

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA, FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES y
HUMANIDADES, Y FACULTAD DEL HÁBITAT**

MAESTRÍA INTERDISCIPLINARIA EN CIUDADES SOSTENIBLES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIUDADES SOSTENIBLES

**ACUAPONÍA: UN SISTEMA NOVEDOSO DE AUTOCONSUMO QUE
GARANTIZA EL DERECHO HUMANO A LA ALIMENTACIÓN, EN EL ESTADO DE
SAN LUIS POTOSÍ.**

PRESENTA:

JOSEFINA DEL SOCORRO GONZÁLEZ IBARRA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. VIOLETA MENDEZCARLO SILVA

ASESORES:

DR. BENJAMÍN RONTARD

DR. RUBÉN OSWALDO CIFUENTES LÓPEZ

23 DE SEPTIEMBRE DE 2022

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, S.L.P. México

CON FINANCIAMIENTO DE:

CONACYT

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 1102025

**MAESTRÍA EN CIUDADES SOSTENIBLES RECIBE APOYO ATRAVÉS DEL
PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**



ACUAPONÍA: UN SISTEMA NOVEDOSO DE AUTOCONSUMO QUE GARANTIZA EL DERECHO HUMANO A LA ALIMENTACIÓN, EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ. por JOSEFINA DEL SOCORRO GONZÁLEZ IBARRA se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](#).

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios la oportunidad de aprender y culminar esta Tesis.

Me agradezco a mí por continuar a pesar de las dificultades, complicaciones y problemas, por demostrarme que todo lo puedo cuando se tiene fe en Dios.

Agradezco a mis hijos, Sofía Esmeralda y Carlos Antonio, su amor infinito, paciencia y aprendizaje.

Agradezco a mis padres, Juan Carlos y Delfina, su ejemplo, crianza, paciencia y amor incondicional. A mis abuelos Venancio y Juliana, su impulso y ejemplo.

Agradezco a mis hermanos, Esmeralda, Yanet, Juan Carlos, sobrinos, Mauricio y Daniel, mis cuñados, Martín y Jorn, su apoyo incondicional.

Agradezco a mi Subcomité de Tesis, Dra. Violeta Mendezcarlo Silva, Dr. Benjamín Rontard y Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, su paciencia, dirección y aprendizaje en esta Tesis.

Agradezco al Ing. Luis Manuel Alvarado Robles, de La Cenicienta, en el Municipio de Ríoverde, San Luis Potosí, el apoyo otorgado, desde la facilidad de cría de tilapia, hasta sus conocimientos, consejos y acompañamiento a lo largo de este proceso de enseñanza-aprendizaje.

Agradezco a la Lic. María Manuela Kalixto Sánchez, su amistad y apoyo brindado en esta investigación, sus amplios conocimientos en la materia de derecho ambiental y su gran ejemplo de vida.

Agradezco a cada persona, que con sus enseñanzas, tiempo, apoyo incondicional, me impulsaron y motivaron a seguir adelante en la culminación de este proceso, aun cuando las cosas se complicaron.

Resumen

La presente investigación aborda el tema de la acuaponía desde la perspectiva del derecho humano a la alimentación, como una forma de enfrentar el hambre y la pobreza en el Estado de San Luis Potosí, cubriendo las necesidades alimentarias de una familia, aportando nutrientes valiosos a las personas, como por ejemplo un pescado de tilapia y una hortaliza de hoja, como la lechuga, que se pueden producir en un sistema de acuaponía, te aportan: “100 gramos de Tilapia tienen el 5% del total diario calórico necesario: 96 calorías. ... Un adulto medio necesita 50 gramos de proteínas al día. 100 gramos de Tilapia tienen 20,08 gr de proteína, el 40% de tu necesidad diaria total. ...100 gramos de Lechuga tienen el 1% del total diario calórico necesario: 13 calorías. ... 100 gramos de Lechuga contienen 1,1 gramos de fibra dietética, el 4% de tu total diario necesario. ” (todoalimentos, 2022), y en su caso, dando posibilidad de comercializar el producto excedente obtenido.

La investigación se funda en un sistema piloto experimental de acuaponía que se desarrolló en El Rodeo, Municipio de Mexquitic, San Luis Potosí, México. Con base en los datos y resultados obtenidos de este sistema piloto experimental de traspatio, con fines de autoconsumo, se realiza una propuesta de política pública que plantea a la acuaponía como una técnica de cultivo novedosa, como alternativa a los problemas de hambre y pobreza que se viven en el Estado de San Luis Potosí.

Entendiendo a la acuaponía como un sistema que combina la acuicultura, cultivo de peces e hidroponía, cultivo de plantas sin suelo, en un mismo sistema, logrando una simbiosis entre pescados y plantas, donde los desechos de los peces sirven de nutrientes a las plantas para que estas crezcan y se desarrollen, logrando de esta forma la producción de peces y hortalizas de forma sincronizada.

El sistema piloto experimental se desarrolló en un espacio de 4.5 m², se cultivó tilapia gris y hortaliza de lechuga, en un sistema de hidroponía NFT. Partiendo de los resultados obtenidos se propone una política pública con apoyo del gobierno estatal y municipal para la aplicación de un programa social de acuaponía de traspatio con fines de autoconsumo, en un sistema que sea autosostenible.

Palabras clave

Acuaponía, Derecho Humano a la Alimentación, Soberanía Alimentaria, Políticas Públicas, Hambre y Pobreza.

Abstract

The present research addresses the issue of aquaponics from the perspective of the human right to food, as a way to face hunger and poverty in the State of San Luis Potosí, covering the food needs of a family, providing valuable nutrients to the people, such as a tilapia fish and a leafy vegetable, such as lettuce, which can be produced in an aquaponics system, give you: “100 grams of Tilapia have 5% of the total daily caloric need: 96 calories. ... An average adult needs 50 grams of protein per day. 100 grams of Tilapia have 20.08 gr of protein, the 40% of your total daily needs. ...100 grams of Lettuce contain 1% of your total daily caloric needs: 13 calories. ... 100 grams of Lettuce contain 1.1 grams of dietary fiber, the 4% of your total daily needs. ” (todoalimentos, 2022), and where appropriate, giving the possibility of carrying out an entrepreneurial activity, through the commercialization of the product obtained.

The research is based on an experimental pilot system of aquaponics that was developed in El Rodeo, Municipality of Mexquitic, San Luis Potosí, Mexico. Based on the data and results obtained from this experimental backyard pilot system, for self-consumption purposes, a public political proposal is made that proposes aquaponics as a new cultivation technique, as an alternative to the problems of hunger and poverty in the State of San Luis Potosí.

Understanding aquaponics as a system that combines aquaculture, fish farming and hydroponics, plant cultivation without soil, in the same system, achieving a symbiosis between fish and plants, where fish waste serves as nutrients for plants to that these grow and develop, getting the production of fish and vegetables synchronously.

The experimental pilot system was developed in a space of 4.5 m², gray tilapia grown in a 1000 liter tank and lettuce vegetables were grown in an NFT hydroponics system. Based on the results obtained, a public politic is proposed with the support of the state and municipal government for the application of a social program of backyard aquaponics for self-consumption purposes, in a system that is self-sustainable.

Key words

Aquaponics, Human Right to Food, Public Politics, Food Sovereignty, Hunger and Poverty.

ÍNDICE

Introducción.....	14
Capítulo I. Derecho humano a la alimentación: políticas públicas para combatir el hambre y la pobreza.....	27
1.1 Consideraciones generales del derecho humano a la alimentación.	27
1.2 Hambre y pobreza como formas de afectación al derecho humano a la alimentación.....	30
1.3 Comparativo de políticas públicas que combaten el hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación.	33
1.4 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), respecto al derecho humano a la alimentación y su combate al hambre y la pobreza.	37
Capítulo II. Sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo, en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí.	43
2.1 ¿Qué es la acuaponía?	43
2.2 Antecedentes de la acuaponía.....	46
2.3 Documentación del sistema piloto de acuaponía, ubicado en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí.	49
2.3.1 Diseño del sistema experimental acuapónico	49
2.3.2 Construcción del sistema experimental acuapónico	54
2.3.3 Operación del prototipo del sistema acuapónico	70
2.3.4 Resultados obtenidos.....	85
2.3.5 Conclusiones	89
2.4 Costos de construcción, elementos iniciales y gastos mensuales de mantenimiento del sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo.	100
2.5 Escasez de agua, fortaleza o debilidad en un sistema de acuaponía.	104
Capítulo III. Regulación jurídica del derecho humano a la alimentación, en técnicas novedosas de cultivo, como la acuaponía.	115
3.1 Un acercamiento al concepto de soberanía alimentaria.....	115

3.2 Políticas públicas internacionales en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.....	117
3.3 Políticas públicas en México, respecto al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.	123
3.4 Políticas públicas en el estado de San Luis Potosí en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.	130
Capítulo IV. Propuesta de política pública respecto al uso de acuaponía como un sistema novedoso de técnica de cultivo de traspatio con fines de autoconsumo, en el Estado de San Luis Potosí.	134
4.1 Consideraciones generales en el diseño de política pública del sistema de acuaponía de traspatio, con fines de autoconsumo.....	134
4.2 Propuesta de política pública de sistema de acuaponía de traspatio, con financiamiento del gobierno federal, en coordinación con el gobierno estatal y/o municipal.	142
Bibliografía	157
Anexo 1. Porcentaje de contribución de cada SAM respecto a la dieta mediterránea recomendada (2000 cal/día) para una familia de cuatro miembros. (U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture, 2015).....	163
Anexo 2. Porcentaje de contribución de cada SAM respecto a las vitaminas y minerales recomendados para una dieta saludable de una familia de cuatro miembros (United States Department of Agriculture - USDA, 2019).	164
Anexo 3. Etapa inicial de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de febrero de 2022.	165
Anexo 4. Etapa intermedia de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de marzo de 2022.	178
Anexo 5. Etapa avanzada de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de abril de 2022.....	188

Anexo 6. Etapa final de la operación del sistema piloto de acuaponía en los meses de mayo y junio de 2022.....	195
--	-----

Índice de esquemas

Esquema 1. Problemática de investigación.....	16
Esquema 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	37
Esquema 3. Relación de la soberanía alimentaria con el derecho humano a la alimentación y la seguridad alimentaria.....	116

Índice de tablas

Tabla 1. Comparativo de políticas públicas que combaten el hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación.....	33
Tabla 2. Parámetros y rangos de la calidad de agua en acuicultura.....	77
Tabla 3. Crecimiento, desarrollo y primera cosecha de lechuga.....	78
Tabla 4. Crecimiento, desarrollo y segunda cosecha de lechuga.....	81
Tabla 5. Siembra y primera cosecha de tilapia.....	82
Tabla 6. Nutrientes aportados por la lechuga.....	94
Tabla 7. Nutrientes aportados por la tilapia.....	95
Tabla 8. Costos de construcción de sistema piloto de acuaponía.....	101
Tabla 9. Costos de elementos iniciales de operación del sistema piloto de acuaponía.....	102
Tabla 10. Gastos mensuales del sistema piloto de acuaponía.....	103
Tabla 11. Instrumentos jurídicos internacionales sobre derecho a la alimentación.....	118

Índice de imágenes

Imagen 1. Representación de un sistema de acuaponía.....	43
Imagen 2. Concepto de acuaponía.	45
Imagen 3. Sistema SABI del ECOSUR.....	46

Imagen 4. Documentación del proceso del sistema piloto de acuaponía.....	48
Imagen 5. Diseño del sistema piloto de acuaponía propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López.....	50
Imagen 6. Representación de un pequeño sistema acuapónico con método NFT...51	
Imagen 7. Diseño del sistema piloto de acuaponía modificado e implementado....	52
Imagen 8. Ubicación El Rodeo, Mexquitic de Carmona.....	54
Imagen 9. Partes y su utilidad en un sistema de acuaponía.....	60
Imagen 10. Equilibrio entre peces, plantas y bacterias.....	73
Imagen 11. Temperatura del macrotúnel donde se encuentra el sistema piloto de acuaponía.	74
Imagen 12. pH de agua en el Sistema Piloto de Acuaponía.....	75
Imagen 13. Crecimiento del pez de acuerdo a la temperatura.....	90
Imagen 14. Ciclo del agua urbana.....	104
Imagen 15. Sistema de agua de lluvia en la ciudad de San Luis Potosí.....	107
Imagen 16. Propuesta de diseño del sistema de acuaponía de traspatio.....	153

Índice de fotografías

Fotografía 1. Sistema piloto acuapónico.....	53
Fotografía 2. Tanque de 1000 litros para peces.....	55
Fotografía 3. Tubos de PVC para sistema piloto de acuaponía.....	56
Fotografía 4. Diverso material de PVC.....	57
Fotografía 5. Contenedores de 100 litros cada uno para filtros.....	57
Fotografía 6. Bomba aireadora y de retorno de agua para sistema experimental de acuaponía.	58
Fotografía 7. Materiales para el filtro de sólidos y el biológico.....	58
Fotografía 8. Manguera de riego y 100 goteros.....	60
Fotografía 9. Partes y funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.....	61
Fotografía 10. Limpieza del terreno donde se construyó el sistema piloto de acuaponía.....	63

Fotografía 11. Macrotunel.....	64
Fotografía 12. Diseño de sistema piloto de acuaponía.....	64
Fotografía 13. Paso 1. Armado del sistema piloto de acuaponía.....	65
Fotografía 14. Paso 2. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	65
Fotografía 15. Paso 3. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	66
Fotografía 16. Paso 4. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	67
Fotografía 17. Paso 5. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	67
Fotografía 18. Paso 6. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	68
Fotografía 19. Paso 7. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	68
Fotografía 20. Paso 8. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	69
Fotografía 21. Paso 9. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.....	70
Secuencia fotográfica 22. Inicio del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.....	166
Secuencia fotográfica 23. Etapa intermedia del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.....	178
Secuencia fotográfica 24. Etapa avanzada del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.....	188
Secuencia fotográfica 25. Etapa final del primer ciclo de cosecha de lechuga y pescado del sistema piloto de acuaponía.....	195

Abreviaturas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

NFT: Nutrient Film Technique (Técnica de Película Nutritiva).

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Introducción

Todo pueblo tiene derecho a que le sea garantizado su derecho humano a la alimentación, por medio de la producción de alimentos de calidad, que sean accesibles para su consumo, pero sobre todo que le otorguen la salud nutricional que le permita tener esa vida saludable, digna y decorosa, que regula la propia Constitución Mexicana, en su artículo 4°.

Sin embargo, no debemos perder de vista que ese derecho a la alimentación, debe ser congruente con la protección a un medio ambiente sano y adecuado, es decir, no se puede garantizar un derecho con la explotación del medio ambiente, porque al ser explotado ese medio ambiente, el hombre también es afectado.

Las formas tradicionales de producir alimentos, están contribuyendo al agravamiento del cambio climático, la huella hídrica, y la sobreexplotación del suelo, obteniendo cada vez alimentos de menos calidad, y el uso de fertilizantes y pesticidas que dañan al medio ambiente y al hombre.

Todo gobierno ve en su soberanía una forma de gobernanza democrática, dejar al ciudadano el libre albedrío de decidir la forma de integrarse en esa soberanía democrática, es ese anhelado respeto a los derechos humanos, sin embargo la realidad nos muestra una falta de acción y empatía por parte del gobierno y de la sociedad por lograr ese equilibrio entre el ser y deber ser, reflejado en políticas públicas que sean acordes a la realidad que se vive.

Repensar la democracia es encontrar en los enfoques integrados, una solución a la cooperación mutua, y al acercamiento de fines comunes, sin la violación al concepto de soberanía y autonomía nacional y regional, respetando los niveles de competencia y la libertad.

Lo anterior nos da la pauta para establecer que no es solamente la obligación del Estado de garantizar un derecho humano la alimentación, es el pueblo también el implicado de llevar a cabo prácticas sostenibles que permitan su cumplimiento por parte del Estado, en una coordinación mutua.

Es aquí donde la acuaponía toma un papel importante, al ser un sistema integrado de producción tanto animal como vegetal, en un mismo sistema, el cual tiene como valor agregado la recirculación y reuso de agua que se utiliza en el sistema, con producción de alimentos de calidad para autoconsumo, y porque no, su comercialización, sin la explotación del suelo, en espacios donde se maximiza la obtención de productos vegetales y animales, por medio de la simbiosis entre peces y plantas.

