medir los parámetros como nitratos, nitritos y amonio. Para la parte de laboratorio se usó un colorímetro con el fin de determinar la concentración de amonio y nitritos en el agua que se estaba analizando.

Etapas 1: Control Biológico.

1.1 Fase de campo.

Para comenzar con la primera etapa del experimento en campo, se simula el agua contaminada por amonio, nitritos y nitratos en la tina de experimentación mediante inoculación de sustancias químicas sometidas a tres diferentes densidades de *Azolla caroliniana*.

Se comienza el proceso biológico con tres repeticiones por tratamiento y un piloto, teniendo en total 12 unidades experimentales con 20 litros de agua cada una, un 33 %de cobertura de *Azolla caroliniana* para la D1, 66% de cobertura para la D2 y 100% de *Azolla caroliniana* para la D3 (con respecto a la longitud de la tina que era de 60 cm de diámetro), inoculándose a diferentes concentraciones para medir el tiempo de asimilación de la planta.

AMONIO.

La primera inoculación se realizó con NH_4 (amonio) a 30 mg/L, las tinas contaban con oxigenación constante y temperatura ambiente, a exposición directa al sol, las tomas de lecturas se realizaron cada 24 horas por tres días con un kit de medición de amonio para ver la asimilación de dicha planta (Cuadro 1, Fig. 5 y 5^a).

Cuadro 1. Experimento instalado en campo para amonio.

Tratamientos Densidades de <i>Azolla caroliniana</i>	N° de tinas	Replicas	Amonio mg/L
Control	3	R1	30
		R2	
		R3	
Tratamiento 1 D1 33% de cobertura	3	R1	30
		R2	
		R3	
Tratamiento 2 D2 66% de cobertura	3	R1	30
		R2	
		R3	
Tratamiento 3 D3 100% de cobertura	3	R1	30
		R2	
		R3	



Figura 5. Inoculación con amonio a 30 mg/L.



Figura 5a. Experimento listo para arrancar.

NITRITOS.

En el caso de la evaluación de la planta para asimilación de Nitritos (NO_2) se inoculó a una concentración de 10 mg/L (Cuadro 2), se tomó lectura cada 12 horas con un kit de medición por colorimetría de nitritos, el experimento contaba con oxigenación y temperatura ambiente.

NITRATOS.

En la medición de nitratos (cuadro 2) se contaminó el agua con nitratos NO_3 a 10 mg/L, con oxigenación en cada tina, temperatura ambiente y toma de lecturas cada doce horas hasta llegar a cero mg/L.

Cuadro 2. Diseño de la experimentación del filtro biológico con Nitrito y Nitrato.

Tratamientos Densidades de <i>Azolla caroliniana</i>	N° de tinas	Replicas	Amonio mg/L	
			NO ₃	NO ₂
Control	3	R1	10	10
		R2		
		R3		
Tratamiento 1 D1 33% de cobertura.	3	R1	10	10
		R2		
		R3		
Tratamiento 2 D2 66% de cobertura.	3	R1	10	10
		R2		
		R3		
Tratamiento 3 D3 100% de cobertura.	3	R1	10	10
		R2		
		R3		

1.2 Fase de Laboratorio.

Una vez concluida esta parte y con los datos que se generaron en las mediciones se procedió a llevar la planta al laboratorio para conocer su capacidad de asimilación de contaminantes nitrogenados en horas, con diferentes factores para ver cuál es más eficiente; Se utilizaron botes con capacidad de seis litros de agua cortados en la parte de la boquilla, y se llenaron con cinco litros de agua, la cual fue inoculada con amonio y posteriormente con nitrito. La planta fue colocada en todo el diámetro de los botes, fueron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno tanto para el amonio como para el nitrito (cuadros 3 y 4), el tratamiento uno (T1) fue la *Azolla caroliniana* en condiciones normales, el tratamiento número dos (T2) *Azolla caroliniana* con oxígeno y temperatura, tratamiento número tres (T3) *Azolla caroliniana* con oxígeno, tratamiento cuatro (T4) *Azolla caroliniana* con temperatura, los cuales se colocaron dentro de una tina para separar cada tratamiento. En los tratamientos en los que se controló la temperatura ésta fue de 27 °C, las tomas de lectura se realizaron cada dos horas por un periodo de 24 horas (Fig. 6).



Figura 6. Experimento biológico montado con tres tratamientos.

Cuadro 3. *Azolla caroliniana* experimento biológico.

Tratamiento	Rep.	Factor contaminante	Mg/L
(T1) <i>Azolla carolineana</i>	3	NH ₄	6 mg/L
(T2) <i>Azolla carolineana</i> con oxígeno y temperatura	3	NH ₄	6 mg/L
(T3) <i>Azolla carolineana</i> con oxígeno	3	NH ₄	6 mg/L
(T4) <i>Azolla carolineana</i> con temperatura	3	NH ₄	6 mg/L

Cuadro 4. *Azolla carolineana* montada para Nitritos.

Tratamiento	Rep.	Factor contaminante	mg/L
(T1) <i>Azolla carolineana</i>	3	NO ₂	1 mg/L
(T2) <i>Azolla carolineana</i> con temperatura	3	NO ₂	1 mg/L
(T3) <i>Azolla carolineana</i> con oxígeno	3	NO ₂	1 mg/L
(T4) <i>Azolla carolineana</i> con oxígeno y temperatura	3	NO ₂	1 mg/L

Etapa 2: Parte química.

En la investigación acerca del filtro químico que mejor remoción de contaminantes logra, se probaron arena silica, carbón activado y zeolita, se realizó un experimento con tres repeticiones para cada uno de los minerales, en una concentración a 10 mg/L para amonio y 6 mg/L para nitritos de los agentes contaminantes diluidos en 20 litros de agua. Se armó una estructura de pvc (Fig. 7) con un tubo de 3" de diámetro y dos codos, uno en cada extremo, en el lado donde entraba el agua se usó un codo de 90° y el codo para salida del agua fue de 45°. Para la recirculación del agua se usó una bomba con capacidad de 160 l/h, el agua tardó dos minutos en pasar por el filtro de cada uno de los minerales lo que nos indica que en dos horas paso nueve veces por el mineral asignado, las lecturas se tomaron cada dos horas por un lapso de 24 horas usándose un kit para medición de amonio y otro para nitritos (Cuadro 5), mismos que se leyeron

en un colorímetro para ver la cantidad de luz transmitida a través de la solución y posteriormente sacar un análisis de la concentración a la cual se encontraba el agua.

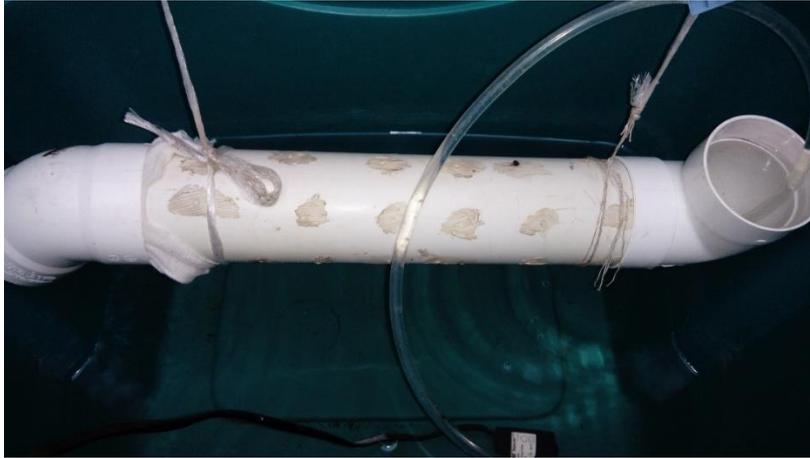


Figura 7. Estructura del filtro químico para la remoción de contaminantes.

Cuadro 5. Experimento químico.

FILTRO USADO	REPETICIONES	CONTAMINANTE	REGISTROS	MÉTODO
Arena Silica	tres	6 mg/L (NH ₄)	12 cada 2 horas	colorimetría
Carbón	tres			
Zeolita	tres			
Arena Silica	tres	1mg/L (NO ₂)	12 cada 2 horas	colorimetría
Carbón	tres			
Zeolita	tres			

Realizadas estas pruebas se estimaron los niveles de turbidez, desamonificación y desnitrificación del agua ex ante y ex post a la exposición de la filtración físico-química y biológica.

Para poder analizar los datos se elaboraron dos curvas de calibración (Fig. 8 y 8^a) una para nitritos y otra para amonio usando la metodología de la ley de Lambert beer, las curvas fueron realizadas a una concentración de 6 mg/L para el caso de amonio y a 1 mg/L en el caso de nitritos.



Figura 8. Proceso para la elaboración de las curvas de calibración.



Figura 8a. Titulación de la curva.

Etapas 3: Parte física.

La estructura está hecha de PVC y se rellena de taparrosas, esto con el fin de retener sólidos suspendidos (S.S) que puede contener el agua que ha pasado por los filtros biológico y químico.

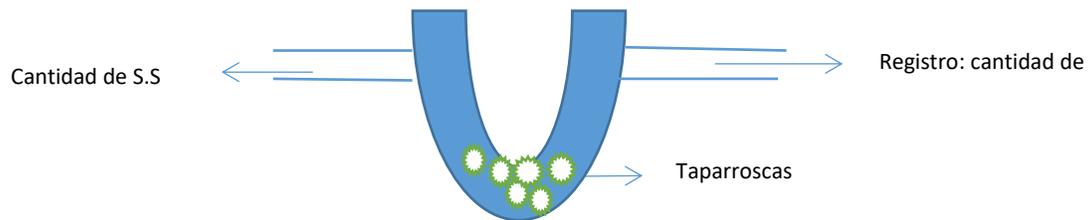


Figura 9. Estructura del filtro físico para la remoción de sólidos disueltos.

Fase 3. Implementación del sistema de filtración de agua.

Con los resultados obtenidos durante la experimentación del biofiltro y los minerales, se procedió a realizar la estructura para la instalación del sistema de filtración en la granja “El Ejido”. Para la infraestructura se utilizaron 2 tambos de agua de 200 litros, una tina de 200 litros, tubos de pvc y taparrosas, *Azolla caroliniana* y zeolita, estas actividades se realizaron con acuicultores de la UPA quienes participaron activamente durante todo el proceso.

Fase 4. Validación participativa del sistema de filtración de agua.

Debido a que se pretende que el sistema de filtración de agua, se arme como un paquete tecnológico que se pueda implementar en diferentes UPA’S (haciendo solo las adecuaciones necesarias para cada una de ellas), se documentaron los procedimientos técnicos participativos, se citó mediante oficio de invitación a los acuicultores de las UPA’S participantes para que colaboraran en la instalación y puesta en marcha del sistema, antes de la instalación del filtro se compartió con ellos los resultados del diagnóstico participativo y de los experimentos realizados con los diferentes compartimientos que conforman el sistema de filtración de agua.

Al finalizar la instalación se les aplicó una encuesta de satisfacción para conocer su opinión acerca del producto para conocer el grado de satisfacción con el mismo.

RESULTADOS

Desde un enfoque de Economía Solidaria (ECOSOL) derivado a que los acuicultores de Valles Centrales colaboran entre ellos, y se comparten información (Martínez, N. Obs. Pers. 2017) se trabajó el diagnóstico obteniéndose lo siguiente:

FASE 1. Diagnóstico de la disponibilidad, problemática, uso y aprovechamiento del agua en las UPA'S (IAP).