La acuaponía representa una oportunidad “(...) de mejorar la calidad de vida y asegurar la alimentación de las personas gracias a su fácil acceso, suministro nulo de fertilizantes y el consumo de agua reducido”. (Ramírez, 2021)

La acuaponía es una forma de garantizar esa soberanía alimentaria de todo pueblo, sin dejar de lado la obligación del Estado de garantizar el derecho humano a la alimentación, en un trabajo coordinado de ambos sectores.

Por ello es que la presente investigación plantea la propuesta de crear una política pública que impulse a la acuaponía como un sistema de producción de alimentos sostenible, para el combate del hambre y pobreza en el estado de San Luis Potosí.

Así se realizó un sistema piloto de acuaponía experimental, con resultados factibles, el cual sirve para dar sustento a la propuesta de política pública planteada.

La presente investigación aborda dentro del planteamiento del problema, desde mi punto de vista, el mal manejo que se hace de los recursos naturales, desde las aristas social, económica, ecológicas, política y culturalmente, el problema en sí mismo no radica en la escasez del recurso natural, si no en el mal o pobre manejo que se hace de dicho recurso, a partir de esto es que el derecho garantiza que las necesidades básicas de todo pueblo le sean cubiertas, proyectándolo en el llamado, derecho humano a la alimentación.

La responsabilidad legítima de proteger el derecho humano a una existencia digna, corresponde en una esfera regional a los Ayuntamientos, según lo establecido por artículo 115 constitucional, donde se identifica como problemática

el que los Ayuntamientos no cuentan con los mecanismos y políticas necesarios para cubrir dichas necesidades básicas, así como el uso - explotación del suelo, mal manejo sostenible de los recursos naturales, el desarrollo de efectivos planes de desarrollo regional, entre otras acciones, que permitan a los habitantes de los Ayuntamientos tener una vida digna, decorosa, con salarios que permitan no solo sobrevivir, además de salud.

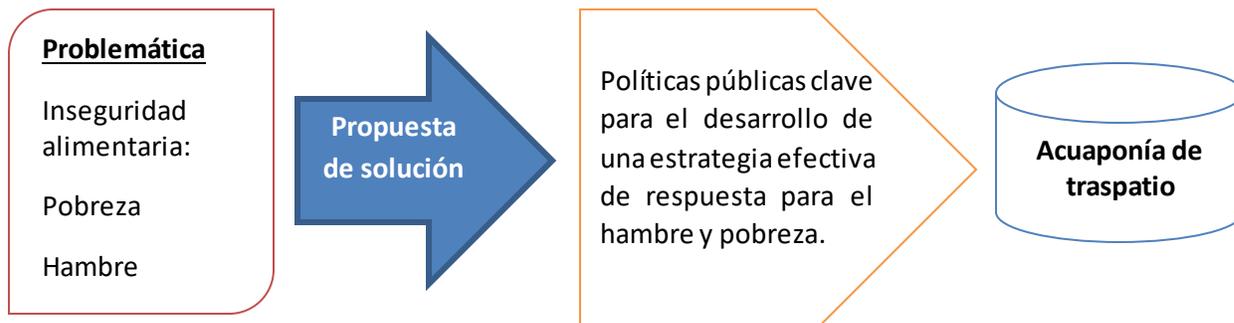
Una de las grandes problemáticas a las que se enfrenta toda sociedad es la contaminación, puede tener efectos adversos sobre seres vivos, ecosistemas y el equilibrio ambiental, hasta causar efectos adversos de tipo económico, social y políticos, a los cuales no se les da la debida importancia (J. Flores y autores 1995).

Un mal manejo de los recursos naturales, conlleva a la fragmentación del hábitat, es decir un cambio en la configuración del paisaje, daño a los servicios ecosistémicos y pérdida de flora y fauna afectando directamente a la sociedad. Por ejemplo, *la contaminación de los mantos acuíferos*, limita el consumo y uso de este recurso; *la desmineralización de la tierra*, nos hace cada vez más dependientes de la explotación de un recurso no renovable como los minerales, necesarios para la fertilización de alimentos, *la tala ilegal de flora*, incrementa el calentamiento global, destruye ecosistemas enteros, *el calentamiento global*, hace que la temperatura de globo aumente y quizás el efecto más notorio sea la desertificación.

La problemática central que se plantea dentro de esta propuesta de investigación es la siguiente:

¿Cuál es el impacto de la acuaponía como novedosa técnica de cultivo de traspatio, con fines principalmente de autoconsumo y en su caso, como forma de comercialización familiar o comunitaria, para garantizar el derecho humano a la alimentación, como *combate al hambre y pobreza, a través de la incentivación de políticas públicas en el Estado de San Luis Potosí?*

Esquema 1. Problemática de investigación.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Las preguntas de investigación que se plantearon en la presente investigación, son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las políticas públicas que protegen el derecho humano a la alimentación, por medio del combate al hambre y pobreza?
2. ¿Cuáles son los alcances del prototipo de un sistema de acuaponía de traspatio, con fines de autoconsumo y comercialización del producto excedente, en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí?
3. ¿Cuál es el régimen jurídico que existe con respecto al derecho humano a la alimentación, en técnicas novedosas de cultivo, como la acuaponía?
4. ¿Cuál es una propuesta desde las políticas públicas, que promueva el uso de acuaponía como un sistema novedoso de cultivo de traspatio, para autoconsumo y comercialización del producto excedente, en el Estado de San Luis Potosí, para combate del hambre y pobreza?

Los objetivos que persigue la presente investigación, se presentan a continuación.

El objetivo general es identificar y elaborar una estrategia desde las políticas públicas, sobre el tema de acuaponía, como un sistema novedoso de cultivo de traspatio para autoconsumo, y en su caso dando posibilidad de la comercialización del producto excedente obtenido, por familia o de forma comunitaria, con el objeto de garantizar el derecho humano a la alimentación, como combate al hambre y pobreza.

Los objetivos específicos, se establecen de la siguiente forma:

1. Identificar las políticas públicas que protegen el derecho humano a la alimentación, por medio del combate al hambre y pobreza.
2. Elaborar un prototipo de un sistema de acuaponía de traspatio con fines de autoconsumo, o comercialización del producto excedente, en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, con el objeto de valorar la viabilidad de un sistema de traspatio, y así justificar la propuesta de una política pública.
3. Identificar el régimen jurídico del derecho humano a la alimentación, en técnicas novedosas de cultivo, como la acuaponía.
4. Elaborar una propuesta, desde las políticas públicas, que promueva el uso de acuaponía como un sistema novedoso de cultivo de traspatio para autoconsumo y en su caso, comercialización del producto excedente, en el Estado de San Luis Potosí, para combate del hambre y pobreza.

El tema de acuaponía que se propone en la presente investigación, se justifica, como una técnica novedosa de cultivo de traspatio para garantizar el derecho humano a la alimentación, busca describir una panorámica sobre la situación de este derecho en el Estado de San Luis Potosí, así como la regulación jurídica que se encuentra con respecto a esta temática, con la proposición de una política pública que garanticen el derecho humano a una ciudad sostenible.

En la formación de un abogado, es importante el análisis de los derechos humanos, entre ellos, el derecho a una vida digna, que contempla conceptos básicos como la alimentación, salud, trabajo, entre otros. Es por ello, que el análisis de la técnica de acuaponía se presenta como una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, salud, empleo, en las ciudades a través de la aplicación de nuevas técnicas de cultivo.

Por ello se propone el análisis de políticas públicas y régimen jurídico relativos al derecho humano a la alimentación, en técnicas novedosas de cultivo, como la acuaponía, soportado dicha investigación en un estudio de caso aplicado de acuaponía desarrollado en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, registrando los errores y aciertos de dicho estudio, para soportar la propuesta de

una política pública, que permita mecanismos de salud, económicos y de un ambiente sano, que dejen a la población no solamente suplir sus necesidades básicas, sino lograr que el sistema de acuaponía traspatio sea autosostenible por medio de la comercialización del producto excedente obtenido en este sistema.

Sin embargo la pandemia que enfrentamos por COVID-19, representa un reto a nivel mundial, nacional, estatal y municipal, debido a que el creciente incremento de la población en zonas marginadas, donde la infraestructura y los servicios básicos como agua y saneamiento no son los adecuados debido a las condiciones tanto físicas, como sociales, económicas y políticas. En referencia a lo anterior la ONU refiere que “el impacto de la COVID-19 será más devastador en las zonas urbanas pobres y densamente pobladas, especialmente para el mil millón de personas que vive en asentamientos informales y en barrios marginales en todo el mundo, donde el hacinamiento también dificulta cumplir con las medidas recomendadas, como el distanciamiento social y el autoaislamiento.” (Unidas, s.f.).

El desarrollo de mecanismos jurídicos nos permite llegar a la aplicación del tema de acuaponía como un sistema que permite el uso sostenible del agua, sin la explotación del suelo, como una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, a través del cultivo de plantas y peces, tratando el agua procesada por este medio para su saneamiento y reúso para fines de uso agropecuario. De esta manera el Ayuntamiento puede desarrollar planes de ordenamiento ecológico y territorial regionales que incluyan el tema de acuaponía como una alternativa de desarrollo sostenible, garantizada por medio de políticas públicas a través de incentivos, que permita el reúso del agua tratada a través de su saneamiento en aquellas zonas de escasez de la misma, donde además el cultivo de plantas y peces sirva como una manera de suplir las necesidades básicas de alimentación que ayude a la salud de la población, además de la venta del producto desarrollado para lograr que el mismo sistema de acuaponía de traspatio sea autosostenible.

Los derechos humanos contenidos principalmente en los artículos 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 25, 26, 27, 115 y demás relativos de la Constitución Política de los Estados

Unidos Mexicanos, motiva con la actuación del Estado para desarrollar políticas y programas de desarrollo regional que le permitan cumplir su obligación de garantizar un adecuado ejercicio de los derechos humanos, integrando un sistema acuapónico que no solo cubra las necesidades de alimentación, salud, entre otras, de cada individuo sino le permita que el mismo sistema sea autosostenible, es decir, poder comercializar con el excedente de productos obtenidos en el sistema de acuaponía, para enfrentar los retos que se viven ante la presente crisis mundial por COVID-19.

Educando y formando a sus nacionales en el respeto al medio ambiente a través del desarrollo sostenible y exponenciando sistemas novedosos de traspatio, para autoconsumo, permitiendo el desarrollo del concepto de ciudad sostenible; a través del trabajo conjunto de todos los actores sociales involucrados en el sistema político de una país, como México, donde se cumplan no solo las condiciones de una gobernanza multinivel, si no el uso de infraestructura verde que permita desarrollar una conciencia sostenible en la sociedad.

La hipótesis que sustenta esta investigación es que *a mayor impacto de la acuaponía como novedosa técnica de cultivo de traspatio para autoconsumo, mejor forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, menor hambre y pobreza a través de la incentivación de políticas públicas que promuevan programas sociales, en el Estado de San Luis Potosí.*

La metodología usada se basó en un estudio descriptivo, analítico y experimental que permitió conocer la importancia de los sistemas novedosos de cultivo de acuaponía traspatio, con finalidad de autoconsumo, y en su caso, la comercialización del excedente producido en el sistema de acuaponía, para ayudar a combatir el hambre y pobreza, incentivando políticas públicas que promuevan este tipo de sistemas como programas sociales.

El tipo de investigación que se desarrolló fue mixto.

“Para Creswell y Plano Clark (2006), los métodos mixtos son una estrategia o metodología con la cual el investigador o la investigadora recolecta, analiza y mezcla (integra o conecta) datos cuantitativos y cualitativos en un único estudio o un programa multifases de indagación. Tashakkori y Teddlie (2009 y 2003) señalan que los métodos mixtos constituyen

una clase de diseños de investigación, en la que se emplean las aproximaciones cuantitativa y cualitativa en el tipo de preguntas, métodos de investigación, recolección de datos, procedimientos de análisis e inferencias.” (Correa)

La investigación se desarrolló en el estado de San Luis Potosí, con la elaboración de un prototipo experimental de un sistema de acuaponía en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, cuyas características físicas, climáticas, sociales y económicas se describen más adelante. La propuesta proyecta un análisis económico del costo-beneficio de un sistema de acuaponía de traspatio, para conocer la viabilidad del proyecto, así como el costo de inversión, egresos, y en general aquello que permita justificar el costo de oportunidad (costo–beneficio) de un sistema de acuaponía de autoconsumo, o en su caso, la comercialización del producto excedente obtenido del sistema de acuaponía, como una forma de combatir el hambre y pobreza, garantizando el derecho humano a la alimentación, entendiendo que este derecho no es solo “(...) un derecho a una ración mínima de calorías, proteínas y otros elementos nutritivos concretos. Es un derecho a todos los elementos nutritivos que una persona necesita para vivir una vida sana y activa, y a los medios para tener acceso a ellos.”, (ONU, 2010)

Se considera que según datos de INEGI, en el 2010, la distribución de la población ocupada por sector de actividad estaba enfocada en una gran parte al sector primario, comprendido en "Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza.". (SEDESOL, 2013)

“Sin embargo, para poder articular adecuadamente los programas sectoriales y potenciar las capacidades productivas y de desarrollo social de todas las regiones se ha propuesto adoptar 10 microrregiones, basándose en los siguientes criterios.

1.- El primer criterio es el de los Centros de Intercambio Económico. Ubicar localidades que, en las condiciones actuales del estado, funcionen como centros urbanos de intercambio económico, comercial y de servicios, a donde acuda la gente a realizar compra y venta de productos, a emplearse en las diferentes ramas económicas, a satisfacer sus necesidades de consumo y a recibir servicios educativos y de salud.

2.- El segundo criterio, es el del Perfil Productivo. Identificar las actividades y potencialidades económicas similares y complementarias, sobre todo entre los ejes productivos

(agropecuarios, industriales o de servicio), como base del intercambio comercial y principales actividades generadoras del empleo e ingreso para la población.

3.- El tercer criterio utilizado fue el Sistema de Cambios. Identificar las condiciones a través de la red de carreteras federales, estatales y caminos rurales, que determinan el tránsito y las relaciones de la población y de la producción entre los centros de intercambio comercial y sus áreas de influencia.

4.- El cuarto criterio, fue el de la División Geopolítica. Definir la cobertura de las microrregiones, siempre respetando la división geopolítica municipal para facilitar el análisis estadístico, la coordinación institucional y la concertación de la gestión municipal con otros niveles de gobierno.

De esta manera las 10 microrregiones propuestas son las siguientes:

... Centro

Ahualulco, Armadillo de los Infante, Cerro de San Pedro, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, San Nicolás Tolentino, Santa María del Río, Soledad de Graciano Sánchez, Tierranueva, Villa de Arriaga, Villa de Reyes, Villa de Hidalgo, Zaragoza.

..." (Inafed, s.f.)

Tomando en consideración los aspectos señalados anteriormente se considera que la microrregión centro donde se encuentra el Municipio de Mexquitic de Carmona, cuenta con características viables de tipo social, económica, política, cultural y geográfica que las hacen ser zonas de población objetivo para desarrollar una muestra de un sistema de acuaponía con fines de autoconsumo, y en su caso, la comercialización del producto excedente obtenido del sistema de acuaponía.