Se estableció la relación de trabajo con seis unidades de producción acuícola de los Valles Centrales de Oaxaca (Cuadro 6):

Cuadro 6. Granjas acuícolas participantes en el proceso e instalación del sistema de filtración.

Unidad de Producción.	Ubicación
"Capitán Mojarra"	Dom. Con., San Francisco Lachigoló
"Granja el Mogote"	Paraje el Mogote, Santa Cruz Xoxocotlán.
"Granja el Ejido"	Paraje el Tecolote, San Agustín Yatareni.
"Granja el Danzante"	San Lucas, Cuilapam de Guerrero.
"Granja Lachilana"	La Chilana, San Pedro Apóstol, Ocotlán.
"El pulpo"	Col. Emiliano Zapata, Zimatlán de Álvarez

Durante el diagnóstico se declararon a partir de diferentes herramientas participativas la disponibilidad del recurso hídrico, problemática, uso y aprovechamiento:

Cada unidad de producción identificó los recursos naturales con los que cuenta su granja (plantaciones, ríos, arroyos, pozos), con dicha información se analizó su relación versus la disponibilidad de agua con la que cuentan para el cultivo de tilapia (Fig. 10).

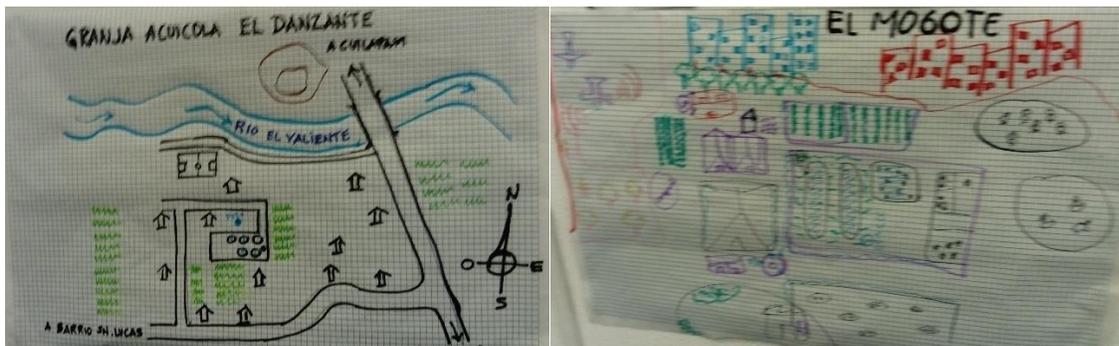


Figura 10. Mapas de recursos naturales: a) granja el Danzante. B) granja el Mogote. Diagnóstico participativo. 29/Septiembre/2017.

De las diez granjas participantes en el diagnóstico, siete tienen pozo y tres se abastecen de agua corriente, de estas mismas granjas solo dos cuentan con sembradíos.

Se identificó para cada UPA (Fig. 11) como el recurso hídrico va disminuyendo en cuanto a cantidad y calidad, y como esta problemática se va incrementando, afectando el número de siembras, los costos de producción y la calidad del producto.

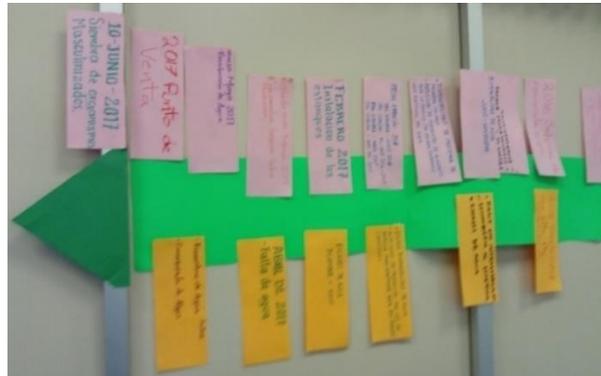


Figura 11. Línea del tiempo. Taller de Diagnóstico participativo. 29/Septiembre/2017.

Los participantes identificaron las debilidades y amenazas con las que se enfrentan para la permanencia de sus granjas; así como las oportunidades y ventajas que han derivado de los talleres, que les ha permitido intercambiar experiencias tal como se observa en la Fig. 12.



Figura 12. Análisis FODA. Taller de Diagnóstico participativo. 27/Octubre/2017.

Con la información obtenida mediante las entrevistas semi estructuradas (anexo 3), se presentan las siguientes tendencias:

En la Fig. 13a se observa que el 83% de las UPA se abastecen mediante agua extraída de pozo propio. Mientras que el 83% de las UPA indican que el agua de desecho es utilizada para el riego de árboles frutales y como agua enriquecida como abono (Fig. 13b).

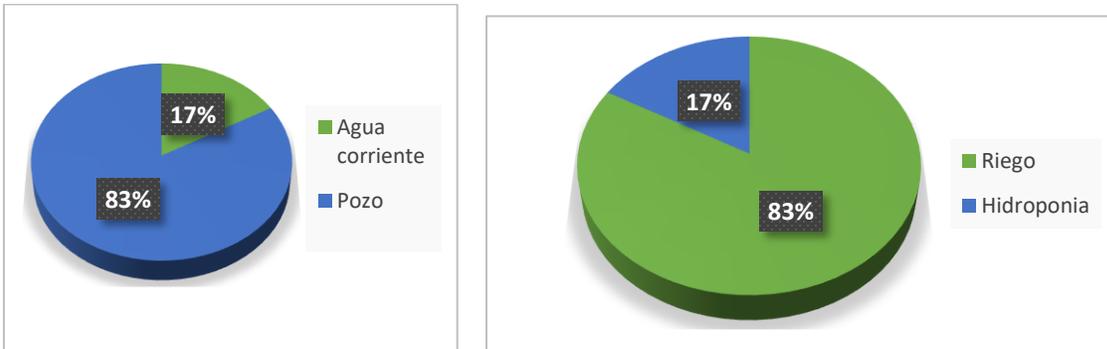


Figura 13. a) Fuentes de agua para la siembra de Tilapia. b) uso del agua de desecho en las granjas acuícolas. Información recabada en entrevista semiestructurada, realizada el día 27 de Octubre del 2017.

De las diez granjas participantes en el diagnóstico (Fig. 14), el 70 % cuenta con tanques circulares y el 30% con tanques rectangulares, de del total de las granjas el 75 % tienen tanques de geomembrana y el 25% de ferrocemento.

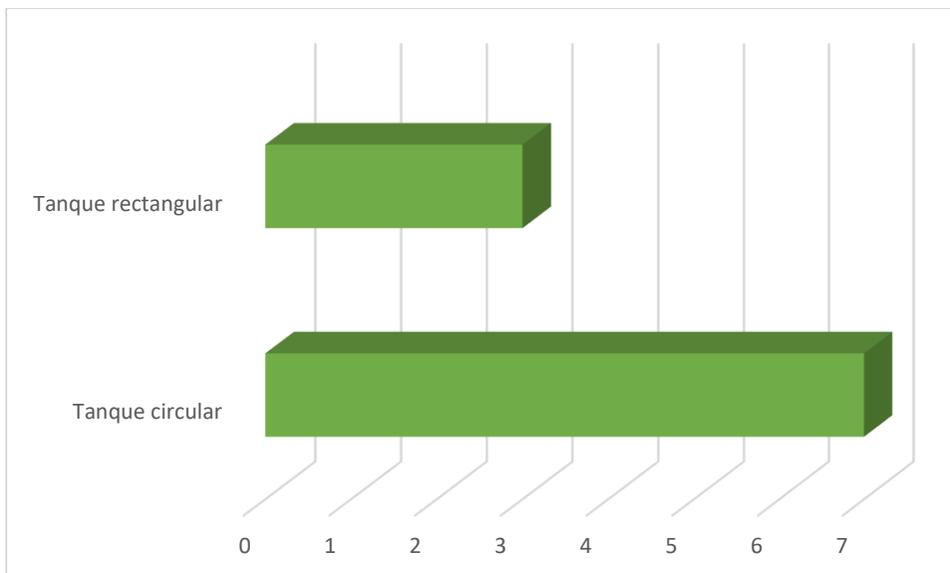


Figura 14. Tipo de estructuras de los tanques acuícolas en las UPA'S. Información recabada en entrevista semiestructurada, 27 de Octubre del 2017.

El recambio de agua en los tanques acuícolas (Fig. 15) se realiza cada quince días en el 80% de las granjas y solo el 20% de las mismas lo llevan a cabo una vez al mes, menores frecuencias de recambio de agua afectan el crecimiento de los peces y la contaminación del estanque por acumulación de compuestos nitrogenados.

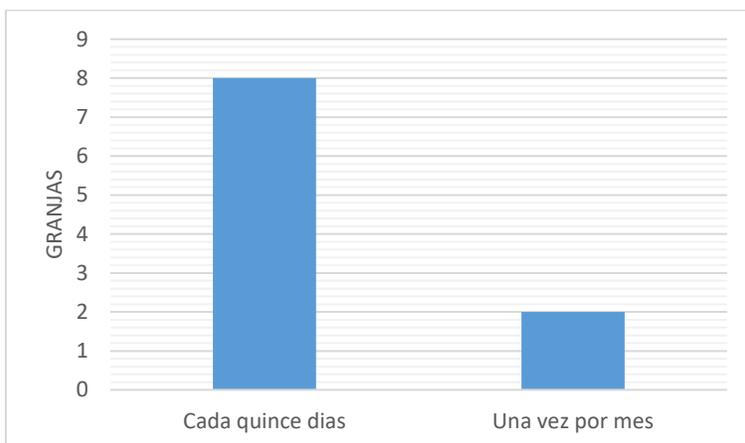


Figura 15. Periodo de recambio de agua en tanques acuícolas. Información recabada en entrevista semiestructurada, 27 de Octubre del 2017.

Derivado de los talleres realizados, los acuicultores determinaron su interés visitar cada una de las granjas de los productores participantes en el diagnóstico, se visitaron seis granjas acuícolas: “Capitán Mojarra” (Fig. 16), “Granja el Danzante”, “Granja La Chilana”, “Granja Du vaa”, “Granja Los Enríquez”, “El pulpo” y “Granja el Ejido” en cada una de las visitas se generaron productos de conocimiento entre los acuicultores relacionados con las diversas formas de producción y estrategias que cada productor ha implementado en su granja de trabajo.



Figura 16. Tanque de cosecha de la granja “Capitán Mojarra”, recorrido en campo 27/Noviembre/2017.

CONFORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN LEGAL DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ACUACULTORES.

Posteriormente a los talleres de diagnóstico, los acuicultores decidieron conformar un grupo de trabajo que se constituyó legalmente como “Grupo Interdisciplinario de Acuicultores) (Fig. 18). Está integrado por un total de 10 Productores hombres y mujeres que pertenecen a 8 granjas acuícolas, 4 técnicos y 2 profesionistas especialistas en acuicultura. La estructura del grupo quedó conformada por un presidente, un secretario y un tesorero que fueron elegidos por votación entre los integrantes. Los objetivos que se planteó el grupo fueron, formar una red de conocimientos; optimizar la adquisición de insumos buscando la reducción de costos, calidad de los alevines y de alimento; desarrollar un programa de capacitación a corto y mediano plazo, basado en las necesidades de cada granja; definir puntos de venta de los productos; y aumentar las posibilidades de acceso a los apoyos de gobierno federal y estatal. Entre los lineamientos establecidos está el de llevar a cabo reuniones mensuales, en las que se toman decisiones relacionadas al grupo, se realizan los talleres de capacitación y se da seguimiento a los acuerdos tomados en cada una de las reuniones.