El Municipio de Mexquitic de Carmona, se encuentra en la zona centro del estado de San Luis Potosí, México, con las siguientes coordenadas y límites territoriales, "(...) 101°07' de longitud oeste y 22°16' de latitud norte, (...) Sus límites son: al norte, Ahualulco, al este, San Luis Potosí, al sur Villa de Arriaga y San Luis Potosí, al oeste el estado de Zacatecas." (CEFIM, 2009 - 2015) La población para el año 2020 fue de "58,469 habitantes (47.7% hombres y 52.3% mujeres). En comparación a 2010(...) creció un 9.41%" (DataMÉXICO, 2020)

Los datos expresados a continuación, tienen su base en el Censo de Población y Vivienda del año 2020. En cuanto a acceso de tecnologías sólo el 23.8% accede a internet, el 17.8% disponen de una computadora, pero el 80% cuenta con

un celular. El mayor grado académico de la población es de nivel secundaria, con un 39.4%, el porcentaje de analfabetismo (población que no sabe leer y escribir a partir de los 15 años) en el Municipio es de 5.87%. El mayor contagio de casos de COVID-19 se encuentra en rangos de edad de 25 a 39 años. En cuanto al jefe (a) de la vivienda, el 69.8% corresponde a un hombre y el 30.2 a una mujer. En los indicadores de pobreza y carencias sociales, en base a la población del 2020, el 7.98% está en extrema pobreza y el 46.6% en pobreza moderada, en cuanto a carencia social encontramos un 31.5% y por ingresos 6.1% de población vulnerable. La mayor cantidad de denuncias que se dieron en abril de 2022 fueron por violencia familiar. “Las principales carencias sociales de Mexquitic de Carmona en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda y carencia por acceso a los servicios de salud.” (DataMÉXICO, 2020)

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI, 2010, la cantidad de viviendas con acceso a energía eléctrica era del 94.26% y con agua entubada del 74.55%. El alcance para servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento es del 45% y para alumbrado público del 80%. En vías de comunicación, según el lugar que ocupa dentro de los 58 municipios del estado de San Luis Potosí, en red de carretera federal ocupa el lugar 17, en red de carretera estatal ocupa el lugar 5, conectándose por el noreste con los Municipios de Salinas, San Luis Potosí y con el estado de Zacatecas, y al Sureste con el Municipio de San Luis Potosí. En su economía, uno de los principales sectores es la agricultura, que es de riego y temporal, siendo en el 2011 los principales cultivos frijol y maíz, y la siembra de alfalfa. “La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región.” (CEFIM, 2009 - 2015)

De acuerdo con cifras del CENSO del INEGI 2010, la población ocupada por sector económico, en el sector primario, referente a la actividad agropecuaria (agricultura, ganadería, forestal y pesca) fue del 20.2%, el sector terciario que

incluye el comercio, fue de 42.8%. La población ocupada con ingresos hasta de 2 salarios mínimos fue de 52.1%. El lugar de marginación que ocupó a nivel estatal de los 58 municipios del estado de San Luis Potosí fue el 36, y a nivel nacional de 2454 municipios fue el 1194. El grado de marginación de este municipio, fue medio, según datos arrojados con una fórmula del Consejo Nacional de Población y del INEGI. En cuanto a la gestión ambiental, no cuentan con recursos para la materia ambiental, su principal actividad productiva era la agricultura, el municipio no participaba con las escuelas en temas ambientales, como recolección de basura o reforestación. La principal fuente de agua en el 2010 eran los pozos profundos o norias, teniendo problemas de agua por sequías de temporada. Era común la quema de basura y de ladrilleras que queman llantas, no contaba con un relleno sanitario, ni el tratamiento de aguas residuales. En cuanto a su composición política está integrado por un presidente municipal, regidores y síndicos, además de diferentes comisiones, como por ejemplo, de agua potable, alcantarillado y saneamiento, desarrollo urbano y ecología, servicios públicos, cultura, deporte y recreación, entre otros. Se rige por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Constitución Política del Estado Libre de San Luis Potosí, la Ley Orgánica del Municipio Libre del Estado de San Luis Potosí, Bando de Policía y Buen Gobierno, entre otros reglamentos municipales. (CEFIM, 2009 - 2015)

Evaluando todos los datos aportados anteriormente, podemos concluir que el Municipio de Mexquitic de Carmona, en el estado de San Luis Potosí, presenta una carencia social de tipo media, con una pobreza moderada, la falta de una mayor gestión ambiental, con un nivel de educación hasta secundaria, viviendas con acceso a luz y agua entubada en un nivel aceptable, sin embargo, con un alto índice de violencia familiar, teniendo a la agricultura como una de las principales actividades económicas de la región, destinados para autoconsumo lo producido y comercializando con el excedente a nivel regional o local, según las necesidades de los habitantes del Municipio, con problemas de acceso a agua por escasez de

lluvia. Todas las anteriores consideraciones hacen a este Municipio una opción factible para el desarrollo del sistema piloto de acuaponía.

Dentro de los instrumentos de recolección de datos se utilizarán los siguientes:

- Experimentación y observación participante, en el sistema piloto de acuaponía de autoconsumo en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis, para recolectar datos para la estandarización de los factores necesarios para un sistema acuapónico de autoconsumo.
- Revisión documental, para recolectar los datos necesarios en torno a las políticas públicas existentes en el tema de acuaponía a nivel internacional, nacional y local, así como factores de hambre y pobreza que permitan justificar la creación de una política pública.

La presente investigación se compone de cuatro capítulos. El primer capítulo se centra en definir el derecho humano a la alimentación, identificando algunas de las principales políticas públicas que establecen acciones para combatir el hambre y la pobreza, como principales formas de afectación al derecho humano a la alimentación, sin dejar de lado los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU.

El segundo capítulo se enfoca en describir el concepto y algunos antecedentes de acuaponía, exponiendo la documentación del sistema piloto de acuaponía en El Rodeo, del Municipio de Mexquitic de Carmona, en el estado de San Luis Potosí, México. Incluyendo dentro del proceso de documentación, el diseño, construcción, operación y resultados obtenidos del prototipo del sistema de acuaponía desarrollado, estableciendo las conclusiones generales del proceso de documentación de este sistema experimental. Así mismo, se exponen los costos de construcción y operación del sistema piloto de acuaponía y la posibilidad del uso de agua de lluvia dentro de la acuaponía.

El tercer capítulo establece una visión general hacia la regulación jurídica nacional y estatal del derecho humano a la alimentación en la acuaponía, sin dejar de lado el concepto de soberanía alimentaria.

Por último, el capítulo cuarto realiza una propuesta de política pública para el uso de la acuaponía como un sistema novedoso de cultivo sostenible, para el combate del hambre y la pobreza, garantizando de esta el derecho humano a la alimentación.

Capítulo I. Derecho humano a la alimentación: políticas públicas para combatir el hambre y la pobreza.

Sumario: 1.1 Consideraciones generales del derecho humano a la alimentación. Il 1.2 Hambre y pobreza como formas de afectación al derecho humano a la alimentación. Il 1.3 Comparativo de políticas públicas que combaten el hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación. Il 1.4 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), respecto al derecho humano de alimentación. Il 1.5 Soluciones de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al hambre y pobreza.

Introducción: El presente capítulo trata el tema del derecho humano a la alimentación, como un derecho inherente a toda persona por el hecho de serlo, desde la arista de las políticas públicas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU, para combatir el hambre y la pobreza, sentando las bases para incentivar políticas públicas que establezcan acciones que motiven el uso de la acuaponía como un sistema de cultivo sostenible.

1.1 Consideraciones generales del derecho humano a la alimentación.

Para la FAO, todo ser humano tiene derecho a una alimentación adecuada y tiene el derecho fundamental a no padecer hambre, según las normas internacionales de derechos humanos, “derecho a la alimentación”.

El derecho a la alimentación no es el derecho a ser alimentado sino, primordialmente, el derecho a alimentarse en condiciones de dignidad. (Derechos Reservados, 2007).

El derecho a la alimentación fue consagrado en el artículo 25 de la Declaración de Derechos Humanos y, desde el punto de vista jurídico, forma parte de los derechos de segunda generación (sociales, económicos y culturales). (Enrique de Loma-Ossorio, 2008)

Un concepto bastante completo sobre el derecho humano a la alimentación, es el establecido por el Relator Especial de las Naciones Unidas sobre el Derecho a la Alimentación, describiéndolo como:

“El derecho a tener acceso, de manera regular, permanente y libre, sea directamente, sea mediante compra en dinero, a una alimentación cuantitativa y cualitativamente adecuada y suficiente, que corresponda a las tradiciones culturales de la población a que pertenece el consumidor y que garantice una vida psíquica y física, individual y colectiva, libre de angustias, satisfactoria y digna.” (ONU, 2010)

Del anterior concepto, se puede desprender que el derecho humano a la alimentación se compone de tres elementos: disponibilidad, accesibilidad del alimento y este debe ser adecuado. Considerando cada elemento en particular, la disponibilidad se describe como la forma de producir los alimentos, a partir de los recursos naturales (como por ejemplo agricultura, ganadería, pesca, entre otros), y la disposición para su venta. La accesibilidad se refiere a que las personas puedan conseguir los alimentos que necesitan por medio del acceso económico y físico. El acceso económico se refiere a que puedan comprar alimentos sin que esto afecte su bolsillo u otras necesidades básicas y el acceso físico es que toda persona independientemente de su edad, condición física, sexo, pueda acceder al alimento, es decir, desde un niño, anciano, persona con discapacidad, personas que viven en lugares muy lejanos, entre otros. El alimento debe ser adecuado se refiere a que debe contener los nutrientes adecuados, libre de sustancias tóxicas que afecten la salud como químicos o fertilizantes que dañan a las personas y también se debe considerar la cultura del lugar, es decir, el alimento debe ser aceptado en ese lugar de acuerdo a sus costumbres o creencias. (ONU, 2010)

Diversas legislaciones de carácter internacional y nacional, en el caso de México, regulan el derecho humano a la alimentación con un aspecto de obligatoriedad, es decir, se debe garantizar por el Estado el acceso a una alimentación de calidad y accesible, algunas leyes internacionales que contemplan este derecho son la “Declaración Universal de los Derechos Humanos, la Carta de la Organización de los Estados Americanos, el Pacto Internacional de Derechos

Económicos, Sociales y Culturales, entre otros”, en el caso de México,, lo contemplan leyes como “la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Desarrollo Social y la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, principalmente.” (Bárceñas, 2017)

Sin embargo, al hablar de derecho humano a la alimentación, debemos considerar por un lado la obesidad y por otro lado la desnutrición, aspectos que deben ser combatidos con este derecho, por un lado es valorar la alimentación que debe ser adecuada y por el otro debe ser accesible, y en ambos casos debe ser disponible.

En la legislación mexicana encontramos el derecho humano a la alimentación regulado en el artículo 4° de la Constitución Mexicana, estableciendo que ese derecho debe dar acceso a una “alimentación nutritiva, suficiente y de calidad”. Otro artículo que regula el derecho a la alimentación es el artículo 2° de la Carta Magna que dice que es el Estado quien tiene la responsabilidad de “apoyar la nutrición de los indígenas mediante programas de alimentación, en especial para la población infantil”. La Ley General de Desarrollo Social, que norma en el ámbito federal, regula el derecho humano a la alimentación, pero también otros derechos sociales como, el de educación, vivienda, empleo, entre otros, si bien es una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, se hace necesaria la existencia de una ley especializada en materia de alimentación. (Bárceñas, 2017)

“Por otro lado, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece que la Secretaría de Desarrollo Social —ahora Secretaría del Bienestar— y la Secretaría de Economía son las instancias facultadas para realizar actividades en materia de derecho a la alimentación. En ese mismo sentido, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable determina que los programas federales a cargo de la Secretaría de Desarrollo Rural impulsarán, de manera adecuada, la integración de factores del bienestar social entre los mexicanos, privilegiando a los grupos vulnerables, y que se establezcan las medidas necesarias para procurar el abasto de alimentos y productos básicos a la población.” (Bárceñas, 2017)

Concluyendo, el derecho humano a la alimentación, es un derecho universal que tiene toda persona, sin excepción alguna, y es obligación del Estado

internacional y nacional proveer lo necesario para que este derecho sea garantizado de una forma disponible, accesible y adecuada, dotando a las personas de alimento con los nutrientes necesarios para su desarrollo, de calidad y culturalmente aceptables, así como su acceso económico y físico, sin comprometer los recursos naturales para su producción, pensando en las generaciones futuras, y que estos alimentos estén disponibles para la venta.

México tiene la obligación de proveer alimentos a su población, no solamente física y económicamente, sino, legalmente, al no existir una legislación específica en materia de alimentación deja muchas lagunas legales en la protección al derecho humano a la alimentación, por lo que debe tomar las acciones necesarias para suplir dichas lagunas creando una conciencia pública y privada de la importancia de proteger a toda persona.

1.2 Hambre y pobreza como formas de afectación al derecho humano a la alimentación.

Todos los hombres, mujeres y niños tienen el derecho inalienable a no padecer de hambre y malnutrición, a fin de poder desarrollarse plenamente y conservar sus facultades físicas y mentales. La sociedad posee en la actualidad recursos, capacidad organizadora y tecnología suficiente y, por tanto, la capacidad para alcanzar esta finalidad. En consecuencia, la erradicación del hambre es objetivo común de todos los países que integran la comunidad internacional, en especial de los países desarrollados y otros que se encuentran en condiciones de prestar ayuda. (Julia Gifra Durall, Susana Beltrán García, 2013)

A partir del año 2015 se dio un aumento lento en la cantidad de población que padece hambre, con un 8.9%, lo que implica 10 millones de personas en un año y 60 millones en cinco años, de las cuales aproximadamente 135 millones de personas padecen hambre extrema, encontrando entre algunas de las causas: “conflictos causados por los seres humanos, el cambio climático y las recesiones

económicas.”, sin perder de vista los conflictos que trae aparejados el COVID-19. (Unidad, 2020)

Las cifras anteriormente citadas, dejan ver que es necesario realizar acciones urgentes que permitan tener un sistema agroalimentario capaz de suministrar alimentos suficientes para poder hacer frente al hambre extrema, “... si queremos alimentar a más de 820 millones de personas que padecen hambre y a los 2000 millones de personas más que vivirán en el mundo en 2050. El aumento de la productividad agrícola y la producción alimentaria sostenible son cruciales para ayudar a aliviar los riesgos del hambre.” (Unidad, 2020)

Algunos datos importantes sobre el hambre en el mundo, es que la mayor cantidad de personas en esta condición son de países en desarrollo. Asia es el continente con mayor población con hambre en el mundo, la malnutrición causa casi la mitad de las muertes de los niños en el mundo, menores de 5 años (45%), así mismo, 1 de cada 4 niños en el mundo ve truncado su crecimiento por una decadente nutrición. (Unidad, 2020)

El panorama incierto que provocan el hambre y la pobreza, requiere de acciones firmes que permitan garantizar el derecho humano a la alimentación, de ahí se parte del concepto de seguridad alimentaria, es decir, suministrar a las personas las condiciones necesarias para garantizarles alimentos adecuados, accesibles y disponibles. El Estado tiene como obligación no solamente suministrar alimento a las personas, como por ejemplo, en despensas, sino crear las condiciones para que se generen dichos alimentos.

Las granjas pequeñas son las que suministran cerca del 80% de alimento a la población mundial, el secreto está en “... invertir en pequeños agricultores hombres y mujeres es una forma importante de aumentar la seguridad alimentaria y la nutrición para los más pobres, así como la producción de alimentos para los mercados locales y mundiales.” (Unidas, 2020)

El enfoque basado en los derechos humanos respeta la dignidad y autonomía de las personas que viven en la pobreza y las empodera para participar de manera

provechosa y efectiva en la vida pública, incluida la formulación de la política pública, y para pedir cuentas a los que tienen la obligación de actuar. Las disposiciones de la normativa internacional de derechos humanos exigen a los Estados que no olviden sus obligaciones internacionales en materia de derechos humanos cuando formulen y apliquen políticas que afecten a las personas que viven en la pobreza.

Podemos concebir que el hambre y la pobreza son un problema a nivel mundial, pero sobre todo en los países en desarrollo, como lo menciona las Naciones Unidas (2020) en el ODS 2. Hambre cero: “La mayoría de las personas que sufren de hambre viven en los países en desarrollo, donde el 12.9 por ciento de la población se encuentra subalimentada.” Sin embargo el Banco Mundial, señaló que los conceptos de países desarrollados y en vías de desarrollo, son inadecuados.

“(...) el Banco Mundial presentó sus Indicadores del Desarrollo Mundial 2016 y en el comunicado señala que ya no hará una distinción entre países “en desarrollo” y “desarrollados”. Ahora los países se agruparán a partir de la cobertura geográfica: América del Norte, América del Sur, Europa, etc., y también por grupos clasificados por ingresos.” (Olivas, 2016)

En atención a lo señalado en el párrafo anterior por el Banco Mundial a partir del 2016 los términos de países desarrollados o en vías de desarrollo desaparecen, para clasificar a los países de acuerdo a su ubicación geográfica y a sus niveles de ingreso, ante tal consideración México ya no es un país desarrollado, sin embargo en los Estudios Económicos de la OCDE, en enero de 2017, hechos en México, en el resumen ejecutivo resalta las siguientes verdades: “El crecimiento es fuerte, pero las desigualdades persisten en todo México. La productividad repunta gracias a las ambiciosas reformas estructurales. La desigualdad en los ingresos y las diferencias entre hombres y mujeres siguen siendo grandes”. (OCDE, 2017)

Por lo que según la OCDE (2017) “el hogar mexicano promedio sufre en cuanto a ingresos, riqueza, conexiones sociales, educación y competencias, seguridad y equilibrio entre la vida personal y la profesional. (...) se incrementó la

pobreza medida por los ingresos, sobre todo por la inflación de los alimentos “. México ante un panorama aún incierto en su combate al hambre y a la pobreza requiere de acciones conjuntas entre el Estado y la población, que garanticen ese derecho humano a la alimentación, con alimentos adecuados, accesibles y disponibles, con la oportunidad de inversión en pequeños productores agrícolas que desarrollen técnicas de cultivo sostenible, siendo una de ellas, la acuaponía.