LOGROS DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ACUICULTORES (GIA).

- a) Derivado de las visitas realizadas a las granjas, los acuicultores conocieron las diversas formas de producción de la Tilapia, la administración de las UPA’S, experiencias, aciertos y errores lo que nos llevó a conformar una red de conocimientos.
- b) Adquisición de insumos: A la fecha, el GIA ha realizado la compra consolidada de 10,000 alevines en el estado de Veracruz. Con ello, la inversión fue de \$12,300.00, logrando un ahorro de \$7,700.00. Si se considera que los productores deben adquirir alevines cada seis meses y gastaban un total de \$8,000.00 al año; con las compras consolidadas lograrían un ahorro de \$ 3,080.00 por año
- c) Programa de capacitación: Se planearon capacitaciones acerca de la calidad del agua y del uso y aprovechamiento de las aguas de desecho de los tanques acuícolas por lo que se llevó acabo el taller: Calidad del agua

d) Propuestas de proyectos a alguna dependencia: para el ejercicio fiscal 2019 se está trabajando una propuesta de proyectos del GIA para ser presentado ante la SEDAPA.



Figura 17. Grupo en sesión de trabajo, reunión mensual.

FASE 2. Planeación y diseño del sistema de filtración.

Las Figuras 18, 19 y 20 muestran el efecto que la densidad de *A. caroliniana* tiene sobre la asimilación de nitrogenados: amonio, nitritos y nitratos. En la Figura 19 se observa que la *A. caroliniana* a una mayor densidad (D3) fue la que asimiló más rápido el ion Amonio. Al final las tres densidades tienden a asimilar la totalidad de amonio solo que el tiempo en que se realiza va aumentando conforme hay menos densidad de planta.

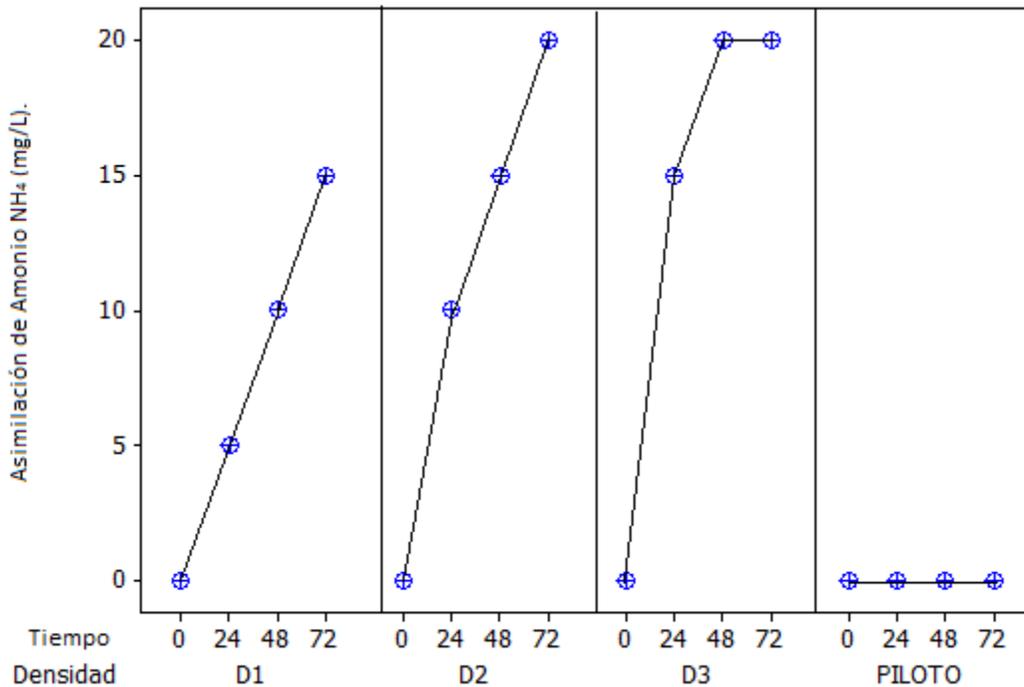


Figura 18. Asimilación final de NH₄ con tres densidades de *Azolla caroliniana*. D1= densidad de *A. caroliniana* a un 33% de cobertura; D2= densidad de *A. caroliniana* a un 66% de cobertura; D3: densidad de *A. caroliniana* a un 100% de cobertura.

La Figura 19 muestra la asimilación de nitritos después de la exposición con la *A. caroliniana*, donde se observa la misma tendencia que presentó el amonio. En cuanto a los nitratos se presentó una mayor eficiencia en la asimilación por parte de *A. caroliniana* persistiendo la tendencia de que a mayor densidad de plantas la eliminación de nitrogenados en el agua es mayor (Fig. 20).

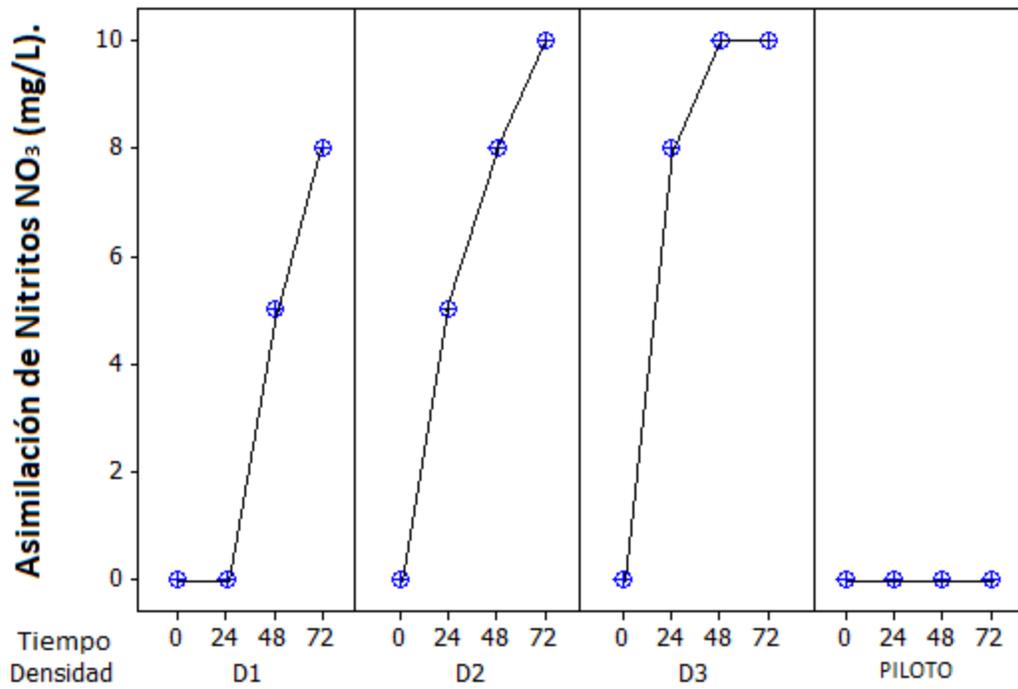


Figura 19. Comportamiento de *Azolla caroliniana* asimilando NO_2 . D1= densidad de *A. caroliniana* a un 33% de cobertura; D2= densidad de *A. caroliniana* a un 66% de cobertura; D3: densidad de *A. caroliniana* a un 100% de cobertura.

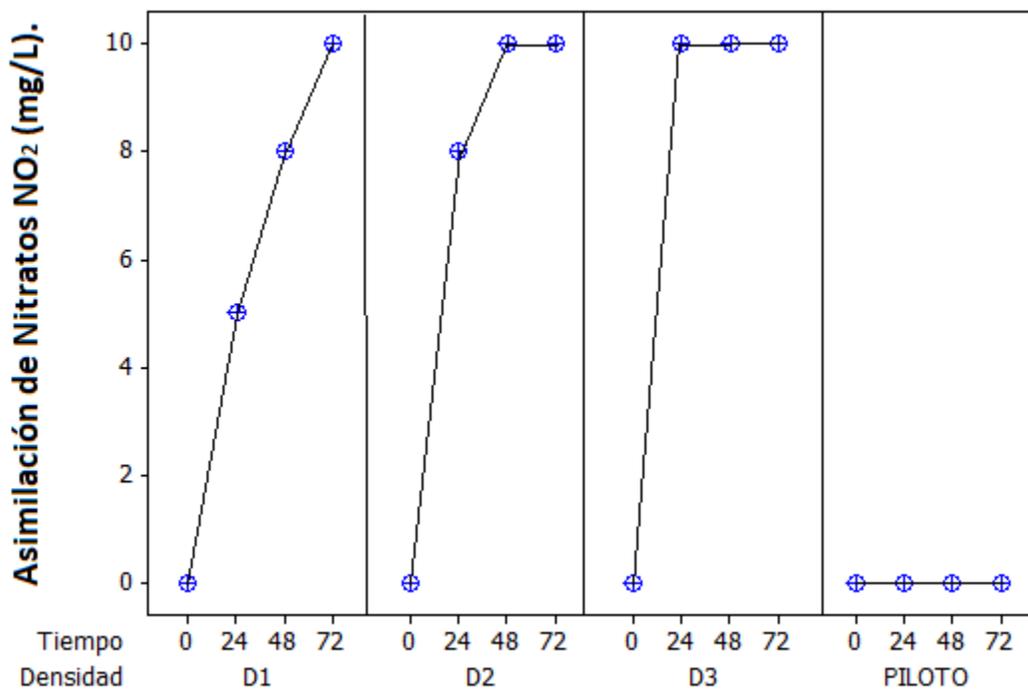


Figura 20. Asimilación de Nitratos. D1= densidad de *A. caroliniana* a un 33% de cobertura; D2= densidad de *A. caroliniana* a un 66% de cobertura; D3: densidad de *A. caroliniana* a un 100% de cobertura.

El efecto de la interacción entre la temperatura y el oxígeno disuelto con la *A. caroliniana* sobre la asimilación de amonio se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Asimilación de amonio con Azolla caroliniana.

Tratamiento	Asimilación Amonio (NH ₄) mg/L	N	P<0.05
<i>A. caroliniana</i> c/ oxígeno	5.8670	39	A
<i>A. caroliniana</i> c/ oxígeno y temperatura	5.8677	39	A
<i>A. caroliniana</i> c/ temperatura	5.8377	39	A
<i>A. caroliniana</i>	5.7839	39	A

Los tratamientos presentan significancia cuando se vinculan con el factor tiempo (Fig. 21) para la asimilación de nitrogenados, dicha asimilación es más rápida en algunos tratamientos que en otros. El cuadro 8 muestra la asimilación de nitrógeno por unidad de tiempo, solo durante las seis primeras horas hay significancia entre los tratamientos, después la asimilación es igual.

Cuadro 8. Asimilación de amonio por Azolla caroliniana en horas.