1.3 Comparativo de políticas públicas que combaten el hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación.

En palabras de Vargas Arebalos (2007) las políticas públicas atienden a problemas sociales, que son detectados por el gobierno, iniciándose un proceso de solución a dicho problema, por medio de decisiones, actuaciones o conductas que se consideran prioritarias por el actor social o gubernamental, evaluando los resultados obtenidos en la problemática, ya sea que elimine, combata o extinga el conflicto.

La política pública debe velar por el bien común, por encima de intereses o manipulaciones privadas o sectoriales. Su carácter es cíclico, el estado valora los resultados obtenidos en su operación y se define si es necesario seguir manteniéndola o desaparece, dando lugar a otra política pública que permita la solución del problema social que se enfrenta.

Las políticas públicas frente a la pobreza, son las acciones, decisiones, instituciones, normas enfocadas en garantizar el derecho económico y social a las poblaciones en pobreza y vulnerables. (CNDH, 2019)

La siguiente tabla nos muestra un comparativo entre algunas políticas públicas, que establecieron acciones o decisiones en el tema del hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación.

Tabla 1. Comparativo de políticas públicas que combaten el hambre y la pobreza, para proteger el derecho humano a la alimentación.

México	<p>El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), realizó una medición de la pobreza en México en el año 2016, encontrando que el 50.6% carece de ingreso suficiente para adquirir la canasta básica y el 43.6% presenta al menos una carencia social. Sin embargo, se descubrió que muchas veces la satisfacción de una carencia social no implica el cumplimiento de un derecho, sea social o económico. De aquí se parte de políticas públicas de pobreza, con enfoque en el derecho a la alimentación, vinculado con la salud; así mismo, el incumplimiento a este derecho ve en la pobreza su expresión, por ejemplo, en la ingesta insuficiente y de baja calidad de alimentos, en la malnutrición, necesaria para el desarrollo de una vida saludable en las personas, evitando enfermedades como la obesidad o sobrepeso, las cuales han ido en aumento.</p> <p>Encontramos en el artículo 1° de la Carta Magna, el fundamento a las políticas públicas de pobreza, en dos vertientes: garantizar y respetar los derechos humanos de todas las personas en igualdad de condiciones y proteger el derecho de las personas o grupos sociales que por vivir en condiciones de pobreza, enfrentan dificultad en su cumplimiento.</p> <p>Por ello, las políticas públicas de pobreza se enfocan en tres ejes: medir la pobreza, programas de alimentos y de salud. Algunos ejemplos de programas alimentarios son: “Abasto Rural (DICONSA), Abasto Social de Leche (LICONSA), Comedores Comunitarios, (...)”. Su fortaleza: tienen como propósito garantizar los derechos de las personas que viven en pobreza, están dotados de institucionalidad y diseño. Su desventaja: no cuentan con fundamento en la ley, no son exigibles por algún mecanismo y no atienden a estándares internacionales. (Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2019)</p>
--------	--

Brasil	<p>Actualmente se reafirma la idea de que el fortalecimiento de los lazos familiares constituye una acción fundamental para el propósito de alcanzar la paz, la seguridad y la solidaridad; el respeto por los derechos humanos; la democracia; la justicia; además del desarrollo sustentable y el progreso social. Asimismo, se resalta la idea de que la familia debe ser considerada la base para un abordaje holístico de la implementación de las políticas sociales. Por esta razón, es extremadamente importante la cooperación internacional, desde el intercambio de experiencias hasta la colaboración financiera para enfrentar este tema. (Sala Raúl Prebisch, 2005)</p>
Guatemala	<p>En 2005 Guatemala fue el primer país de América Latina en adoptar una política sobre seguridad alimentaria y una ley que reconoce el derecho a la alimentación. Es clave impulsar la reforma de las políticas públicas nacionales, pues es la forma de abordar las causas estructurales del hambre y la pobreza rural, como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La extrema inequidad en la distribución de la tierra, con casi el 80% del suelo cultivable en manos del 8% de los productores; - El desmantelamiento de los programas estatales de apoyo a la agricultura familiar, que ha dejado al 97% de los productores y productoras sin acceso a ningún tipo de asistencia técnica; - La deficitaria infraestructura rural productiva, de transporte y de comunicaciones; - la dependencia de las importaciones de alimentos, con alta vulnerabilidad frente a las oscilaciones del precio internacional; - Un salario mínimo que no cubre el coste de la canasta básica de alimentos. (Arantxa Guereña, 2010)

Fuente: Elaboración propia, 2022, con información de los autores citados.

La tabla nos muestra un panorama que coincide en criterios generales de pobreza, como un ingreso que no alcanza para la adquisición de la canasta básica desigualdades sociales, que atienden a un interés privado y no social, la falta de

apoyo al campo, carencias sociales, como falta de acceso a la educación, servicios públicos, entre otros; pero sobre todo en falta de acceso a una alimentación adecuada, disponible y accesible. Muestra el trabajo que los diferentes gobiernos realizan para que por medio de las políticas públicas de pobreza se puedan desarrollar acciones o tomar decisiones que generen los medios indispensables para combatir esta pobreza, siendo en el caso de la alimentación programas dirigidos a proveer a la población de alimentos que complementan su nutrición y vida saludable, encontrando un hueco, en estos programas, al no estar fundamentados en la ley y no existir medios que obliguen al Estado a cumplirlos.

“El derecho a la alimentación no es un derecho a ser alimentado, sino principalmente el derecho a alimentarse en condiciones de dignidad. Se espera que las personas satisfagan sus propias necesidades con su propio esfuerzo y utilizando sus propios recursos. Una persona debe vivir en condiciones que le permitan o producir alimentos o comprarlos. Para producir sus propios alimentos una persona necesita tierra, semillas, agua y otros recursos, y para comprarlos necesita dinero y acceso al mercado. El derecho a la alimentación requiere que los Estados provean una atmósfera propicia en que las personas puedan utilizar su plena potencialidad para producir o adquirir alimentación adecuada para ellos mismos y sus familias.” (Unidad, 2020)

El Estado no debe convertirse en un estado paternalista, que solamente provea el alimento a su población como producto terminado, sino que debe dar a esa población los conocimientos, medios y apoyo necesario para que pueda producir su propio alimento o comprarlo. Incentivando políticas públicas de pobreza que protejan el derecho humano a la alimentación, con un fundamento real en la ley, estableciendo medios legales para exigir al Estado su cumplimiento.

Enfocándose en que “... Para alimentar a los 795 millones de personas que actualmente pasan hambre y a los 2.000 millones de personas más que se calcula estarán en esa situación en 2050, es preciso hacer profundos cambios en el sistema agroalimentario mundial.” (ONU, 2010)

1.4 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), respecto al derecho humano a la alimentación y su combate al hambre y la pobreza.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son acciones propuestas por la ONU para el combate de la pobreza, el cuidado del planeta y la protección de las personas que en él viven. Fueron aprobados por los Estados Miembros de la ONU en el año 2015, formando parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, teniendo como meta cumplirlos en un período de 15 años.

El total fueron 17 ODS que se muestran en el siguiente esquema:

Esquema 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Fuente: Elaboración propia, con datos de las Naciones Unidas, 2022.

Los ODS tienen diferentes alcances, en el período de 10 años, del 2020 al 2030, el principal enfoque es “(...) hacer frente a la creciente pobreza, empoderar a las mujeres y niñas y afrontar la emergencia por el cambio climático”. (ODS, 2020)

Se han tenido avances en el tema de educación y salud, sin embargo las desigualdades sociales y el cambio climático traen aparejados problemas que pueden deshacer los avances logrados.

Entre las posibles acciones para poder enfrentar los retos de la Agenda 2030, están el acceso a la tecnología, acuerdos políticos, inversiones financieras para tener acceso a economías que fomenten la inclusión, teniendo como característica la sostenibilidad.

Empecemos por abordar el concepto de desarrollo sostenible, en términos generales se puede entender como la satisfacción de las necesidades de las presentes generaciones, sin comprometer los recursos existentes para la satisfacción de las generaciones futuras, es decir, seamos capaces de poder cubrir nuestras necesidades económicas, sociales, políticas, ambientales, culturales, sin poner en riesgo el agotamiento o escasez de los recursos necesarios para que las generaciones que están por venir satisfagan sus propias necesidades.

Tenemos una ardua tarea por lograr que este mundo que hoy se conoce no se convierta en los próximos años es un lugar inhabitable, es por ello que la ONU ve en los ODS una posibilidad para asegurar el desarrollo sostenible mundial, sin embargo, se enfrente a un gran problema, la falta de validez legal de estos ODS. Se confía en la buena voluntad de los países miembros de la ONU para establecer normativas o políticas públicas que pongan en acción estos ODS y se logre cumplir las metas establecidas para lograr un desarrollo sostenible, sin perder de vista que para ello se requiere considerar tres ejes importantes: "... el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente." (ODS, 2020)

Al parecer, el principal motor que mueve todo este engranaje es la erradicación de la pobreza, si se lograra esta meta, se produciría un crecimiento económico inclusivo y sostenible, sin desigualdades sociales y sobre todo, el cuidado y protección del medio ambiente.

Lograr el cumplimiento de estos 17 ODS, no es una tarea fácil, por ello se creó una "Agenda de Acción Addis Abeba", resultado de la "Tercera Conferencia

Internacional para la Financiación y el Desarrollo”, el objetivo es proveer de mecanismos que permitan el cumplimiento de la Agenda 2030. No obstante, la coordinación, apoyo y alianza entre los diferentes países es crucial, además del trabajo coordinado entre el sector público, privado y las personas, así como la creación de políticas públicas que promuevan el cumplimiento de los ODS. (ODS, 2020)

Como se estableció anteriormente, el combate a la pobreza constituye la base para lograr cambios radicales en el mundo. Uno de los aspectos prioritarios del combate a la pobreza, es garantizar el acceso a una alimentación adecuada, suficiente y accesible de las personas, dotando a toda persona sin exclusión, de un derecho humano a la alimentación.

El ODS que se relaciona con el derecho humano a la alimentación, es el 2. Hambre Cero, que tiene como objetivo: “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”. (ODS, 2020)

Las personas con hambre extrema y una mala nutrición, no tienen una vida saludable, por consiguiente, se enferman con más frecuencia, ocasionando con esto una falta de desarrollo físico y cognitivo, que les impiden tener acceso a ingresos que les permitan tener una alimentación adecuada, suficiente y accesible. Lo que ocasiona que no se pueda llegar a un desarrollo sostenible, ni mucho menos tengan la esperanza de mejorar su calidad de vida.

La realidad es que la mala recolección de los alimentos, su desperdicio, las guerras, los conflictos de intereses, han ocasionado que exista una mala distribución de los mismos, siendo los países en desarrollo los más afectados al no tener acceso a alimentos con las calidades nutricionales necesarias para que su población tenga una vida digna y decorosa. Sin darle menos importancia a la afectación que el hombre ha hecho al medio ambiente, como la tala inmoderada, la destrucción y contaminación de recursos, la extinción de especies de flora y fauna, la escasez de lluvia, cada vez por tiempos más prolongados, lo que provoca la falta de agua.

De aquí se parte que el ODS 2. Hambre Cero busca la forma de que las familias tengan acceso a alimentos de calidad, de forma regular, contribuyendo con ello a un adecuado desarrollo físico, emocional, psicológico del ser humano, teniendo un impacto “(...) en la salud, la educación, la igualdad y el desarrollo social (...)”.(ODS, 2020)

La pregunta clave en este caso, es: ¿cómo lograr el cumplimiento de la erradicación del hambre en el mundo? Se pueden dar tantas opciones como se quieran, pero una verdad es innegable, si no se tiene el compromiso y la disposición del gobierno, el sector social y las personas, el cambio es casi imposible de lograr.

Las Naciones Unidas (2020) señalan que el ODS 2. Hambre Cero considera entre algunas alternativas del combate a la pobreza las siguientes:

1. Se requiere una inversión de 267.000 millones de dólares más al año.
2. Inversión en áreas rurales y urbanas, así como protección social.
3. Consumir localmente a los productores agrícolas o mercados locales.
4. Cambiar hábitos diarios de vida, por ejemplo, en casa, trabajo, entre otros.
5. Apoyar el desarrollo sostenible en la alimentación.
6. Proveer una mejor alimentación, con los nutrientes adecuados para un mejor desarrollo y salud.
7. No contribuir al desperdicio de alimentos.
8. Utilizar nuestro poder de consumidores y nuestra soberanía política, para obligar a que el gobierno y las empresas pongan en acción políticas que combatan a la pobreza, y por ello la falta de acceso a alimentos nutritivos y saludables.
9. Compartiendo información oportuna en nuestras redes sociales sobre la iniciativa de Hambre Cero.
10. Sumarse al Movimiento Mundial del Hambre Cero, llamado “El Reto del Hambre Cero”.

Otra posible solución es la iniciativa Haz posible el cambio¹ que adoptó la agenda, nos sirve para “predicar con el ejemplo” cuando hablamos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta campaña nos guía y nos alienta a vivir de una manera más sostenible en el trabajo y en casa, cambiando nuestros patrones de consumo, usando medios de transporte más activos, como la bicicleta o el caminar, y comprando alimentos locales. Todo el mundo está invitado a participar. Cada pequeña aportación ayuda, como hablar con tu familia, amigos y con las personas de tu comunidad sobre las acciones que todos podemos llevar a cabo en el día a día. (Naciones Unidas, 2017)

Estas acciones llaman al cambio y compromiso social, económico y político de los diferentes países, gobiernos, personas, son acciones con importante trascendencia, pero no se debe dejar de considerar que una de las soluciones para poder lograr el combate a la pobreza y el hambre, es la incentivación de nuevas formas agroalimentarias sostenibles, que suministren alimentos de calidad y en cantidad a las personas en estado de pobreza, que no tienen acceso a alimentos adecuados, accesibles y suficientes. Es necesario, lograr primeramente un cambio en la mentalidad de las personas para que no vean en el Estado, el único responsable de suministrarles los alimentos necesarios para su consumo, si no que las mismas personas tienen el compromiso de asegurarse ellas mismas el acceso a estos alimentos.

Lo anterior se logra por medio de una inversión en sectores agrícolas y sociales de pequeña escala, capacitación, concientización y establecer los mecanismos legales para poder ser exigibles al gobierno pero a su vez exigibles a las personas.

Una opción para llegar a este fin, es el sistema de acuaponía de traspatio, el cual, produce alimentos vegetales y animales, proveyendo a las personas, de un

¹ Se puede consulta la iniciativa en el siguiente enlace: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/be-the-change/>

acceso a alimentos de calidad, accesibles, adecuados y suficientes, logrando con ello un combate a la pobreza y al hambre, motivando el autoconsumo, y en su caso, la comercialización del producto excedente. Además de promover el desarrollo sostenible, al ser un sistema de cultivo novedoso, sin la explotación del suelo, y la reutilización del agua, garantizando el derecho humano a la alimentación.

Capítulo II. Sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo, en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí.

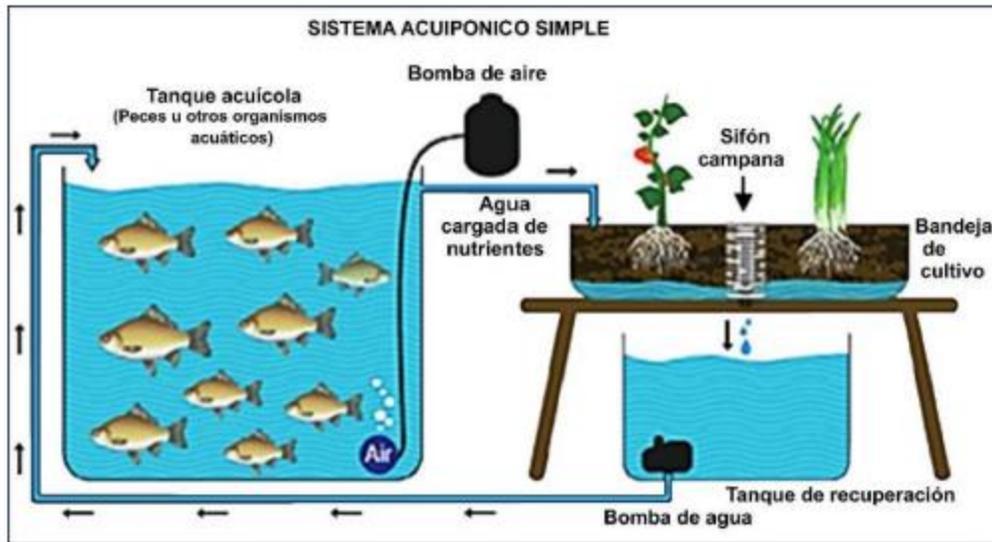
Sumario: 2.1. ¿Qué es la acuaponía? II 2.2 Antecedentes de la acuaponía II 2.3 Documentación del sistema experimental acuapónico, ubicado en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí II 2.4 Costos de construcción, elementos iniciales y gastos mensuales de mantenimiento del sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo II 2.5 Escasez de agua, fortaleza o debilidad en un sistema de acuaponía.

Introducción: El presente capítulo aborda el concepto de acuaponía, sus antecedentes, enfocándose en la documentación del proceso piloto de acuaponía desarrollado en El Rodeo, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. Describiendo su diseño, construcción, operación y los resultados obtenidos, así como los costos de construcción y mantenimiento del sistema, con la finalidad de justificar la viabilidad de un sistema de acuaponía como un sistema novedoso de cultivo sustentable, que ayuda a combatir el hambre y la pobreza, garantizando el derecho humano a la alimentación. Dando una vista rápida hacia el agua de lluvia, como una opción del uso del agua en un sistema de acuaponía, ante la escasez de agua.

2.1 ¿Qué es la acuaponía?

Entender el concepto de acuaponía nos ayuda a entender su funcionamiento e importancia. El TECA (Technologies and Practices for Small Agricultural Producers) de la FAO, en el artículo titulado “Diseño de un sistema acuapónico”, se define a la acuaponía como “...una forma de agricultura integrada que combina dos importantes técnicas: acuicultura e hidroponía” (Producers, 2015).

Imagen 1. Representación de un sistema de acuaponía.



Fuente: Producers, 2015.

Para entender mejor el concepto integrado de acuaponía, se definirá por separado el concepto de hidroponía y acuicultura.

La hidroponía "... es el método más común de la producción de plantas sin suelo (la agricultura de cultivos sin uso de la tierra)..." (Producers, 2015).

La acuicultura se define como "... la cría de peces en cautiverio o la producción de otros animales y plantas acuáticas en condiciones controladas" (Producers, 2015). La acuicultura es la producción de especies acuáticas, cuidando el parámetro físico químicos del agua.

Desde otra perspectiva, acuaponía es un sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin suelo por el medio común "agua". Las plantas y los peces crean una sinergia, ya que los desechos metabólicos de los peces son aprovechados como nutrientes por los vegetales para crecer, mientras que las plantas limpian el agua y eliminan los compuestos tóxicos para los peces (principalmente amonio y nitritos), reduciendo la frecuencia de renovación del agua." (INTAGRI, 2001- 2020).

Imagen 2. Concepto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2021, con información tomada de INTAGRI.

Lo interesante en los sistemas acuapónicos es que "... los efluentes de la acuicultura no se liberan en el medio ambiente, sino que se redirigen a las raíces de las plantas, al mismo tiempo que los nutrientes suministrados a las plantas provienen de una fuente sostenible, rentable y no química." (Producers, 2015).

Uno de los grandes problemas en la acuicultura, como lo señala el párrafo anterior, es la liberación en el medio ambiente de "efluentes", es decir que para poder mantener un ambiente acuoso adecuado, para los especies acuáticas que se crían en cautiverio hay que realizar recambios constantes de agua, ya que los animales acuáticos que se cultivan excretan NH_4 (amonio) y metabolitos nitrogenados que en grandes concentraciones en el agua, son letales para las especies acuícolas.

Es por esta razón, que la acuicultura tradicional requiere grandes recambios de agua, con la finalidad de retirar el amonio (NH_4) del medio acuoso.

Tomando en consideración lo anterior, la acuaponía representa una alternativa sostenible, al usar estos metabolitos que para las especies acuáticas son

tóxicas, pero que para las plantas representa una gran fuente de nutrientes orgánicos de primera calidad, logrando un mutualismo benéfico entre especies vegetales y animales.

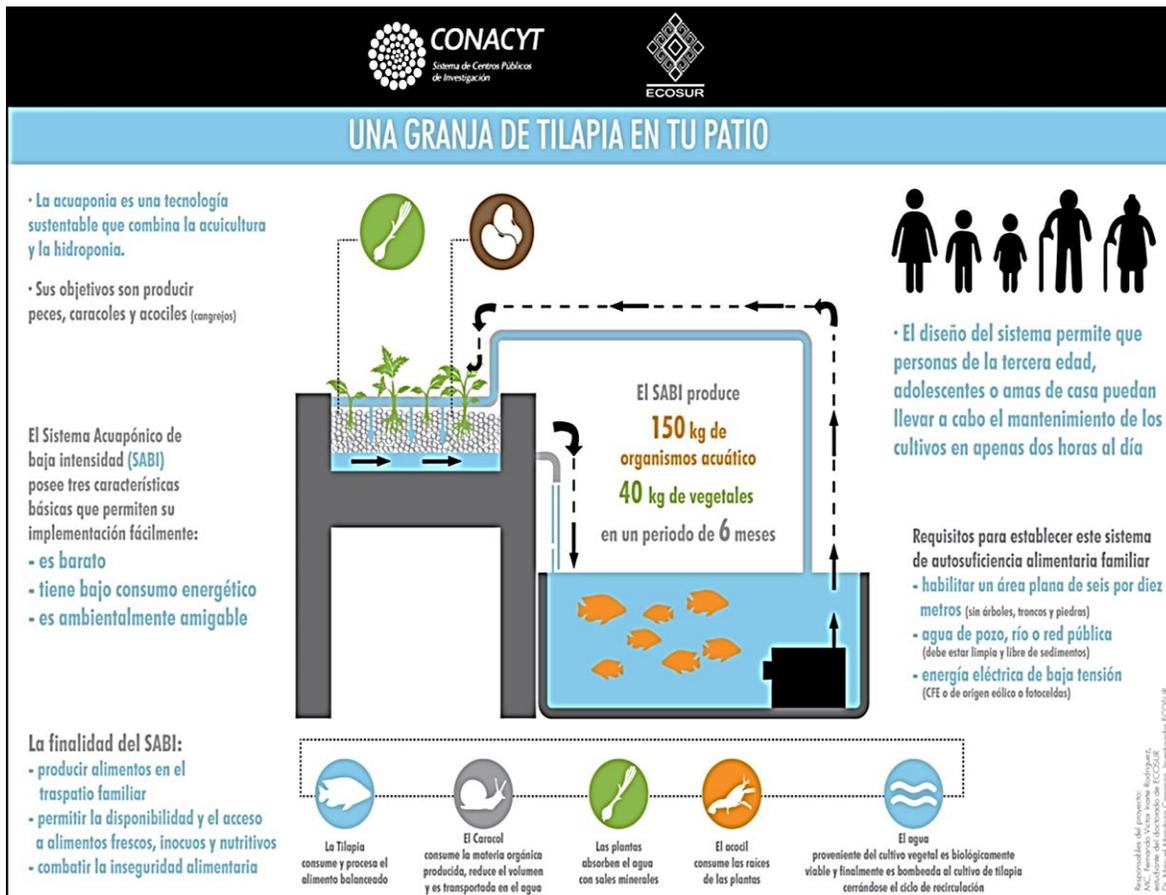
2.2 Antecedentes de la acuaponía

Los primeros indicios de acuaponía en México la encontramos en la cultura azteca. “Los aztecas practicaron una forma inicial de acuaponía, mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como “chinampas” pantanos y lagos someros, y plantaban en ellos maíz, zapallo y otras plantas. En los canales navegables que rodeaban las islas fueron usados para la crianza de peces. Los desechos de los peces que caían al fondo de los canales eran recuperados para fertilizar a las plantas” (F., 2012).

Un importante antecedente en la acuaponía de traspatio, es el proyecto desarrollado en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en el Estado de Tabasco, llamado SABI (Sistema Acuapónico de Baja Intensidad), el cual fue desarrollado por el trabajo de investigación de doctorado del Dr. Fernando Iriarte en el año 2014 con el objeto de apoyar la economía de las familias del estado de Tabasco, en la puesta en marcha descubrieron que además del apoyo a la economía familiar:

“se comprobó que además del impacto positivo en la alimentación –han cosechado tilapia dos veces y plantas que utilizan en su consumo diario— este sistema también ha reforzado lazos familiares y ha apoyado la recuperación de los traspacios, un espacio que era subutilizado.”(ECOSUR, 2017)

Imagen 3. Sistema SABI del ECOSUR.



Fuente: CONACYT ,2021.

Un antecedente interesante de acuaponía en México, fuera de lo habitual, es el caso del Municipio de La Paz, Baja California Sur, citado por Cosío (2018), en este sistema se utiliza agua con altos niveles de salinidad para la producción de tilapia y cultivo de hortaliza, el sistema funciona cultivando tilapia en agua salobre, dicha agua es utilizada para hacer crecer hortaliza con altos niveles a la tolerancia de sales, como la acelga, una vez que es filtrada por este medio, tiene las condiciones óptimas para ser utilizada en el riego de cultivos agrícolas, como chile habanero, por lo que el agua con la que se riega, regresa a los mantos acuíferos con bajas cantidades de sal, se motiva la reutilización del agua.

Este proyecto se desarrolló en colaboración entre Japón y México a través del “Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor), la Agencia

Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Amexcid), la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA, por sus siglas en inglés), Japan Science and Technology (JST) y la Universidad de Tottori, Japón” (Cosío, 2018).

Algunos datos importantes sobre el proyecto desarrollado en La Paz, Baja California Sur, son: es un proyecto cuyo objetivo se centró en desarrollar acuaponía a cielo abierto para lograr producir alimentos de forma sustentable en zonas áridas, se desarrolló en un período comprendido entre el 2015 y 2020, con una inversión cercana a los 4 millones de dólares por dicho período; estaba dirigido a productores o empresas dedicados a la agricultura y acuicultura. Se desarrollaron 6 grupos de trabajo, de los cuales 5, han logrado resultados hasta junio de 2019. El primer grupo se centró en tecnologías de acuicultura, escogiendo a la tilapia como candidata para los sistemas de acuicultura en un sistema cerrado de acuicultura; el segundo grupo encaminado en tecnologías de cultivo, la acelga fue la planta desarrollada para el sistema de hidroponía y el chile habanero para cielo abierto, se estudiaron los niveles de sal y nitrógeno para el cultivo de estas especies, el tercer grupo estudio el suministro de energía para el sistema de acuaponía, se midió el consumo de energía eléctrica y solar de acuerdo a parámetros de la Universidad de Japón, estableciendo una relación, entre la medición de la temperatura en el agua de los tanques de peces y la del ambiente dentro del invernadero, para establecer la cantidad de agua evaporada en el tanque de peces; el cuarto grupo se centró en el procedimiento de calidad microbiológico, se tomó como base el sistema de medición microbiológico de la Universidad de Japón, estableciendo las bacterias dañinas para peces, plantas y humanos; y el quinto grupo se enfocó en la combinación tecnológica entre acuicultura y agricultura, se realizan medición y pruebas de la calidad de tierra y agua. El peso estándar que obtuvieron para venta y consumo de pescado, fue de 450 gr. y en el tema de plantas se obtuvieron por el sistema de hidroponía, acelga y a cielo abierto, betabel y rábano. (Itsuo, 2019)

2.3 Documentación del sistema piloto de acuaponía, ubicado en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí.

La documentación del sistema piloto de acuaponía se desarrolló en base a los siguientes ejes:

Imagen 4. Documentación del proceso del sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

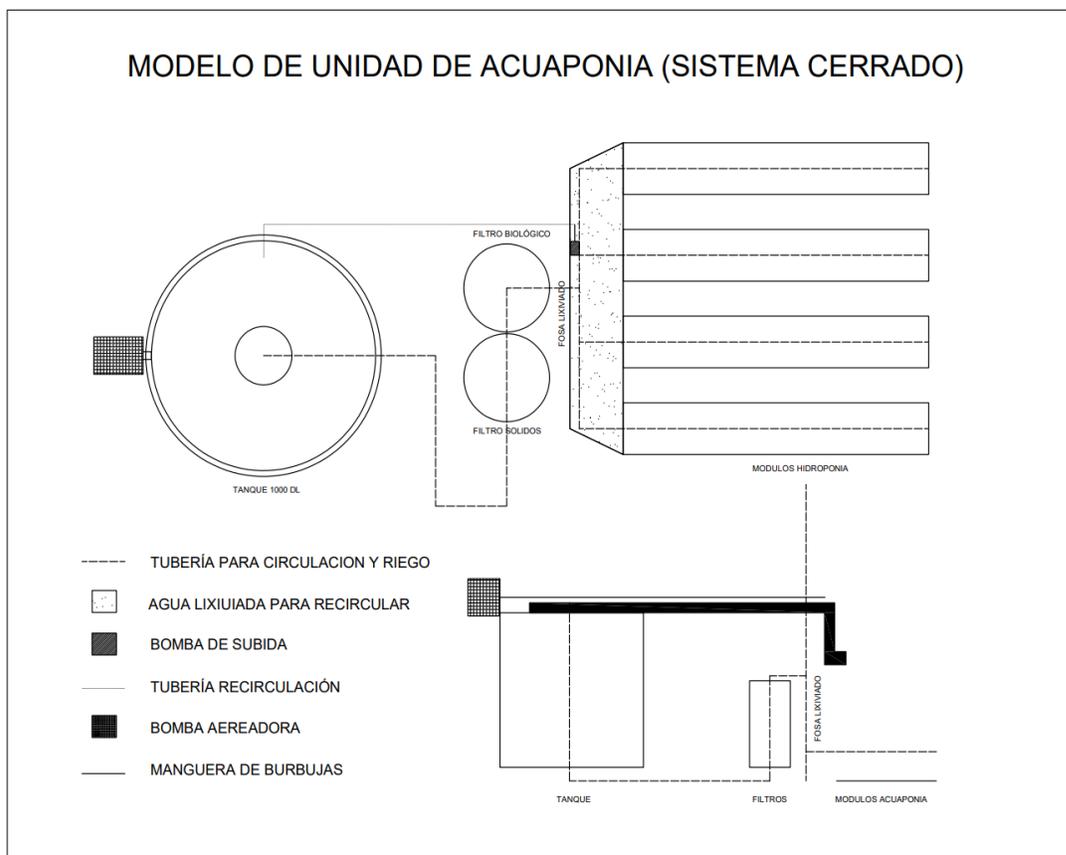
El método utilizado fue el deductivo, partiendo de verdades o premisas generales aplicadas a casos específicos, es decir, se tomaron en cuenta los datos establecidos sobre sistemas de acuaponía para poder adaptar el sistema piloto a estas premisas generales.

2.3.1 Diseño del sistema experimental acuapónico

El diseño del sistema piloto de acuaponía fue propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, asesor perteneciente al Subcomité de Tesis de la presente investigación, tomando como base la investigación desarrollada por Riaño Castillo (2019), en la tesis titulada "Aislamiento e identificación de *Bacillus* spp.: efecto en la mineralización de residuos sólidos orgánicos y evaluación de aportes nutricionales en un sistema acuapónico (*Oreochromis niloticus*-*Solanum lycopersicum* L.)", además de su experiencia y trayectoria profesional y laboral.

Se expone a continuación el plano del diseño del sistema piloto de acuaponía.

Imagen 5. Diseño del sistema piloto de acuaponía propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López.