Tiempo	Asimilación media (NH ₄) mg/L.	N	P<0.05
0	0	12	A
2	2.3478	12	B
4	3.9084	12	C
6	4.4862	12	D
8	5.6399	12	E

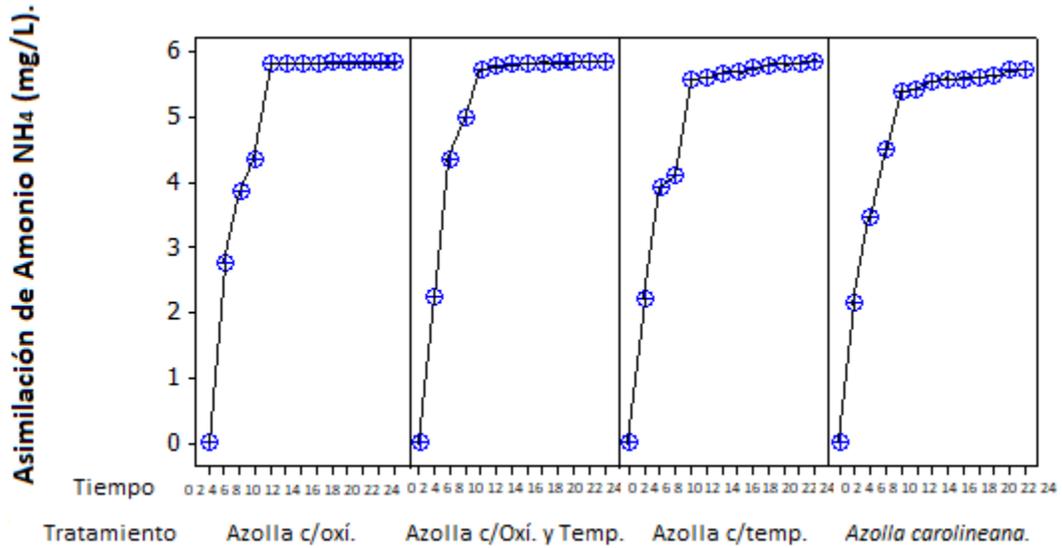


Figura 21. Asimilación de amonio con *Azolla caroliniana* y cuatro tratamientos (*A. caroliniana* con oxígeno, *A. caroliniana* con oxígeno y temperatura, *A. caroliniana* con temperatura y *A. caroliniana* en condiciones normales).

El cuadro 9 se muestra la asimilación que *Azolla caroliniana* realiza sobre los Nitritos bajo factores ambientales controlados, los tratamientos presentaron significancia ($P < 0.05$), se observa que *A. carolineana* al interactuar con oxígeno y temperatura logra asimilar más nitritos.

Cuadro 9. Asimilación de nitritos.

Tratamiento	Asimilación Nitritos (NO ₂) mg/L.	N	P<0.05
<i>A. caroliniana</i> c/ temperatura y oxígeno	0.76289	39	A
<i>A. caroliniana</i>	0.71876	39	A
<i>A. caroliniana</i> c/ oxígeno	0.56893	39	B
<i>A. caroliniana</i> c/temperatura	0.46057	39	B

En el Cuadro 10 se observa que el tiempo de asimilación de nitritos presentó significancia hasta las 16 horas (Fig. 22), donde se reporta la disminución más evidente en el contaminante puesto al sistema, después de esas horas la reducción se vuelve más lenta.

Cuadro 10. Asimilación media de nitritos por tratamiento en relación al tiempo.

Tiempo	Asimilación Media (NO ₂) mg/L.	N	P<0.05
0	0	12	A
2	0.02101	12	A
4	0.28246	12	B
6	0.31566	12	B
8	0.33800	12	B C
10	0.39937	12	D

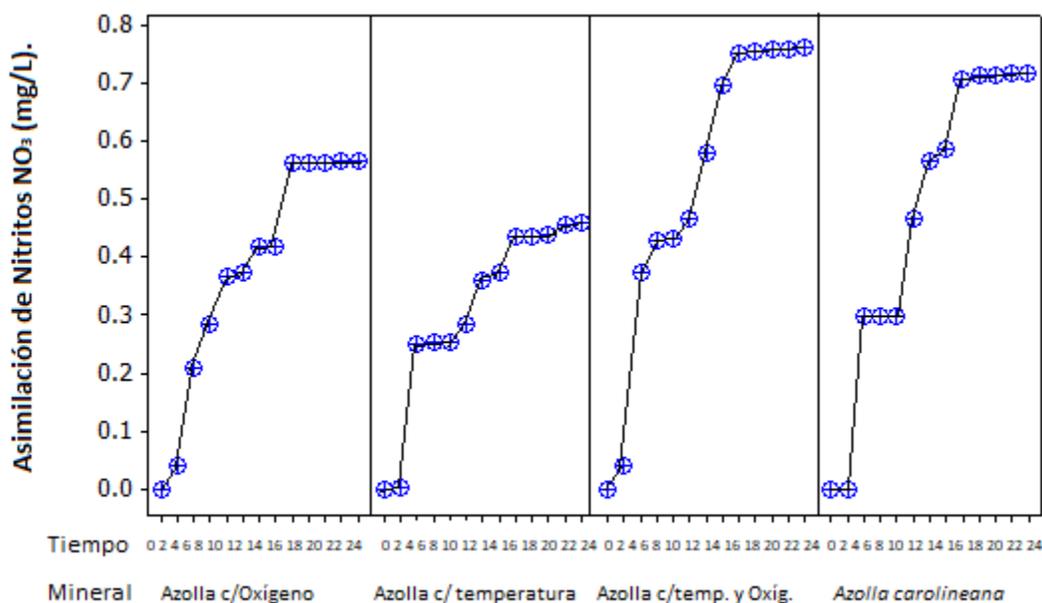


Figura 22. Concentración final de Nitritos asimilados por Azolla, mostrándose mayor eficiencia en la Azolla combinada con temperatura y oxígeno.

El cuadro 11 muestra los resultados de la remoción de amonio para los tres tratamientos minerales (arena silica, carbón activado y zeolita), presentándose diferencia significativa ($P<0.5$) en al menos uno de los tratamientos (Fig. 23).

Cuadro 11. Remoción de amonio.

Tratamiento	Remoción Amonio (NH ₄) mg/L.	N	P<0.05
Zeolita	5.36898	39	A
Carbón	1.7713	39	B
Arena	1.60623	39	B

Las diferencias ($P<0.5$) de los tratamientos con relación al tiempo se muestran en el Cuadro 12, se encuentra ubicada en las cuatro primeras horas de remoción del agente contaminante puesto que después de esas horas los tres tratamientos presentan el mismo índice de remoción.

Cuadro 12. Remoción significativa en horas.

Tiempo	Remoción media (NH ₄) mg/L.	N	P<0.05
0 horas	0.0000	9	A
2 horas	4.8622	9	B
4 horas	3.7334	9	C

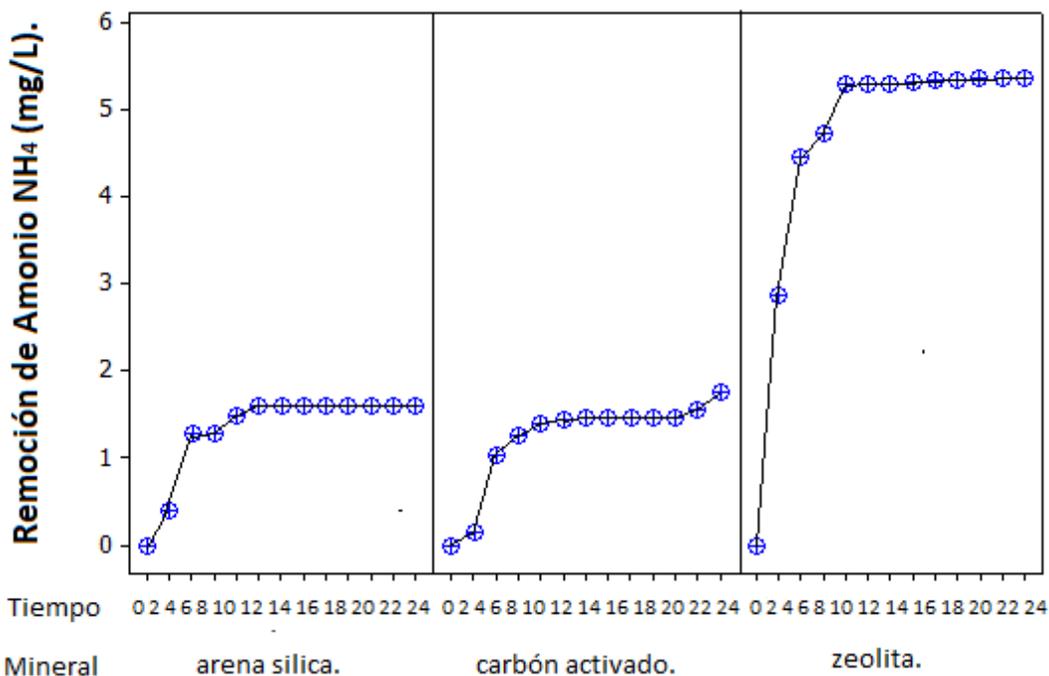


Figura 23. Remoción final de amonio con los filtros químicos: Arena Silica, Carbón activado y Zeolita, monitoreo de 24 horas.

La remoción de Nitritos presentó diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tres tratamientos dándose mayor significancia en la Zeolita (Cuadro 13) quien retiene mayor cantidad de amonio y en menor tiempo.

Cuadro 13. Remoción de nitritos.

Tratamiento	Remoción Nitritos (NO ₂) mg/L.	N	P<0.05
Zeolita	0.57076	39	A
Carbón	0.37514	39	B
Arena	0.01939	39	B

En el Cuadro 14 la remoción con referencia al tiempo es significativa en las cuatro primeras horas posterior a ese tiempo los tratamientos asimilan igual (Fig. 24).

Cuadro 14. Remoción de nitritos en horas con filtros químicos.

Tiempo	Remoción media (NO ₂) mg/L.	N	P<0.05
0 horas	0.0000	9	A
2 horas	0.00726	9	A
4 horas	0.00967	9	A B

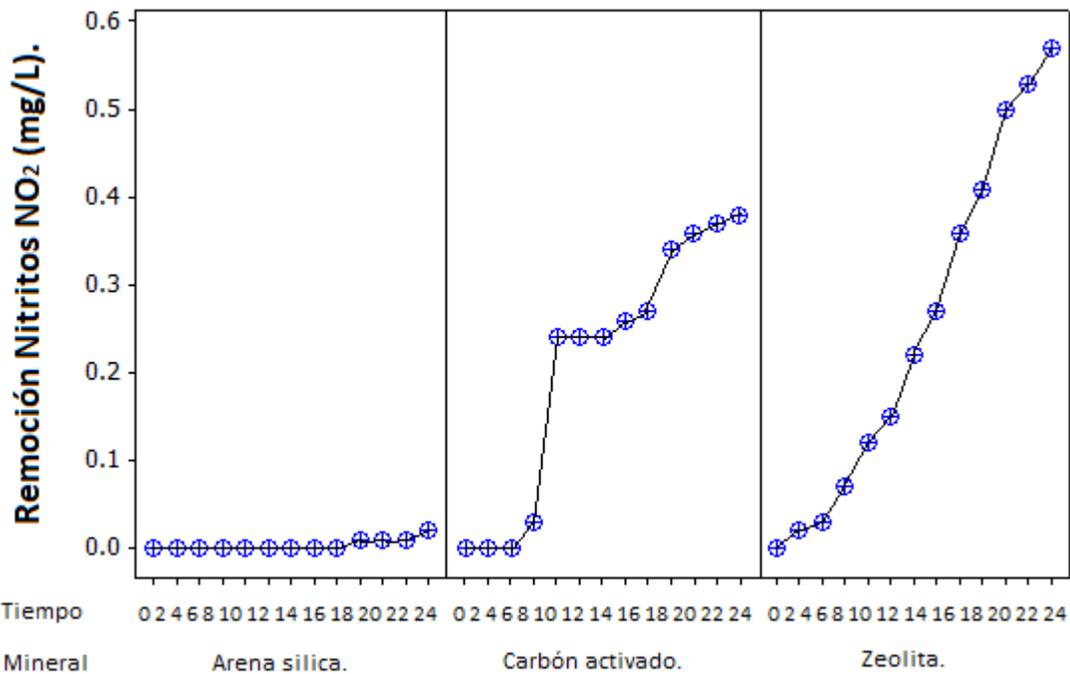


Figura 24. Remoción de Nitritos con Arena silica, Carbón activado y Zeolita.