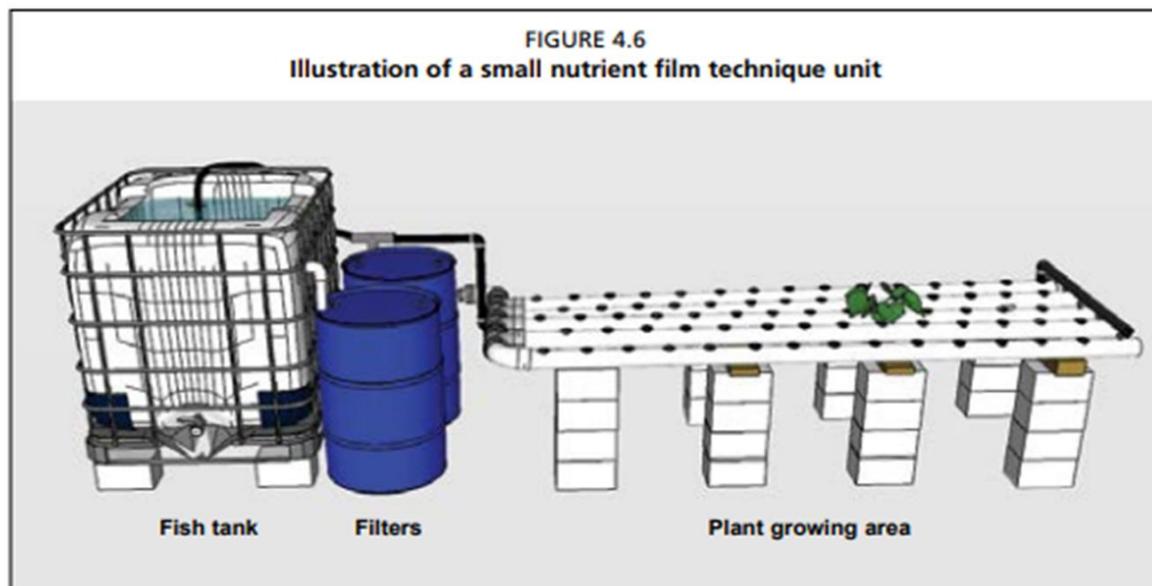


Fuente: Diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, con base en información obtenida de Riaño Castillo, 2019. Plano elaborado por Arq. María Fernanda Muñoz del Valle, 2022.

Así mismo, sirvió de consideración el manual desarrollado por la FAO, titulado “Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming”, en el cual se proponen tres métodos básicos para desarrollar un sistema acuapónico, “the media bed method (Figures 4.1–4.5); the nutrient film technique (NFT) method (Figures 4.6–4.9); and the deep water culture (DWC) method (Figures 4.10–4.13).” (FAO, 2014, pág. 35)

Como lo muestra la siguiente imagen, tomada del manual desarrollado por la FAO, aplicando el método basado en un sistema NFT, que por sus siglas en inglés, se lee como Nutrient Film Technique (Técnica de Película Nutritiva).

Imagen 6. Representación de un pequeño sistema acuapónico con método NFT.



Fuente: FAO, 2014.

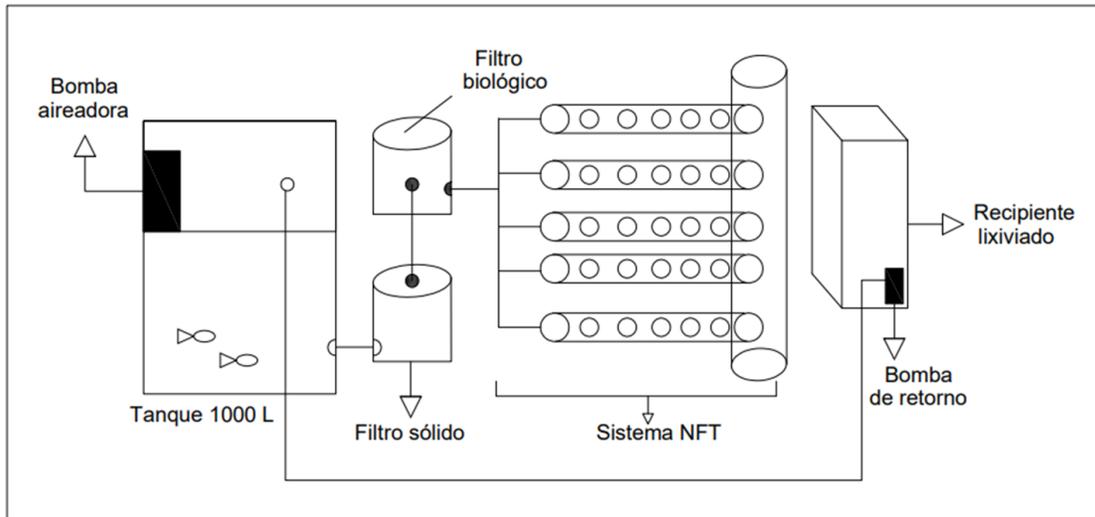
La FAO (2014), establece que el sitio donde se ubique el sistema de acuaponía sea el lugar donde se va a colocar, debido a que elementos del sistema, como las piedras de filtración o contenedores con agua son difíciles de mover, además de que la superficie debe ser estable y nivelada, con un área protegida de las inclemencias del tiempo pero expuesto a luz solar constante, los modelos propuestos en el Manual de la FAO, se consideran sin un invernadero, expuestos al aire libre, pero si las condiciones del lugar no permiten tenerlo bajo cielo abierto se recomienda la construcción de un invernadero. Además de que el contenedor de los peces debe estar sobre una base para dar mayor estabilidad al mismo, y aislarlo térmicamente del suelo, realizando las conexiones necesarias de plomería para su

correcto funcionamiento. El suelo debe ser firme de tal modo que si existen lluvias o algún problema de inundación no se hundan los componentes del sistema. Es importante proteger el sistema contra fuertes vientos, lluvias o nieve, que pueden causar daño a las plantas, diluir los nutrientes del agua, o desbordamientos en el sistema, daño de las conexiones eléctricas, entre otros.

Las condiciones del lugar en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, se describen más adelante, siendo en general una zona de suelo firme, la cual se desmontó, se construyó en la parte alta del terreno, previendo posibles inundaciones, aprovechando en el sistema, el flujo del agua por la gravedad que existe en el lugar, es una zona con frecuentes vientos, exposición directa al sol, así como con lluvias no tan recurrentes pero fuertes. El lugar donde se construyó el sistema fue el definitivo, se le cubrió con un macrotúnel, que hace la función de proteger de las inclemencias del tiempo la producción vegetal y animal del sistema, además de que proporciona calor a las plantas y peces, ayudando en su crecimiento y desarrollo, además de protegerlos. Sin embargo, por los recurrentes y fuertes vientos, al encontrarse en una zona alta del terreno, ha dado lugar a la caída del macrotúnel con daño en plantas y peces.

Conjuntando ambas propuestas, considerando las circunstancias del lugar y tiempo, las condiciones físicas del terreno donde se construyó el sistema experimental, se realizaron algunas modificaciones por la autora de la presente investigación, ajustándose a los suministros con lo que se contaba en el momento y a la fuerza de trabajo de dos personas, implementando el siguiente diseño, en el cual únicamente se modificó la ubicación de la fosa de lixiviado, quedando en este diseño, al final del sistema NFT, en dicha fosa se capta el agua que salió del tanque de peces, pasó por los filtros y hortalizas, quedando limpia para poder retornar al tanque de peces, por medio de la bomba de retorno.

Imagen 7. Diseño del sistema piloto de acuaponía modificado e implementado.



Fuente: Modificación propia al Diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, con base en información obtenida de Riaño Castillo, 2019. Plano elaborado por Arq. María Fernanda Muñoz del Valle, 2022.

El diseño, en la realidad, del sistema piloto acuapónico, queda plasmado en la siguiente fotografía.

Fotografía 1. Sistema piloto acuapónico.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

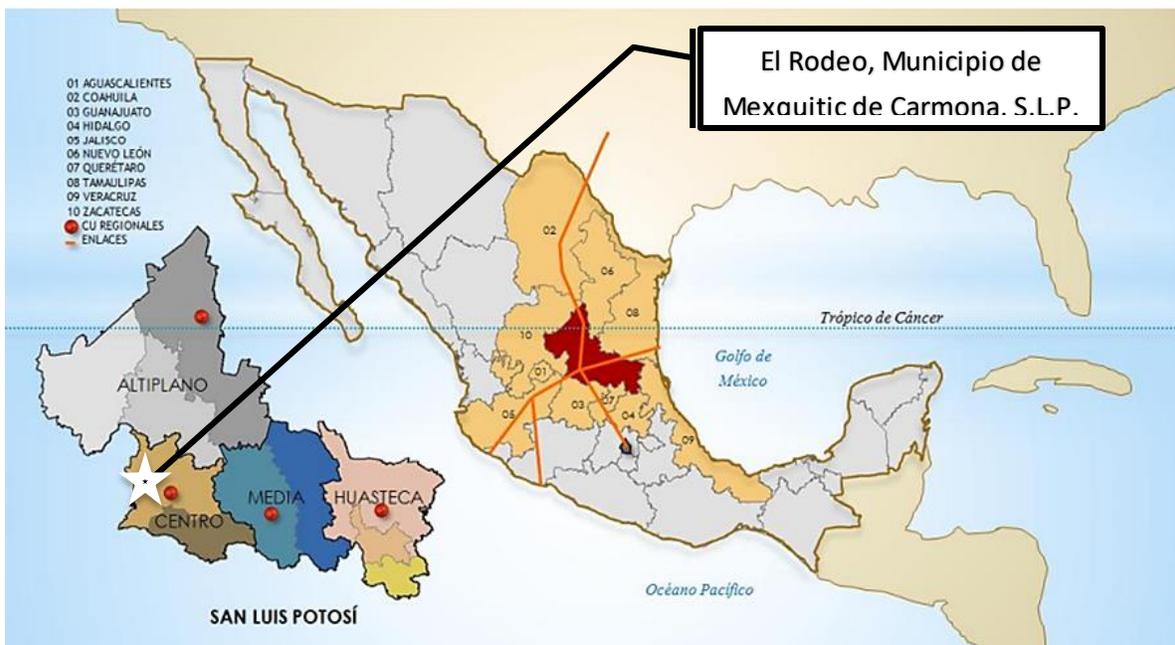
2.3.2 Construcción del sistema experimental acuapónico

La construcción del sistema piloto de acuaponía se realizó en El Rodeo, perteneciente al Municipio de Mexquitic, en el estado de San Luis Potosí, México.

El cual está ubicado, según coordenadas del satélite, a una "latitud 22°13'58"N y longitud 101°3'32"W. Hay 2930 lugares (ciudad, ciudades, aldeas (...)) dentro de un radio de 100 kilómetros / 62 millas del centro de El Rodeo (SLP), el lugar más cercano en la zona es Cerrito de Jaral, San Luis Potosí." (Roadonmap, 2014 - 2022)

Su ubicación geográfica se puede observar en la siguiente imagen:

Imagen 8. Ubicación El Rodeo, Mexquitic de Carmona.



Fuente: Plan Estatal de Desarrollo Urbano de San Luis Potosí 2012-2030, 2012, con adición propia de ubicación de El Rodeo, Mexquitic de Carmona, S.L.P.

El clima del municipio de Mexquitic, San Luis Potosí, es en su mayoría semiárido, con temperaturas que de manera general van desde los 25 a 27 °C, hasta las mínimas que pueden ir entre los 8 o 9 °C, contemplando los meses de marzo a

septiembre los más cálidos y los meses de octubre a febrero los más fríos, según indicadores establecidos por la estación climática 2402, Benito Juárez en el Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. La precipitación pluvial medida en milímetros (mm), según indicadores de la estación Benito Juárez 2401, fue de un promedio del año 2012 al 2015, de 305.64 mm, con vientos constantes del noreste al suroeste, de abril a diciembre. (SEDUVOP, 2018 - 2040)

La justificación de la construcción del sistema piloto de acuaponía en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, fue por las facilidades de acceso, cercanía y pertenencia del lugar, es un predio familiar, en distancia queda cerca al lugar de residencia de la autora de la presente investigación, de 10 a 20 minutos en transporte, de la capital potosina, cuenta con la extensión territorial suficiente para poder desarrollar este proyecto, ocupando un espacio de 24m² para la construcción del macrotúnel y de aproximadamente 4.5 m² para la del sistema piloto de acuaponía, siendo además una zona de acceso a electricidad y agua, necesarias para la realización del sistema piloto de acuaponía.

Los materiales usados en la construcción del prototipo del sistema experimental de acuaponía se desglosan a continuación, a través de secuencias fotográficas y breves explicaciones que describen la utilización de los insumos implementados en su construcción, dichos materiales dependen del tipo de sistema acuapónico que se quiera construir.

1. Tanque de peces.

Se utilizó un tanque de 1000 litros, el cual cuenta con medidas de 1 m x 1m (ancho y largo), para su uso se cortó la parte de arriba que lo cubría, para poder contener en el mismo los peces de tilapia gris para el sistema de acuaponía, tomando como referencia el contenedor propuesto en el diseño del sistema de acuaponía de la FAO (2014).

Fotografía 2. Tanque de 1000 litros para peces.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

2. Tubos de PVC de diferentes pulgadas.

Se utilizó tubería de 3 pulgadas para el sistema de hidroponía con método NFT y tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada para las conexiones de la salida de agua, filtros y desemboque en el sistema de hidroponía NFT, tomando como referencia el diseño del sistema de acuaponía de la FAO (2014) y el diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, quien proporcionó la lista de material a adquirir para el sistema piloto de acuaponía.

Fotografía 3. Tubos de PVC para sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3. Diverso material de PVC

Se usaron codos, T, coples de $\frac{1}{2}$ pulgada para realizar las conexiones en las salidas de agua y con los diferentes contenedores. Tomando como referencia el diseño

propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, quien además proporcionó la lista de material a adquirir para el sistema piloto de acuaponía.

Fotografía 4. Diverso material de PVC.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

4. Contenedores de 100 litros para filtros

Se compraron dos contenedores de 100 litros cada uno, los cuales sirvieron para los filtros correspondientes, uno de sólidos y el otro biológico, dentro del sistema piloto de acuaponía. Tomando como referencia el diseño del sistema de acuaponía de la FAO (2014) y el diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, quien proporcionó la lista de material a adquirir para el sistema piloto de acuaponía.

Fotografía 5. Contenedores de 100 litros cada uno para filtros.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

5. Bombas de retorno de agua y aireadora.

Se adquirieron dos bombas, una de retorno de agua, la cual se utilizó para el regreso del agua, del contenedor de lixiviados al tanque de peces; así mismo, se usó una bomba aireadora, la cual genera oxígeno para los peces. Tomando como referencia el diseño del sistema de acuaponía de la FAO (2014) y el diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, quien proporcionó la lista de material a adquirir para el sistema piloto de acuaponía.

Fotografía 6. Bomba aireadora y de retorno de agua para sistema experimental de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

6. Material diverso para filtro de sólidos y biológico.

Se usó diverso material para el contenido de los filtros de sólidos y biológico, los cuales permiten que el agua que sale del tanque de peces pase por ellos y se filtre, creando bacterias que ayudan a las plantas a crecer. Tomando como referencia el diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, quien proporcionó la lista de material a adquirir para el sistema piloto de acuaponía.

Dichos materiales se observan en la siguiente secuencia fotográfica.

Fotografía 7. Materiales para el filtro de sólidos y el biológico.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los materiales de piedra pomex, tezontle y manguera corrugada, los cuales se observan en la parte de arriba de la foto, se utilizaron como un filtro para limpiar el agua, además de que al ser porosos dan lugar para la creación de bacterias que convierten en nutrientes los desechos existentes en el agua, lo que alimentan a las plantas. La mallasombra de color azul y la wata blanca que se observan en la parte de abajo de la foto, se utilizan como aislantes de los desechos encontrados en el agua y ayudan en su filtración.

7. Manguera de riego y goteros

Se adquirió manguera de riego de $\frac{1}{2}$ pulgada y goteros para la manguera, los cuales no se utilizaron en su totalidad, por las modificaciones al sistema experimental acuapónico, sin embargo, se utilizó un pedazo de manguera de aproximadamente 2.5 m, para el retorno del agua de la fosa de lixiviado al tanque de los peces. Tomando como referencia el diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López.

Fotografía 8. Manguera de riego y 100 goteros



Fuente: Elaboración propia, 2022.

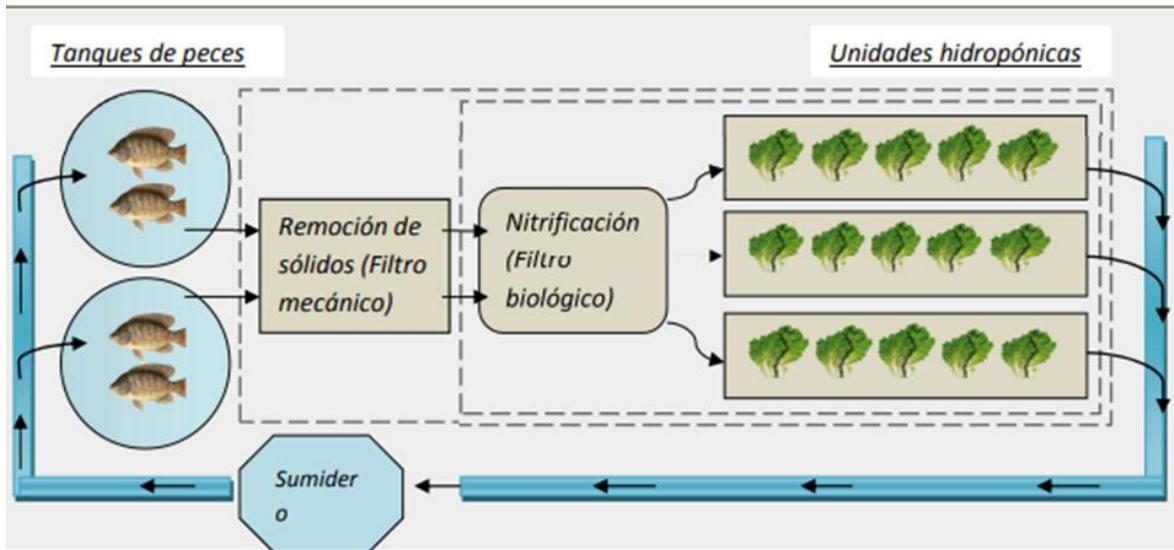
8. Otros materiales.