Fase 3. Implementación del sistema de filtración de agua.

El día 21 de octubre del 2018, se comenzó con la implementación del sistema de filtración de agua en la “granja el Ejido”, el sistema está conformado por tres compartimientos; filtro biológico *Azolla caroliniana*, la zeolita como filtro químico y taparroschas de plástico como filtro físico (Fig. 25).

La *Azolla caroliniana* fue puesta en una tina de 200 litros con agua contaminada por amonio (2.5 mg/L) proveniente del tanque número 2 de la granja, un día antes de la puesta en marcha del filtro, para que comenzara con la asimilación de los nitrogenados, y al día siguiente se procediera con el paso del agua tratada con Azolla por el filtro químico de Zeolita y finalmente por el filtro conformado por taparroschas, una vez completado el proceso el agua se reintegra al tanque de donde fue tomada, cabe mencionar que el paso del agua es por gravedad.



Figura 25. Instalación del sistema de filtración de agua.

Fase 4. Validación participativa del sistema de filtración de agua.

Para comenzar con la validación del sistema de filtración de agua, se realizó una exposición (Fig. 26) acerca de los resultados del diagnóstico participativo, los experimentos realizados con el filtro biológico y los químicos, así como los contaminantes que serán tratados con este sistema para mantener la calidad de agua de los tanques acuícolas.



Figura 26. Exposición realizada a los acuicultores.

La instalación del filtro fue realizada mediante trabajo colaborativo (Fig. 27) con los acuicultores participantes en el proyecto, quienes estuvieron presentes durante todo el proceso para conocer los compartimientos utilizados y la forma de conectarlos entre ellos, durante los procesos de experimentación se les mantuvo informados de los resultados que se iban presentando y los avances obtenidos.



Figura 27. Acuicultores participando en la instalación del sistema de Filtración.

Al ir instalando el sistema se fue explicando la función de cada uno de los compartimentos y la interacción que tenía con los otros compartimientos, se tomaron los parámetros de amonio y nitritos (Fig. 28) del agua que se había ingresado al filtro y la que salía del mismo, la concentración de amonio en el agua expuesta a filtración fue de 0 mg/L para amonio y nitritos.



Figura 28. Medición de nitrogenados del agua expuesta al sistema de filtración.

Los acuicultores expresaron que desean implementar el sistema de filtración en sus granjas (Fig. 29) y están dispuestos a realizar inversión para ir mejorando la calidad de la estructura, consideran que esta tecnología es de gran utilidad pues atiende una de sus mayores problemáticas que es el recurso hídrico. De las seis granjas participantes el 100 % de ellas está satisfecho con el producto obtenido.

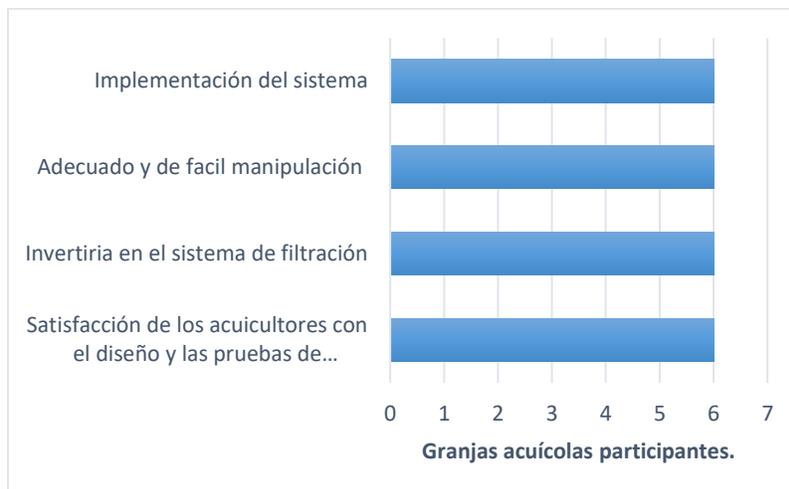


Figura 29. Resultados de la validación del sistema de filtración de agua.

DISCUSIONES.

Durante los talleres participativos, los acuicultores insistieron que “ya no es ético desperdiciar tanta agua aunque se encontrase disponible, que es importante buscar formas más amigables con el medio ambiente, trabajar pensando en no acabarse los recursos naturales”. La conformación del GIA (Grupo Interdisciplinario de Acuicultores” refleja compromiso de los productores para defender el consumo responsable de los recursos naturales y el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente (en este punto se incide mucho al reducir y reutilizar los residuos que genera la UPA). Además de su compromiso el entorno, algunos de ellos venden sus excedentes a precios más bajos a las familias de escasos recursos, y compran algunos de sus insumos en la misma localidad fortaleciendo la economía local. Tales interacciones con el entorno es descrito por REAS (2011) en donde se consideran tomar en cuenta en toda nuestra relación con la naturaleza el consumo responsable como actitud coherente, la conservación de especies y territorios, la soberanía alimentaria, la producción limpia y la necesidad imperiosa de promover prácticas e iniciativas responsables con el medio ambiente.

En este mismo sentido algunas de las reflexiones y opiniones vertidas por el GIA acerca del manejo del agua fueron:

“Ni es costeable ni ético el que tengamos que hacer recambios de 50 a 70 mil litros de agua, eso ya quedo atrás ahora tenemos que reutilizar nuestra agua” palabras textuales del Señor Niño de Rivera, Granja “capitán mojarra” (2017).

“Hace muchos años el pozo se mantenía con nivel de agua a cuatro metros de profundidad, al paso del tiempo sobre todo en época de estiaje queda a diez metros, a principios de año fue muy complicado porque no pude hacer ni una siembra precisamente por la dificultad de que no llovió” palabras textuales del Señor Langle, Granja “el danzante” (2017).

“Yo sufro mucho de agua, a mí sí me interesa esto que estamos viendo aquí del ahorro del agua o de reciclarla” palabras textuales del Señor García. “Granja Huayapan”. (2017).

El compromiso y el trabajo en equipo del GIA permite afianzar redes de conocimiento relativa a la producción de manera coordinada, eficientando la inversión de tiempo y recursos. Pérez y Castañeda (2009), exponen que el concepto de redes se define como «asociaciones de interesados que tienen como objetivos la consecución de resultados acordados a través de la participación y colaboración mutua» y que en un ambiente social y profesional se emplea comúnmente para referirse al trabajo coordinado. Los conceptos de redes están ligados a los principios de la economía solidaria; tales como, trabajo en equipo, solidaridad, reciprocidad ambiental, equidad, justicia, fraternidad económica conceptos mencionados por REAS (2011). El Grupo desea ser autosuficiente buscando alternativas a los procesos estándares de producción acuícola, con ello intentan diversificar su proceso de producción contribuyendo a la reciprocidad ambiental mediante la gestión sustentable del agua, y por ende disminuyendo su huella ecológica, como lo menciona Sempere (2010) para reducir nuestra huella ecológica no basta con una moral austera que nos empuje a renunciar a lujos y caprichos: hace falta simplificar nuestro entero metabolismo sicionatural.

Asegurar el éxito de un grupo de trabajo puede resultar en un anhelo poco fiable por la naturaleza de las relaciones humanas; sin embargo, es claro que el desarrollo solidario en proyectos productivos funciona solo a través del trabajo conjunto, con compromisos y responsabilidades claras y compartidas. Collin (2008) dice que la Economía Social es social, pues en vez de destruir el tejido social y promover la confrontación, la lucha de clases y la competencia entre los actores sociales, construye sociedad. La interdisciplinariedad en un grupo u organización puede potenciar los logros al compartir conocimientos y experiencias tanto de los productores como los profesionales en el tema, coadyuvando a la construcción de conocimientos.

En el presente trabajo la *Azolla caroliniana* presentó diferencia en cuanto a la capacidad de asimilación de compuestos nitrogenados (NH_4 , NO_2 , NO_3) producto de los desechos acuícolas, la asimilación se dio sin verse afectada en su crecimiento tal como es comentado por Forni et al. (2001), quienes reportan la habilidad de *Azolla sp.* para remover nutrientes en efluentes

piscícolas, logrando remociones de nitrógeno amoniacal del 95%, NO₃- N del 78%, PO₄³⁻ del 62%, encontrando estrés en la planta después de periodos de dos semanas.

Considerando las densidades de *Azolla caroliniana* para la eliminación de los nitrogenados en la columna de agua, se puede establecer que a mayor densidad de planta la asimilación de nitrogenados es más rápida, Forni *et al* (2001) sostienen que con coberturas iniciales del 70% del área de los recipientes se obtienen los mejores rendimientos en la remoción de nutrientes, ya que con este grado de ocupación, se restringe el crecimiento de algas y se evita el hacinamiento de las plantas que podría restringir su crecimiento. En el presente trabajo se reporta que la D3 presentó mayor velocidad en la absorción de amonio, nitritos y nitratos confirmándose que la remoción de contaminantes es habitualmente superior en las tinajas que cuenta con la mayor cobertura de planta acuática, las coberturas del 75% (D2) también asimilaron el 100% de los compuesto nitrogenados aunque con una menor velocidad. Resultados similares son comentados por Da Silva (2006) quien comprobó que con coberturas iniciales del 75% del área de recipientes de siembra equivalente a densidades de 1600 g/m² de *Azolla filliculoides* presenta mejores eficiencias en la remoción de nutrientes en efluentes provenientes de tanques de tilapia. Según Chen *et al.*, (2012) la *A. caroliniana* presenta altas tasas de crecimiento y propagación además de una fuerte capacidad fotosintética de liberación de O₂ y alto valor nutricional esto es observado en nuestros experimentos al no presentar la planta mortandad al ser sometida a aguas contaminadas por amonio, nitritos y nitratos.

En cuanto al efecto que la temperatura y el oxígeno disuelto en asociación con *Azolla caroliniana* presentan durante la asimilación de Amonio, no se presentaron diferencias significativas en los cuatro tratamientos, al considerarse el factor tiempo de asimilación el tratamiento de Azolla con oxígeno disuelto presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) al presentar una asimilación más rápida del agente contaminante comparado con los otros tres tratamientos, en estudios realizados por Forni *et al* (2001) Azolla eliminó el amoníaco más eficientemente que Lemna y la eliminación de nitrato altamente significativo (78%) se obtuvo utilizando Azolla.

La asimilación de nitritos presentó mejores resultados en los tratamientos de la *Azolla* combinada con temperatura y oxígeno disuelto y Azolla sin factores ambientales controlados, la asimilación

presentó significancia cuando se consideró el factor tiempo en los tratamientos, en este caso la *Azolla* con temperatura y oxígeno asimiló más en las cuatro primeras horas que los demás tratamientos, lo que nos indica que a mayor temperatura y mayor oxigenación la planta presenta mejor eficiencia. Chandra (2012) indica que *Azolla caroliniana* a mayor temperatura mayor es la asimilación de contaminantes, siendo un agente de fitorremediación de estanques.

De los tres minerales probados para la remoción de nitrogenados contaminantes, la zeolita presentó significativos niveles de remoción de amonio comparada con la arena silica y el carbón activado, esto es posible gracias a su estructura y su capacidad iónica para adherir partículas, lo anterior también es comentado por Luna *et al* (2006) quien en estudios de Captación de amonio en zeolita al incubar gallinaza y residuos de codorniz demostró que la zeolita ayuda a la disminución de emisiones de NH_3 , y no afecta la actividad microbiana presente, concluyendo que la zeolita atrapó el ion amonio en su estructura y no permitió su transformación a NH_3 . (Petranovskii y Hernández, 2015) indican que la variedad de los posibles usos de las zeolitas naturales se deriva de su alto potencial como intercambiadores iónicos, adsorbentes y tamices moleculares, en la presente propuesta la zeolita además de cumplir una función química para la remoción de iones tóxicos, también puede favorecer la filtración física de solidos suspendidos en el agua.

La Zeolita presenta los mejores índices de remoción de nitritos, la cual es constante y significativa a lo largo de 24 de exposición, esto es posible gracias a las características de la zeolita como son porosidad, adsorción e intercambio iónico. Toro *et al* (2006) indica que la retención de agua por parte de las zeolitas coadyuva a disminuir la concentración de nitratos presentes en la lixiviación del suelo mientras que Civeira y Rodríguez (2011) establecen que las zeolitas protegen el NH_4 en sus partículas de manera interna y externa, reduciendo el efecto de las bacterias nitrificadoras sobre estas fuentes nitrogenadas y los nitratos permanecen en mayor proporción en el suelo debido a su asociación con las zeolitas.

El carbón activado presenta remoción de nitrogenados aunque no fue tan eficiente al saturarse rápido y disminuir su capacidad de adsorción esto puede ser porque no tuvo un agente microbiano que pudiese ayudar a la remoción, como lo comenta Reyes *et al.* (2006) donde indica

que el carbón activado aumenta su capacidad de adsorción cuando se lleva a cabo una modificación agregándole biomasa, lo que muestra la capacidad de utilizar sistemas de biosorción a nivel industrial en efluentes líquidos constituidos por soluciones metálicas diluidas en presencia de compuestos orgánicos ya que estos podrán ser captados por el carbón activado mientras los iones metálicos pueden ser absorbidos en el biofilm.

La porosidad del mineral es una característica importante al momento de ser considerado como biofiltro, en los carbones activados de los filtros comerciales es importante ya que son la vía de acceso de los agentes contaminantes de naturaleza inorgánica y orgánica en el medio acuoso (Silupu *et al* ,2017). En el caso de las zeolitas usadas en el presente trabajo los sitios activos de adsorción o agentes antimicrobianos que podría contener el mineral, probablemente fue el causante de una mayor adsorción de compuestos nitrogenados en la columna de agua.

La remoción de amonio por parte de la Arena silica es menor al 10% , resultados similares fueron encontrados por Healy *et al* (2006) quien indica que el filtro de arena tiene una remoción del 60% de color, 74% de turbiedad, el 69% de la DQO, el 71% de la DBO₅, el 14% de SO₄²⁻, mientras que para el NH₃ se tiene una remoción del 20%, el 72% de los SST y el 29% de los SS.

De los tres filtros químicos probados la Zeolita presenta mayor eficiencia en la remoción de nitrogenados resultados similares son obtenidos por Calderón *et al* (2016) quienes en pruebas realizadas muestran ventajas de la zeolita activada sobre el carbón activado como es la utilización de este material en menor cantidad en comparación al carbón activado para la remoción de contaminantes.

Aunque los sistemas de recirculación de agua son una alternativa viable para la acuicultura, sus altos costos de adquisición y los paquetes inadecuados para las diferentes necesidades de las granjas acuícolas ha reducido su instalación en las mismas. Jiménez (2012) comenta que cuando se habla de desarrollar sistemas de recirculación de agua a bajo costo, hablamos de desarrollar estas tecnologías fabricándolas con materiales que puedan encontrarse en la región reduciendo así los costos de importar esta tecnología desde EE.UU, de ahí la importancia de armar una propuesta con *Azolla caroliniana* y zeolita, materiales existentes en los Valles Centrales de Oaxaca

y a precios accesibles que puedan ser costeados por los acuicultores para implementar esta tecnología en las UPA'S.

CONCLUSIONES.

Los problemas alrededor del recurso hídrico en las seis granjas se centran en la escasez, altos costos en el consumo de energía para el recambio de agua y mantenimiento en la calidad del agua.

La conformación y constitución del Grupo Interdisciplinario de Acuicultores resulta de la visión de economía solidaria que tienen los acuicultores que lo conforman, el trabajo en equipo es parte de los preceptos de la ECOSOL, la solidaridad, la reciprocidad ambiental valores que rigen al GIA, la conformación de la asociación les permitió a los productores de las seis granjas, reducir costos en la obtención de alevines, capacitarse en temas enfocados a la calidad del agua y la instalación del sistema de filtración conociendo el funcionamiento de cada uno de los compartimientos que lo conforman.

El sistema de filtración presenta resultados favorables para la eliminación de nitrogenados gracias a la eficiencia de la *Azolla carolineana* de acuerdo a los estudios realizados con ella en la asimilación de amonio, nitritos y nitratos, la densidad de planta usada es determinante para la rápida asimilación de los nitrogenados, esto combinado con el poder adsorbente de la zeolita que es un mineral exitoso en la descontaminación de aguas residuales acuícolas. La propuesta tecnológica es viable para su implementación en las seis granjas acuícolas al ser materiales de la región, evitando altos costos de adquisición. El biofiltro también será usado como forraje para la alimentación de los peces y la zeolita una vez que se sature será usada como abono agrícola o reactivada para implementarse de nuevo como filtro químico.

El sistema de filtración de agua coadyuva al uso racional del recurso hídrico al aprovechar el agua de desecho de los tanques acuícolas y reincorporarlo al sistema. El ahorro de agua por ciclo productivo en la granja "el ejido" es del 90% obteniendo así una reducción en el costo económico y ambiental en la producción de Tilapia, por lo tanto fue aceptado por el GIA como una propuesta tecnológica viable, de bajo costo y fácil de operar en sus granjas acuícolas.

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA TESIS.

El agua y su conservación en unidades acuícolas de los valles centrales de Oaxaca con un enfoque solidario. Jornadas Politécnicas 2018.

2 ° Congreso Internacional de Comunalidad, compartancia frente al colapso en la era naciente. Del 05 al 09 de Marzo del 2018. Guelatao de Juárez, Oaxaca.

Diplomado Modelo de Gestión de Proyectos Sociales, con modalidad virtual, impartido por la UNAM y el INDESOL.

Ponencia Preservación del Recurso Hídrico en los Valles Centrales de Oaxaca con enfoque solidario, Congreso de Ciencias Ambientales, Zacatecas México.

Calidad de agua en el cultivo de Tilapia, Oaxaca de Juárez Oaxaca.

ANEXOS.

Anexo 1: Lista de asistencia al taller de diagnóstico.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL - CIDIR UNIDAD OAXACA.



RELACION DE PARTICIPANTES AL TALLER.

FECHA: 29/09/17

NOMBRE	UPA	FIRMA
Mario A. Niño de Rivera Rojas Cel: 951 4362775	Capitán Mascara 1846 benjodmagoch	
Reyes Pineda Mayra Soledad Cel: 951 3222895	Unidad de Estudios Pinar de los Rios Via. Hualahuil, Huixtla	
Julio Fabruel Garcia 951 2042368	Granica El Diamante	
Ignacio Langlo' Campos 951 1024656	Granica	
Gerardo Beltrán Garza	Lacatlan	
Juan Yancy Jance Sandoval	Grupo Nueva el Alamo	
Edgar Jaf Cruz Rojas	Universidad del Alamo	
Julio Cesar Pineda Bustos	Happy Fish	
Juan Rodriguez Rodriguez	Estudiante	



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL- CIDIIR UNIDAD OAXACA.



CONACYT

RELACION DE PARTICIPANTES AL TALLER.

FECHA: 27 de Octubre del 2017

Nombre	UPA	e-mail	Teléfono	Firma
Ignacio Langley Campos	EL DANZANTE	i_langley@hotmail.com	951 102 4656	
Andrés Amador Barahona	San Juan Amoles	Andres.Amador@gmail.com	951 172 1937	
Jose Luis Fernandez M.	Anaco	ep_jose_luis@yahoo.com	951-527-6110	
Jesús Spency Suarez Sanchez	El Higojuto	ovn02@hotmail.com	9511812911	
Mario Antonio Niso de Rivera R.	"Capitan Mujeres"	mario.niso@gmail.com	951 436 2775	
Gerardo Bolaños Garzón	"Granja el Llano grande"	gerardogarzon@live.com	951 185 4831	
Andrés García Acevedo		petrandy82@hotmail.com	9514367930	



ENCUESTA.



Elaboró: Nathali Martínez Salazar.
Estudiante de la maestría en Gestión de Proyectos para el desarrollo Solidario.
Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca.

Objetivo de la encuesta: Conocer el uso que se le da al agua de desecho de los tanques acuícolas.

Datos del encuestado:

Localidad: Cuilapam de Guerrero
Municipio: Cuilapam de Guerrero
Nombre de la granja: El Danzante
Nombre del productor: Ignacio Langlé Campos
Edad: 61 Sexo: Masculino

1. ¿Cuántos años lleva como productor acuícola? 2 (DOS) AÑOS
2. ¿De donde obtiene el agua que utiliza para su cultivo?
Agua corriente Pozo Pipas de agua Otro (mencione cual)
3. ¿Con cuántos tanques cuenta su granja? 5 (CINCO) TANQUES
DE 8 metros de diámetro y uno de 3 metros para cuarentena
4. Sus tanques son circulares o cuadrados?
circulares
5. ¿De qué material son sus tanques?
geomembrana
6. ¿Cada que tiempo hace el recambio de agua?
recambio parcial cada 2 (dos) meses
7. ¿Reutiliza el agua que desecha de sus tanques acuícolas? NO (todavía)
Si (si la respuesta es sí pasar a la pregunta 8)

No ¿Por qué? *necesito y quiero filtración y recirculación y aprovechamiento en acuaponía*

8. ¿Qué uso le da al agua que desecha de sus tanques acuícolas?

- a) La usa para riego
- b) La usa para acuaponía
- c) Otro (mencione cual)

9. ¿Conoce los beneficios del agua que ha sido usada en sus tanques?

Si No

10. Considera que usar el agua de desecho de los tanques es...

- Muy bueno
- Bueno
- Regular



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL- CIDIIR UNIDAD OAXACA.