Así mismo se requirió de la utilización de otros materiales, como resistol para PVC, cintillas, alambre recocido, entre otros, con los cuales se realizó el armado del sistema piloto de acuaponía.

En la construcción se dispuso de una superficie de 24 m², que comprende lo abarcado por el macrotúnel, sin embargo el sistema piloto de acuaponía ocupó un espacio de aproximadamente 4.5 m².

La siguiente imagen nos muestra las partes generales de un sistema de acuaponía estándar, cada parte cumple una función específica dentro del sistema, lo que se describe a continuación.

Imagen 9. Partes y su utilidad en un sistema de acuaponía.

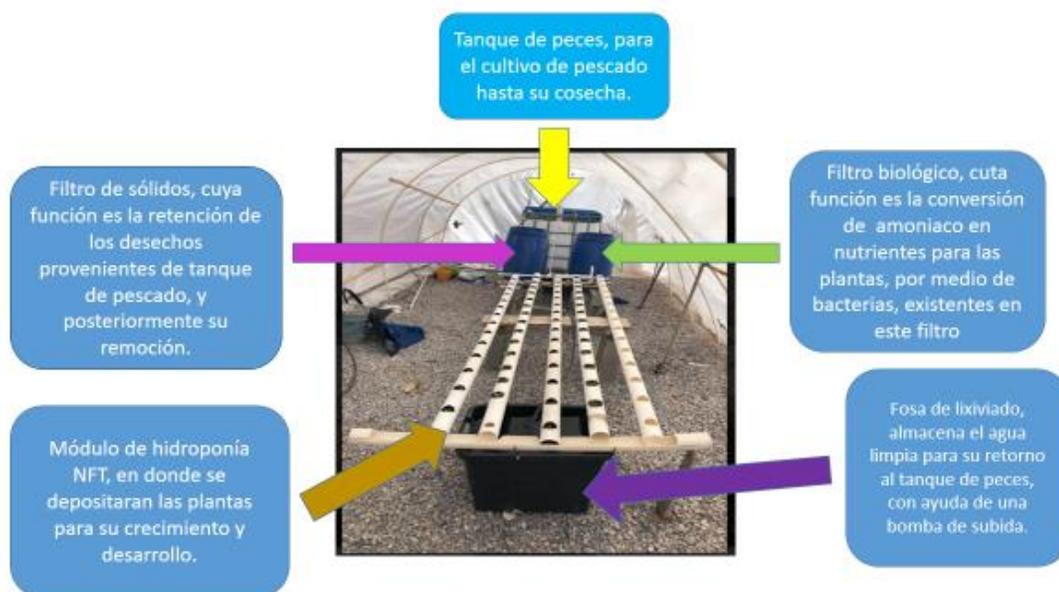


Fuente: Candarle Pablo, 2012.

Candarle (2012) nos explica de manera general los componentes básicos de un sistema de acuaponía, comenzando por uno o dos tanques de peces, seguido de un filtro de sólidos o mecánico, el cual retienen los sólidos provenientes de los peces, lo que posteriormente se remueve, siguiendo con un filtro biológico que realiza la mineralización del agua, es decir, el proceso de biofiltrado o generación de nutrientes para las plantas. Una vez establecidos estos procesos de tratamientos previos del sistema, viene el área de hidroponía, donde se concentra las plantas a desarrollar dentro del sistema de acuaponía, en seguida un contenedor más bajo para la captación del agua filtrada, la cual es regresada por medio de una bomba al tanque de peces.

La siguiente fotografía muestra los componentes del sistema piloto de acuaponía desarrollado en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, con su respectiva descripción de funcionamiento, apoyada en los datos de Candarle, 2012.

Fotografía 9. Partes y funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, con datos de Candarle 2012.

Asimismo, en su construcción se consideraron las condiciones climáticas del lugar, es una zona semiárida, con temperaturas de 25 a 27 °C, hasta las mínimas que son entre los 8 o 9 °C, precipitación pluvial medida en milímetros (mm), de 305.64 mm, con vientos constantes del noreste al suroeste, de abril a diciembre. (SEDUVOP, 2018 - 2040)

Como flora, encontramos especies típicas de zonas áridas, como “: matorral desértico micrófilo, matorral espinoso, nopalera, izotal, cardonal y pastizal.” En la fauna, existen especies como: “conejo, liebre, víbora de cascabel, tejón y codorniz”. (CEFIM, 2009 - 2015)

Todas estas circunstancias se consideraron para el desarrollo del sistema piloto de acuaponía, sin poner mucho énfasis en la dirección del viento, lo que provocó caída del macrotúnel en diversas ocasiones, dañando a las plantas y peces. Además de que se desmontó el terreno para poder tener una superficie plana y estable para la construcción del sistema, e impedir competición entre especies de flora, protegiendo el sistema con un macrotúnel para las condiciones climáticas, de viento, la captación de calor, así como la protección de especies de fauna como el

conejo, el cual puede comerse la producción de plantas, como por ejemplo, la lechuga.

Por las anteriores razones la construcción del sistema piloto de acuaponía se consideró en dos etapas.

En la primera etapa, se limpió la superficie de terreno donde se construyó el macrotúnel que contenía el sistema piloto de acuaponía, el cual se encontraba cubierto de maleza, quedando como se muestra en las siguientes fotografías.

Fotografía 10. Limpieza del terreno donde se construyó el sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Una vez realizada la limpieza del terreno, considerando las condiciones de temperatura, riesgos, lluvias, entre otros, pero sin tomar en cuenta la dirección del viento y al altura del terreno, en consideración a que el espacio es un terreno que no se encuentra en su totalidad bardeado, se tomó la decisión de construir un macrotúnel a manera de invernadero, con medidas de 3m de ancho por 8 m de largo, ocupando una superficie de 24 m², la estructura fue hecha con tubos CPVC de ½ pulgadas, cubierto con plástico especial de invernadero, que le diera a los peces y plantas el calor suficiente para su desarrollo y así mismo, resguarda de los diferentes factores de riesgo que pudieran afectarlos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no se consideró la dirección del viento, lo que ocasionó que en dos ocasiones se cayera el macrotúnel, causando daños en plantas directamente y muerte

en peces por estrés de los mismos, al ruido ocasionado por dicho viento, en la segunda ocasión, se acompañó de lluvia y granizo.

Fotografía 11. Macrotúnel.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La segunda etapa, comprendió la construcción del sistema piloto de acuaponía dentro del macrotúnel. El cual ocupa una superficie de aproximadamente 4.5 m² dentro del espacio designado para ello dentro del macrotúnel, quedando como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía 12. Diseño de sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El armado del diseño del sistema piloto de acuaponía se desarrolló en la siguiente secuencia:

1. A inicios del mes de febrero de 2022, una vez que se tuvo armado el macrotúnel, se inició con el armado del sistema piloto de acuaponía, iniciando con la introducción del tanque de 1000 litros al interior del macrotúnel, hasta el fondo en el centro del macrotúnel, el tanque ya estaba cortado y se lavó por dentro.

Fotografía 13. Paso 1. Armado del sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

2. Instalado el tanque de 1000 litros, se procedió a la conexión de la salida de agua del mismo, con los filtros respectivos, utilizando tubería de ½ pulgada para realizar estas conexiones, llevando a cabo una reducción de 4 pulgadas a ½ pulgada en la salida de agua del tanque de 1000 litros. El orden de conexión fue del tanque de 1000 litros con el primer filtro, el cual es el de sólidos, y posteriormente del filtro de sólidos al filtro biológico.

Fotografía 14. Paso 2. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3. Una vez hechas las conexiones de los filtros, se procedió a realizar la conexión de salida de agua del filtro biológico con el sistema de hidroponía NFT, donde se contienen las plántulas de lechuga.

Fotografía 15. Paso 3. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.

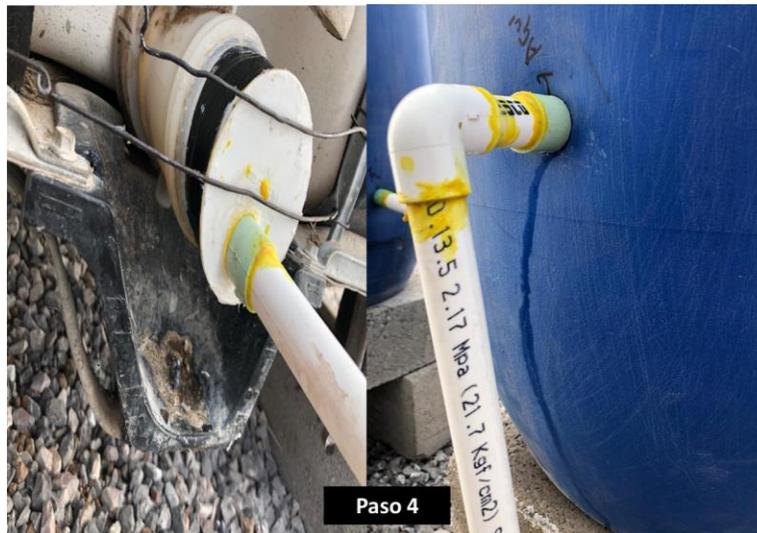


Fuente: Elaboración propia, 2022.

4. Se realizaron pruebas de fuga de agua en la tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada desde el tanque de 1000 litros, los filtros, hasta la salida de agua en el sistema NFT, encontrándose pequeñas fugas en la salida del tanque de 1000 litros, y en el filtro

de sólidos, los cuales se corrigieron para evitar la fuga de agua y la afectación al sistema de acuaponía.

Fotografía 16. Paso 4. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente. Elaboración propia, 2022.

5. Una vez sin fugas de agua, se procedió al armado del sistema NFT, conectando el tubo central que alimenta el sistema NFT, llevando el agua por cada uno de los tubos de pvc donde se contenían las plántulas de lechuga.

Fotografía 17. Paso 5. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

6. El armado del sistema de hidroponía NFT, se realizó con 5 tubos de pvc de 3 pulgadas, de 3 mts de largo cada tubo, los orificios que se realizaron en cada uno de los tubos de pvc, fueron de 2 pulgadas, con distancia de 20 cms entre cada orificio, con un total de 70 orificios para 70 plantas de lechuga, tomando en cuenta que la lechuga para su desarrollo necesita una distancia de 18 a 30 cms, es decir, se podrían producir entre 20 a 25 lechugas por metro cuadrado, según lo establecido en el manual desarrollado por la FAO, “Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming”. (FAO, 2014, pág. 171)

Fotografía 18. Paso 6. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

7. Una vez armados los tubos del sistema NFT, se concentraron en la fosa de lixiviado, la cual es un contenedor de plástico de aproximadamente 80 litros, dicha fosa cumplió la función de contener el agua que saldría del tanque de 1000 litros de los peces, pasaría por los filtros y el sistema NFT, para retornar limpia al tanque de los pescados. En dicha fosa se ubicó una bomba de retorno, que con una conexión de manguera de riego de 1/2 pulgada, regresaría el agua limpia al tanque de 1000 litros, el cual contiene los peces.

Fotografía 19. Paso 7. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

8. Una vez posicionados los tubos en la fosa de lixiviado, se procedió a armar el filtro de sólidos y el filtro biológico, con los materiales destinados para ello, los cuales son: piedra pómez, tezontle, manguera corrugada, malla sombra, wata. Dichos filtros cumplen la función de filtrar los desechos de los peces, convertirlos en bacterias y esto a su vez, en nutrientes para las plantas, es por esta razón que el agua que sale del tanque de los peces, ingresa al filtro de sólidos y posteriormente al biológico, el cual la envía al sistema NFT.

Fotografía 20. Paso 8. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

9. Dentro del tanque de 1000 litros donde se encuentran los pescados, se instaló una bomba aireadora, la cual cumple la función de generar oxígeno para los peces en el agua.

Fotografía 21. Paso 9. Armado del Sistema Piloto de Acuaponía.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La construcción del sistema piloto de acuaponía se realizó con la fuerza de trabajo de dos personas, una mujer de 39 años de edad y un hombre de 62 años de edad. La construcción del macrotúnel se llevó un aproximado de dos días con 8 horas de trabajo por día, la construcción del sistema de acuaponía requirió de otros dos días con 8 horas de trabajo por día, con un total de 4 días, y un total de 32 horas de trabajo. El armado de un sistema de acuaponía se puede desarrollar por una mujer, una persona de la tercera edad, un adolescente, sin embargo si se requiere de la asesoría de un especialista en el tema de acuaponía.

2.3.3 Operación del prototipo del sistema acuapónico

La operación del prototipo piloto del sistema de acuaponía se describe de forma sucinta en el apartado de Anexos, en forma de tablas, que muestran de forma sincrónica el desarrollo del sistema piloto a lo largo de cinco meses, de febrero a junio de 2022, desarrollándose en cuatro etapas.

La operación de la etapa inicial se comenzó en el mes de febrero de 2022, sin embargo las semillas de lechuga se germinaron el 27 de enero de 2022, se les tuvo en la charola de germinación por alrededor de tres semanas y el 19 de febrero se les trasplantó en las canastillas hidropónicas al sistema NFT de hidroponía, comenzando con la recirculación del agua y el completo funcionamiento del sistema piloto de acuaponía. En relación a los alevines de tilapia, se sembró una población de 45 alevines el 12 de febrero de 2022, al día siguiente de su siembra en el tanque de 1000 litros se encontró muerto un alevín, flotando en la superficie del tanque. Se les alimenta dos veces al día, en horarios de 10:00 a 11:00 horas, por la mañana y por la tarde, de 18:00 a 19:00 horas.

Algunas incidencias en la etapa inicial de operación del sistema piloto de acuaponía, fueron: se tuvo un alevín muerto al día siguiente de su siembra en el tanque de 1000 litros. El macrotúnel fue encontrado con mordidas, se sospecha de algún perro en busca de comida, al no encontrarse totalmente bardeado el terreno donde se encuentra el sistema piloto de acuaponía. Se procedió a poner malla gallinera en los lugares donde no hay barda para evitar el ingreso de animales que pudieran dañar el sistema piloto de acuaponía o macrotúnel.

La siguiente etapa en la operación del sistema piloto de acuaponía fue en el mes de marzo de 2022. Entre algunos de los hallazgos sucedidos se encontró: marzo fue un mes de fuertes vientos, lo que no se consideró a la hora de la construcción del macrotúnel. Se puso sustrato en las canastillas de hidroponía para que las plantas de lechuga tuvieran un mejor agarre en sus raíces y pudieran crecer, lo cual se llevó a cabo con buenos resultados. Por los vientos se cayó el macrotúnel, lo que dañó en parte las hojas de las lechugas y estreso a los peces, muriendo uno por tal razón. No se realizó hasta el momento recambio de agua, solamente llenado por la evaporación del agua por el calor. Algunos de los incidentes sucedidos en esta etapa fueron: caída del macrotúnel por los fuertes vientos, muerte de un pez por la caída del macrotúnel y se observó que las plantas de lechuga no crecían por

la falta de un sustrato que ayudará a que sus raíces tuvieran mayor agarre para permitir su crecimiento

La tercera etapa, avanzada, comprende el mes de abril de 2022. Entre los hechos sucedidos en esta etapa tenemos: primera cosecha de lechuga en la tercera semana de abril, muerte de un pescado por subir más arriba el nivel de agua, que de costumbre y trasplante de nueva plántula de lechuga para comenzar la segunda cosecha de la misma. Algunos incidentes en esta etapa fueron: muerte de un pescado por subir el nivel del agua en el tanque de 1000 litros, el agua del tanque se tornó más verdoso cuando se cosechó la lechuga y se volvió a estabilizar hasta el trasplante de las nuevas plántulas de lechuga.