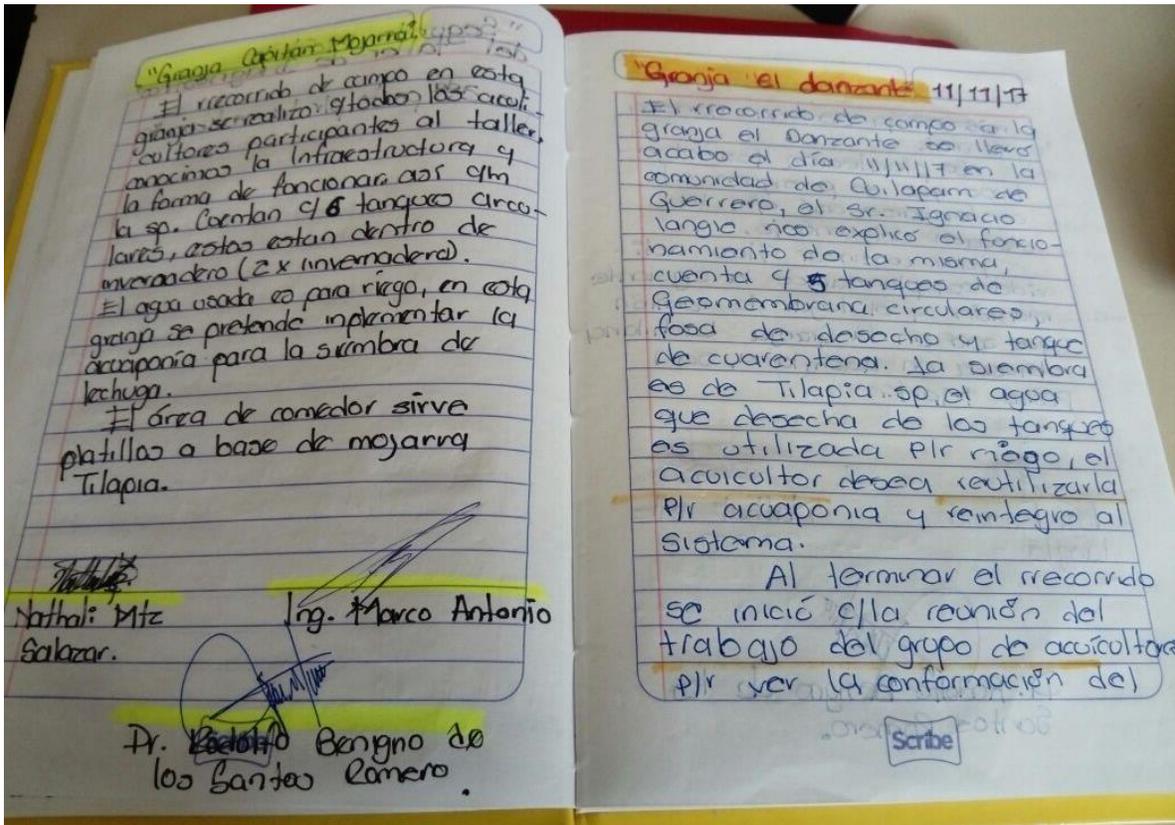


CONACYT

RELACION DE PARTICIPANTES A LA REUNION DE TRABAJO.

FECHA: 11 de Noviembre del 2017

Nombre	UPA	e-mail	Teléfono	Firma
Manuel Sierra Barragán	Granja La Glara	masros_536@guai.com	951 783673	
Angel Sierra Barragán	Granja la Chibma	Granjalachibma@gmail.com	951 2951065	
Andrés García Acevedo	Técnicos	pekaandy@gmail.com	9514367930	
José Luis Hernández Méndez	JUV-VAR A-20-20	sp_jose_mendez@hotmail.com	951-5246450	
José Yovany Juárez Sanborn	Técnico	com.02@hotmail.com	9511812441	
Andrés Hernández Barahona	Amplias	andres.hernandez.barahona@gmail.com	951 721137	
Marco A. Nisco de Rivera R.	Experten "Hojerrera"	marqo.nisco@gmail.com	951 4362775	
Edgar J. Owe Rojas	Técnico	owerojas@gmail.com	9512348651	
Ignacio Langlo Campos	El Derivante	ilanglo@hotmail.com	9511024656	
Cristino Sierra López	Granjalachibma		9512951065	



Anexo 6: Carta solicitud del grupo de trabajo.

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca a 30 de Junio del 2017.

DR. SALVADOR ISIDRO BELMONTE JIMÉNEZ
DIRECTOR DEL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL, UNIDAD OAXACA DEL
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
P R E S E N T E



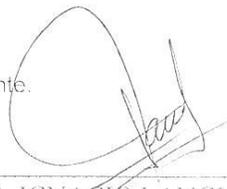
Por medio de la presente, hago de su conocimiento que somos un grupo de productores acuícolas de seis comunidades de los Valles Centrales de Oaxaca; en nuestras Unidades de Producción Acuícola, en los Valles Centrales de Oaxaca, tenemos la necesidad de implementar tecnologías que nos permitan aprovechar de manera sustentable el recurso hídrico; y que éstas sean eficientes, económicas y amigables con nuestro ambiente. Lo anterior es vital para el desarrollo de nuestra actividad productiva familiar. Sabemos que el centro de investigación a su digno cargo cuenta con una maestría profesional que está especializando a alumnos en materia de proyectos solidarios; por ello, nos atrevemos a solicitarle la colaboración de la Biól. Nathali Martínez Salazar, del Dr. Rodolfo Benigno de los Santos Romero y de la Maestra Graciela E. González Pérez, para que nos asesoren en este emprendimiento e innovación que redundará en el beneficio de nuestras familias y de nuestras comunidades.

Agradeciendo de antemano la atención y en espera de una respuesta afirmativa, le enviamos un cordial saludo.

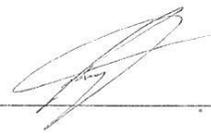


SR. MARIO FERNANDEZ.

Atentamente.



SR. IGNACIO LANGILE CAMPOS.



SR. MARCO ANTONIO NIÑO
DE RIVERA.

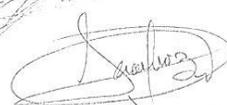
SR. JULIO GABRIEL GARCÍA.

SR. JULIO CESAR PINELO
BAUTISTA


SR. GERARDO BOLAÑOS GARZÓN.


José Luis Hernández


Pedro Hernández Bautista


José Yovany Suárez


Andrés García Acevedo

Anexo 7. Ejemplo de las hojas de salida a campo que se han elaborado.

1024
Versión: 01
Página: 01

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CIDIR UNIDAD OAXACA
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
AVISO DE COMISIÓN**

09 NOV 2017

(Proyectos con financiamiento SIP, externo y vinculados)
En virtud de la presente Orden de Comisión, se solicita a todas las Autoridades civiles y militares del país, brinden oportuno y eficaz auxilio cuando lo solicite(n) el(los) comisionado(s), para asegurar el interés del ramo y para perseguir los delitos que en su contra se cometieran.

SANTA CRUZ XOXCOTLAN, OAXACA A 9 DE noviembre DE 2017

DATOS DEL(LOS) BENEFICIARIO(S)				
Nombre	RFC	Puesto (Director de Proyecto, participante, estudiante)	*Identificación	Firma
Nathali Martínez Salazar	MASN840629L3	Estudiante	A170220	<i>[Firma]</i> V.O.B. <i>[Firma]</i>

Nombre del Proyecto Proyecto de Tesis de la MGPDS. Implementación de un sistema de filtración en una Unidad de Producción Acuícola de Valles Centrales de Oaxaca, bajo un enfoque solidario.

Número de empleado, registro de estudiante, RFC, honorarios: *[Firma]*
Dra. María Eufemia Pérez Flores (Presidenta de la Academia MGPDS)
NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR DE PROYECTO

DATOS DE LA COMISIÓN			
Lugar: Cuilapam de Guerrero, Oaxaca	Total de Dias: 1	Fecha Inicial: 11 de noviembre	Fecha Final: 11 de noviembre
Motivo: Continuación del Diagnóstico Participativo en una Unidad de Producción Acuícola.			
Transporte: <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Sin Viáticos	<input type="checkbox"/> Terrestre	<input type="checkbox"/> *Con Viáticos	<input type="checkbox"/> *Vehículo Oficial <small>*Registrar cuadro correspondiente</small>
Lugares y Periodos de la Comisión	Cuota Diaria	Núm. Dias	Núm. Personas
			\$
			\$
			\$
Origen de los Recursos: <input type="checkbox"/> SIP <input type="checkbox"/> COFAA <input type="checkbox"/> CONACyT <input type="checkbox"/> OTRO	Observaciones		

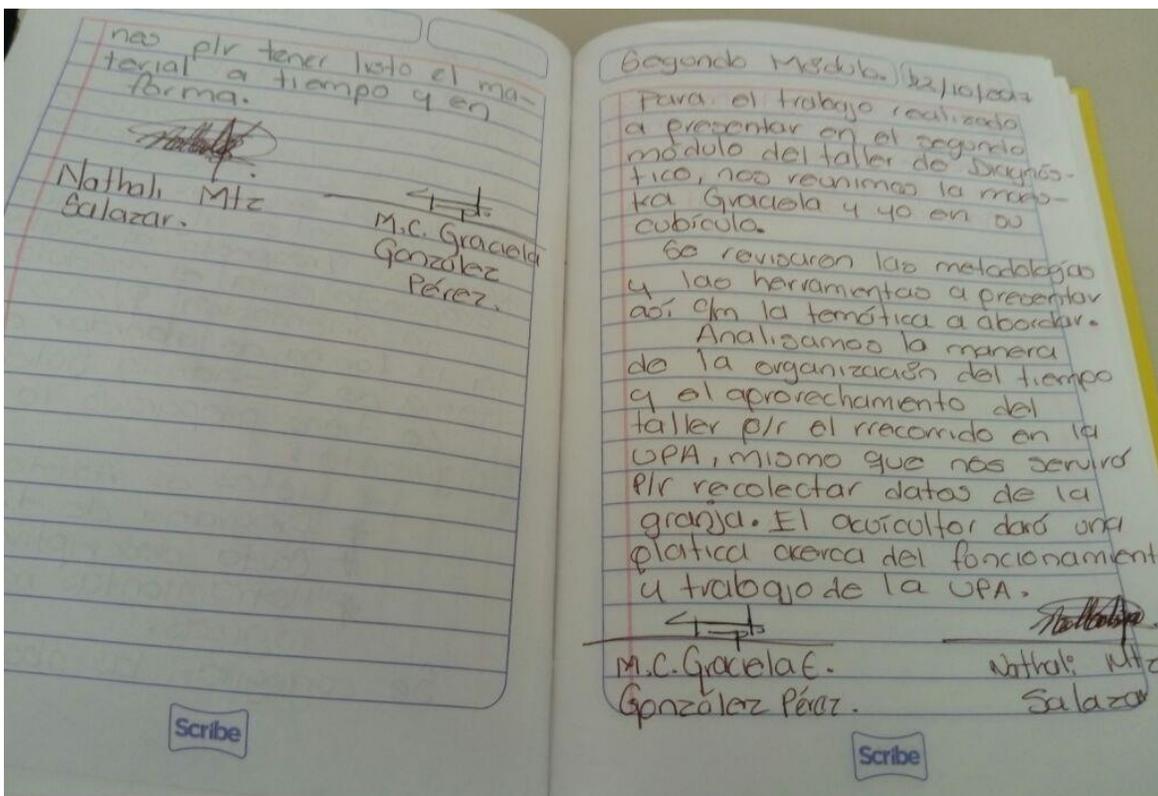
***SOLO SI SOLICITA VEHÍCULO OFICIAL**

Resguardo Temporal de Vehículo Fecha de Salida: _____ Vehículo: _____ Color: _____ Modelo: _____ Placa: _____ Kilometraje de Salida: _____ Herramientas y/o accesorios: _____ Llave del vehículo: _____ Nombre y firma del conductor: _____	El campo Folio lo anota el ORMyS Fecha de Regreso: _____ Núm de Serie: _____ Núm de Inventario: _____ Kilometraje de Regreso: _____ Cable para corriente: _____ Llarga de conexión: _____ Cálculo con material: _____ Vo. Bo. _____ ING. ALEJANDRO CRUZ AGUILAR JEFE DPTO. DE REC. MATERIALES Y SERVIC
---	--

FIRMAS Y SELLO DE AUTORIZACIÓN

Vo. Bo. <i>[Firma]</i> MARIA DE LOS ANGELES LADRÓN DE GUEVARA TORRES JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN	Vo. Bo. <i>[Firma]</i> DR. SALVADOR ISIDRO BELMONTE JIMÉNEZ DIRECTOR DEL CIDIR UNIDAD OAXACA
--	---

SELLO



LITERATURA CONSULTADA.

- Arredondo F.J.L. (1996). Estado actual y perspectiva de la acuicultura en México. *Contactos*. México. 14 (28-38 p).
- Bau, J. 1991. Investigación sobre la conservación del agua en Portugal: *In: Memorias de los seminarios sobre usos eficientes del agua*. Recuperado desde: <http://www.etapa.net.ec/Documentos%20Varios/Agua%20Potable/Agua%20y%20Saneamiento/Conservacion%20del%20agua%20en%20Portugal>. Consultado Marzo del 2017.
- Barkin, D y Lemus, B. (2011). La economía ecológica y solidaria: una propuesta frente a nuestra crisis. *Revista Sustentabilidades*. (5).
- Bregnballe, J. 2015. A Guide to Recirculation Aquaculture an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organisation. 100 p.
- Calderón, B., López, J y Siete, G. (2016). Estudio comparativo de la aplicación de zeolita activada y carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas base agua. (Tesis de grado). Universidad del Salvador, Centro américa. 152 p.
- Chandra, V. (2012). Phytoremediation of heavy metals from fly ash pond by *Azolla caroliniana*. *Ecotoxicology and Environmental*, 82. 8-12. Recuperado de: https://www.researchgate.net/journal/10902414_Ecotoxicology_and_Environmental_Safety
- Caracciolo, M. y Foti. M. 2013. Economía Social y Solidaria aportes para una visión alternativa. IDAES-UNSAM. 28 p.
- Chen, M., Deng, S., Yang, Y., Huang, Y., y Liu, C. (2012). Efficacy of oxygen-supplying capacity of *Azolla* in a controlled life support system Original. *Advances in Space Research*, 49 (3), 487-492. doi.org/10.1016/j.asr.2011.11.004.
- Collazos-Lasso L.F., Arias-Castellanos J.A., 2015. Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. *Orinoquia*, 19 (1), 77-86. Recuperado desde: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640816007>> ISSN 0121-3709.
- Collin, H. L. (2008). La economía social y solidaria. *Pasos, segunda época*, (135). Recuperado de: http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Costa_Rica/dei/20120710101354/economia.pdf
- Comisión Nacional del Agua, Organismo de cuenca Pacifico Sur, 2012. Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica: Visión 2030. Estado de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oax.

- Comisión sobre el desarrollo sostenible. (2003). Informe de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible constituida en comité preparatorio de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Recuperado de:
<http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/documentos/aconf199pc14.pdf>
- Coronel, O. D. 2016. Zapotecos de los Valles Centrales de Oaxaca. Comisión Nacional para el desarrollo de los Pueblos Indígenas. 58 Pág.
- Da Silva, J. (2006). Fito tratamiento de efluente de acuicultura con *Azolla filiculoides*. (Tese de Maestria). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, 118 p.
- Daly, H.E. (1992). Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological Economics*, 6 (1992), 185-193. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- Dominguez, C.O. 2012. Los Sistemas Acuícolas de Recirculación: ¿una alternativa para el cultivo sustentable de peces ornamentales en el Estado de Morelos? *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 12 (24), 208-225. Consultado el 22 de Agosto del 2018.
- Esquivel, L. G., Asiain, H. A., Ruelas, M. M. C., Reta y M. J. L. (2016). Análisis de la acuicultura en Veracruz bajo una perspectiva de gestión del recurso hídrico. XXIX Reunión científica y tecnológica forestal y agropecuaria Veracruz. II Reunión científica y tecnológica 2016. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz.
- Forni, C., Chen, J., Tancioni, L y Grilli, M. (2001). Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. *Wat. Res*, 35 (6), pp. 1592–1598.
- Galindo J., Barbarito J., Fraga I y Álvarez J.S., 2006. Empleo de la zeolita en la alimentación del Camarón Blanco *Litopenaeus schmitti*. *Comunicación científica*. Pp.106-112.
- García G.G., Trujano M.C. y Trasviña A.G., 2005. Descripción del manejo y evaluación de la calidad del agua en la granja de tilapia “El Salmoral”. En: XII Congreso Nacional en Ciencia y Tecnología del Mar.
- Geilfus, F. 2009. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José Costa Rica. 208 p.
- Gobierno de la República. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Recuperado de: <http://pnd.gob.mx/>.
- Gobierno del estado de Oaxaca. Plan estatal de desarrollo 2016-2022. Recuperado de:
<http://www.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/08/PED-2016-2022-Oaxaca.pdf>
- Gobierno Municipal de Santa Cruz Xoxocotlán. Plan de Desarrollo Municipal (2011-2013). Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Recuperado de:
https://finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/385.pdf

- González, V.F., Dominguez, M.M., Cruz, P. K y Arriaga, M.J. A. (2011). Identificación de estudios y proyectos del sector hídrico: Oaxaca, Puebla y Tlaxcala; 2005-2011. Fundación UNAM. 87 Pág.
- Healy, M.G., Rodgers, M., y Mulqueen, J. (2006). Performance of a stratified sand filter in removal of chemical oxygen demand, total suspended solids and ammonia nitrogen from high-strength wastewater. *Journal Environment Management*, 83. Pp 409-415.
Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16814452>
- Hernández, B. C. A., Aguirre, G. G., López, C. G., y David, G. (2009). Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la región norte, noreste y noroeste de México. *Quinta Época*, 25.
Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14118560012>
- Hidalgo, B. D., Martín, M. J., Gómez, R. M., Aguado, P. A., y Antolín, G.G. (2014). Sistema integral y sostenible para el reciclado y valorización de residuos múltiples - proyecto REVAWASTE. *Ingeniería y Tecnología del medio ambiente*, 89. (3).
- Inifap. (2013). Zeolita natural, alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México. Recuperado de:
http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3919/CIRCE_010208153800039686ok.pdf?sequence=1
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2004). Guía para la interpretación de cartografía. Edafología, Escala 1:250 000 Serie II, México. Recuperado de:
<http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EDAFI.pdf>
- Jiménez S, J.A, (2012). Sistemas de Recirculación Acuícola: una visión y retos diversos para Latinoamérica. *Industria acuícola, acuicultura y negocios de México*, 8 (2). pp 4-8.
Recuperado de: https://issuu.com/industriaacuicola/docs/edicion8_2/6
- Kammerbauer, J. (2001). Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos. *Interciencia*, 26 (8), pp. 353-359 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.
- Kubitza, F. (2010). Los caminos para una Piscicultura sustentable. *Panorama da Aquicultura*, 20 (18), pp. 16-23.
Recuperado de: http://www.aquaimagem.com.br/docs/Pan119_Kubitza.pdf
- Langle, C. I. 2017. Datos obtenidos durante el taller de diagnóstico participativo realizado el 29 de septiembre.
- López R.J., Pérez S.J., López A. J.M., 2000. La participación de las Zeolitas en la conservación de las Aguas. *AquaTIC* (9).

Recuperado de: <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/issue/view/9/showToc>

Losordo, M. T., Masser, P. M y Rakosi, J. (1998). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems an Overview of Critical Considerations. *Southern Regional Aquaculture Center*, (451). Recuperado de: https://web.archive.org/web/20151017093654/http://www.extension.org/mediawiki/files/f/f5/Overview_of_RAS.pdf

Luna, V., Guadalupe, S., Quintero, L., Castillo B., De Jesus, G.A., Quispe, L y Griceldo, A. (2016). Captación de amonio en zeolita la incubar gallinaza y residuos de codorniz. *Terra latinoamericana*, 34 (201-206).

Recuperado desde: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57345272004>

Martelo, J., y Borrero, J. a L. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales : una revisión del estado del arte. *Ingeniería Y Ciencia*, 8 (15), pp. 221–243. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>

Martínez G. M. A., 2013. Tecnologías para el uso sostenible del agua: una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Tegucigalpa, M.D.C, Honduras. 70 pp.

Martinez, C. R. L., Martínez, P. M., López, E. J. A y Enríquez, O. L. F. (2014). Uso de microorganismos en el cultivo de crustáceos. *Ciencias biológicas y de la salud*, XVI (3), pp. 50-55. Recuperado de: <file:///C:/Users/Nathali/Downloads/141-279-1-SM.pdf>

Niño de Rivera, R. M. A. 2017. Datos obtenidos durante el taller de diagnóstico participativo realizado el 29 de septiembre.

Organización de las naciones Unidas. (2015). Agua para un mundo sostenible, datos y cifras. Recuperado de:

http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Petranovskii, V y Hernández, M. A. (2015). Zeolita-una roca útil. *BUAP*. Recuperado desde: <http://www.icuap.buap.mx/sites/default/files/revista/2015/01/Zeolita.pdf>

Quadri de la T, G. (1999). Eficiencia y uso sustentable del Agua en México. *Comercio Exterior*. 8. Recuperado desde:

http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/sp/index_rev.jsp?idRevista=281

Reyes,E.D., Cerino, F.J. y Suárez M. A. (2006). Remoción de metales pesados con soporte de biomasa. *Ingenierias*, 9 (31).

Recuperado desde: file:///C:/Users/Nathali/Downloads/31_remocion.pdf

- Rivera, I. L., Vargas, G. O., Cun, J. M. Y Rodríguez, D. I. (2017). Comportamiento de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Revista cumbres*, 3 (2), pp. 9-16. Recuperado de: <http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/192/90>
- Sempere, J. 2009. Mejor con menos, necesidades, explosión consumista y crisis ecológica. Ed. Crítica (colección Noema), Barcelona. Pp 35-44.
- SustainAqua. 2009. "Integrated approach for a sustainable and healthy freshwater aquaculture". En: SustainAqua handbook – A handbook for sustainable aquaculture. Organización de productores piscicultores. 122 p.
- Silupú, G. C. R., Solís, C. R. L, Cruz, C. G. J., Gómez, L. M. M., Solís, V. L y Keiski, R.L. (2017). Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes – Perú. *Rev. Colomb. Quim*, 46 (3), pp. 37-45. Consultado en: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n3.62146>.
- Toro, C., De Jesús, F., Benítez, L., Lina, M., Herrera, Á. (2006). La zeolita en la mitigación ambiental. *Revista Lasallista de Investigación*, 3 (1), 30-34. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69530106> ISSN 1794-4449
- Trasviña, M. A. G., Cervantes, T. M., Pérez, S. E y Timmons, M. (2007). Sistema de recirculación modular para uso familiar/multi-familiar. (Tesis Pregrado). Instituto Tecnológico de Boca del Río. Veracruz, México.
- Uheda E, Nakamura S, Kitoh S (1995) Aspects of the very rapid abscission of *Azolla* branches: anatomy and possible mechanism. *International Journal of Plant Sciences*, 156 (6), pp. 756-763.
- UNESCO (2003). Agua para todos, agua para la vida. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>.
- Universidad Autónoma de Chapingo, 2015. Sistema Producto Tilapia Diagnostico Oaxaca, México. 64 pág
- REAS. 2011. "Carta de Principios de la Economía Solidaria" Red de Redes. Recuperado de: <https://www.economiasolidaria.org/carta-de-principios>.
- Yamashita, T., Yamamoto, I. R., y Zhu, J. (2011). Sulfatereducing bacteria in a denitrification reactor packed with wood as a carbon source. *Bioresource Technology*. (102), pp.2235–2241.
- <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/index.html> consultado el 25 de marzo de 2017.

http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me&e=20 consultada el 10 de marzo del 2017.