La cuarta etapa en la operación del sistema piloto de acuaponía se desarrolló en el mes de mayo y junio de 2022. Algunos de los acontecimientos sucedidos en esta etapa fueron: caída de macrotúnel por lluvia, granizo y fuertes vientos., pérdida de segunda cosecha de lechuga a consecuencia de la caída del macrotúnel y el destrozo de sus hojas por el granizo y la lluvia, trasplante en el sistema de sábila para ayudar a mantener el equilibrio en el sistema, primer cosecha de tilapia a los 4 meses de su siembra y nuevo trasplante de lechuga en el sistema de acuaponía. Entre los incidentes encontrados en esta etapa final están: nueva caída de macrotúnel a consecuencia de los fuertes vientos, acompañado de lluvia y granizo, pérdida de cosecha de lechuga por caída del macrotúnel y la destrucción de las hojas por el granizo y la lluvia, muerte de un pescado por estrés a causa de la caída del macrotúnel.

Los datos arrojados en las tablas presentadas como anexos al final de la presente investigación respaldan la idea de la viabilidad de un sistema de acuaponía de traspatio para el autoconsumo de alimentos de adecuados, accesibles y disponibles, y en su caso, la comercialización del producto excedente, garantizando el derecho humano a la alimentación en el combate al hambre y pobreza.

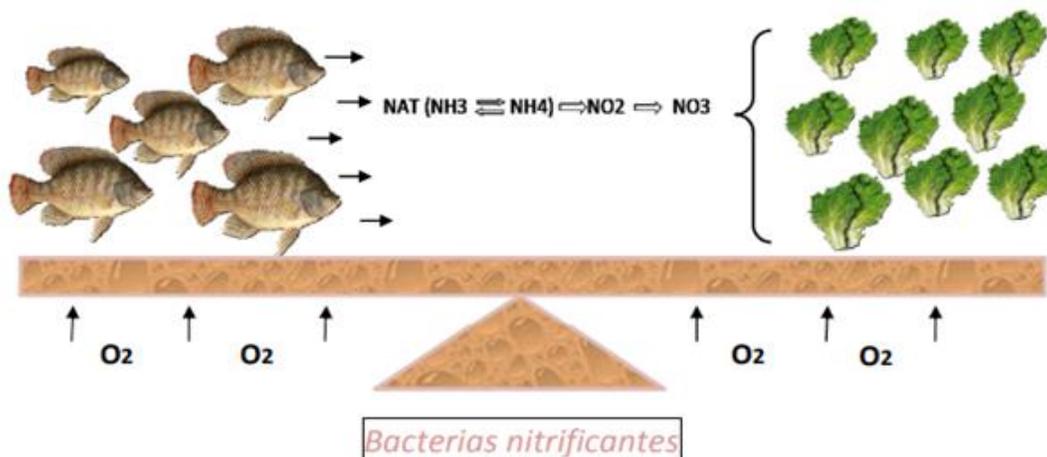
En el proceso de operación del sistema piloto de acuaponía se presentaron incidentes, que requieren algunas adecuaciones pero que dejan aprendizajes en su

funcionamiento, los cuales pueden corregirse y mejorarse, sin embargo se obtuvieron resultados favorables en la cosecha de lechuga y pescado, justificando con ello la viabilidad de crear políticas públicas que impulsen sistemas novedosos de cultivo sostenible, como la acuaponía, en una lucha contra el hambre y pobreza.

En todo sistema de acuaponía hay factores claves que se deben considerar para un funcionamiento adecuado dentro del sistema, principalmente el tipo de hortaliza a cultivar, el pez a sembrar, los cuales deben hacer una simbiosis en su correlación, es decir, que dos especies, una vegetal y otra animal, en un mismo sistema debe mantener un equilibrio para que haya crecimiento de ambas especies. Sin olvidarse para ello de las bacterias, que son la base de ese equilibrio entre peces y plantas.

La siguiente imagen nos muestra la simbiosis que se debe lograr entre los tres elementos principales en un sistema de acuaponía: plantas, peces y bacteria.

Imagen 10. Equilibrio entre peces, plantas y bacterias.



Fuente: Candarle, 2012.

En palabras de Candarle (2012): “Lograr este equilibrio, además de mantenerlo en el tiempo nunca es fácil, y requiere de un manejo adecuado referido a la selección de peces, plantas, cantidades y densidades a aplicar, (...)”.

Algunas posibles combinaciones de peces y plantas, lo tenemos en el caso de los proyectos de La Paz, Baja California Sur, donde utilizaron la tilapia como pescado de fácil acceso y adaptación a las condiciones del lugar, y el cultivo de acelga, rábano y betabel, y en algunos casos chile habanero, con una característica especial, y era la utilización de agua con altos grados de salinidad. (Itsuo, 2019)

Otra de las consideraciones importantes que deben de tenerse en cuenta, son:

“(…) alimentación, producción, reproducción, crecimiento, y lo más importante, que sean autosostenibles en el tiempo, además, en la interrelación de ambas especies (pez - planta) debe considerarse que estas tengan requerimientos similares en cuanto pH y temperatura, lo cual permite obtener mejores resultados. “ (Ramírez, 2021)

En base a las consideraciones señaladas anteriormente, se muestra a continuación dos imágenes, la primera imagen muestra una gráfica con la temperatura existente en el ambiente donde se encuentra instalado el sistema piloto de acuaponía y la segunda imagen se muestra el pH tomado de muestras de agua del sistema piloto de acuaponía, con resultados viables para el crecimiento y desarrollo tanto de la lechuga como de la tilapia cultivada.

Como se puede observar en la siguiente imagen la temperatura aumentó considerablemente en los meses de abril, mayo y junio, manteniéndose en un rango de 20 a 32 °C, existiendo condiciones más frías en los meses de febrero y marzo, con temperaturas entre los 10 y 20 °C promedio.

Imagen 11. Temperatura del macrotúnel donde se encuentra el sistema piloto de acuaponía.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

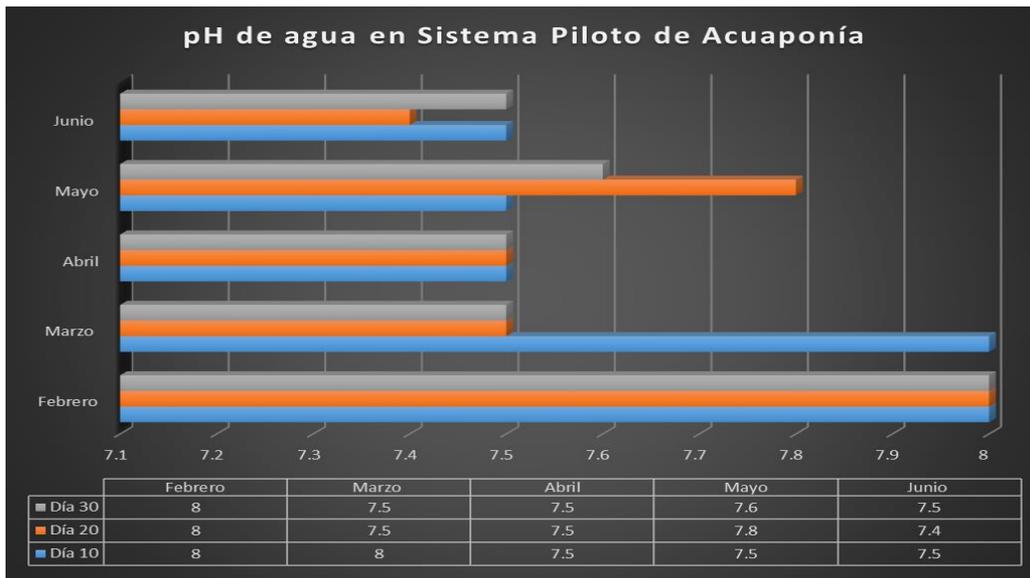
La temperatura en relación con la tilapia toma en cuenta lo siguiente: “Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen.” (Martínez, 2006)

La temperatura en relación con la lechuga, según lo señalado por Callejas Zuluaga y Pulgarín Ramírez (2021), según lo establecido en el artículo de la FAO, titulado “Small-Scale Aquaponic Food Production”, del año 2014, va de los 15 a 22 °C.

De lo anterior determinamos que los estándares de temperatura y su influencia sobre la tilapia y la lechuga se encuentran dentro de los parámetros promedio establecidos, sin embargo, en los meses de febrero y primeras semanas de marzo la temperatura si se mantuvo baja, oscilando entre los 10 y 20 °C promedio, como se puede concluir de los datos obtenidos en el lugar donde se encuentra el sistema piloto de acuaponía y que se presentaron en la imagen anterior, influyendo esto sobre el crecimiento y desarrollo de la tilapia y lechugas. Con un crecimiento lento en su desarrollo, apoyándonos en la información proporcionada por Martínez (2006) los peces detienen su crecimiento en temperaturas menores de 15° y en palabras de Zuluaga et. al. (2021), apoyada en el Manual de la FAO, las lechugas requieren para su desarrollo temperaturas entre los 15 y 22 °C.

Otro de los factores clave, es el pH del agua, que afecta tanto a la lechuga como a la tilapia en su desarrollo y crecimiento. Según se muestra en la siguiente imagen el pH promedio que se mantuvo en el sistema piloto de acuaponía fue de 7.5, pero con la única variable que en el mes de febrero, al inicio del sistema fue de 8, de manera constante. El pH para el cultivo de tilapia oscila entre 6.5 a 9.0 y para la lechuga es entre 6.0 y 7.0

Imagen 12. pH de agua en el Sistema Piloto de Acuaponía



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En el pH se deben considerar los siguientes aspectos, con relación a la tilapia:

“El pH interviene determinando si un agua es dura o blanda, la tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas ácidas y toleran hasta un pH de 5; un alto valor de pH (de 10 durante las tardes) no las afecta y el límite, aparentemente, es de 11. Con valores de 6.5 a 9 se tienen condiciones para el cultivo.”
(Martínez, 2006)

Los parámetros de pH para la lechuga, en palabras de Callejas Zuluaga y Pulgarín Ramírez (2021), según lo establecido en el artículo de la FAO, titulado “Small-Scale Aquaponic Food Production”, del año 2014, es de 6.0 a 7.0.

Considerando los aspectos antes señalados, el pH existente en el sistema piloto de acuaponía se mantuvo en un parámetro promedio que no afecta ni a la tilapia, ni a la lechuga en su desarrollo y crecimiento, siendo beneficioso para ambos.

Una de los aspectos más importantes que se debe vigilar en un sistema de acuaponía, si no es el más importante, es la calidad de agua, donde se deben medir diferentes factores, uno de ellos, es el pH del agua, el cual se estableció en párrafos anteriores, los otros son: “dureza del agua, conductividad de la solución, oxígeno

disuelto y la cantidad de nitritos - nitratos en el agua, principalmente.” (Ramírez, 2021)

Así mismo, conocer el amonio total, en el estanque de los peces nos ayuda a evitar tasas altas de mortalidad, el amonio y amoniaco que se produce por los desechos de los peces es convertido en nitritos y nitratos por las bacterias, lo que ayuda a las plantas en su crecimiento y desarrollo, produciendo nitrógeno, que en conjunto con los demás elementos guardan un equilibrio que logra la simbiosis entre peces y plantas en el sistema de acuaponía.

La siguiente tabla muestra los parámetros y rangos de calidad de agua, que se deben mantener en la acuicultura para la producción de pescados, según lo señalado por Saavedra Martínez (2006).

Tabla 2. Parámetros y rangos de la calidad de agua en acuicultura

PARAMETROS	RANGOS
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 – 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcio	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l
Nitratos	1.5 – 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05-0.2 mg/l
Fosfato	0.15-0.2 mg/l

Dióxido de Carbono	5.0 – 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno	0.01 mg/l

Fuente: Manejo de cultivo de tilapia, Saavedra Martínez, 2006.

En esta investigación los parámetros que se pudieron medir, por razón de falta de conocimientos en el uso de aparatos de medición y recursos económicos, fue la temperatura del entorno y el pH del agua, se careció de los suficientes recursos económicos para poder obtener los instrumentos necesarios para la medición de los parámetros arriba señalados, además de que se carece de los conocimientos técnicos para el manejo de los instrumentos de medición, sin contar con asistencia técnica en este tema.

Se describe a continuación el crecimiento y desarrollo de la lechuga y tilapia, desde su cultivo en el sistema piloto de acuaponía hasta su cosecha.

Tabla 3. Crecimiento, desarrollo y primera cosecha de lechuga

Fecha	Actividad	Evidencia fotográfica
27-ene-22	Siembra de semilla de lechuga en las charolas de germinación.	

Tres semanas de crecimiento Desarrollo de las semillas de lechuga en la charola de germinación por tres semanas.



19-feb-22

Trasplante de plántulas de lechuga a sistema NFT



Tercera semana de marzo Llenado de sustrato en canastillas hidropónicas para mejor desarrollo de la raíz de las plántulas de lechuga.



Cuarta semana de marzo y tres semanas de abril Crecimiento de lechuga en el sistema NFT.



23-abr-22	Primera cosecha de lechuga	
-----------	----------------------------	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 4. Crecimiento, desarrollo y segunda cosecha de lechuga.

Fecha	Actividad	Evidencia fotográfica
04-abr-22	Siembra de semilla de lechuga en las charolas de germinación.	
Tres semanas de crecimiento	Desarrollo de las semillas de lechuga en la charola de germinación por tres semanas.	

25-abr-22	Trasplante de plántulas de lechuga a sistema NFT	
Tercera semana de mayo	Caída de macrotúnel por lluvia con granizo y viento, pérdida total de cultivo de lechuga en el sistema NFT porque el granizo la destruyó.	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 5. Siembra y primera cosecha de tilapia.

Fecha	Actividad	Evidencia fotográfica
12 feb 22	Siembra de 45 crías de tilapia gris en tanque de 1000 litros, con una medida de 5 a 6 cm y un peso de 9 a 10 gramos, muriendo este pescado por el estrés provocado por el traslado	

hasta su nuevo hábitat.

Tercera semana de marzo. Se midió y pesó el pescado que murió a consecuencia del estrés ocasionado por la caída del macrotúnel por los fuertes vientos, dando una talla de 10 cm y un peso de 20 gramos.



Segunda semana de abril. Se pesó y midió el pescado que murió a consecuencia de que saltó del tanque de 1000 litros por llenarlo más arriba de lo que comúnmente se llenaba. Con una medida de casi 14 centímetros y un peso de 44 gramos.

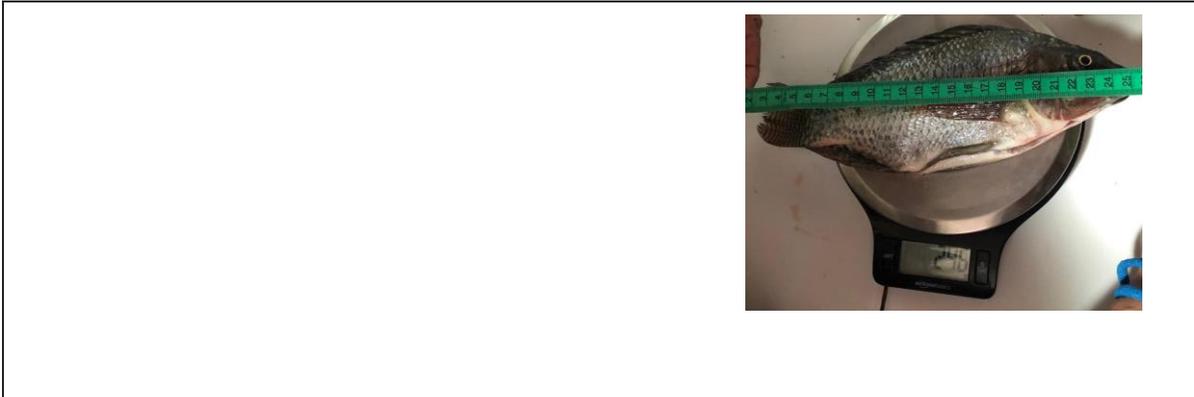


Segunda semana de mayo. Se midió y pesó el pescado que murió a consecuencia del estrés ocasionado por la segunda caída del macrotúnel a consecuencia de la lluvia, con granizo y fuertes vientos. El pescado tuvo una talla de 18 centímetros y un peso de 67 gramos.



Segunda semana de junio. Cosecha de algunos pescados a los cuatro meses de su siembra en el sistema de acuaponía, dando un talle de entre 24 a 26 centímetros y un peso entre 250 y 300 gramos con viseras.





Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.3.4 Resultados obtenidos

El sistema piloto de acuaponía traspatio se instaló en El Rodeo, Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, las razones para la selección del lugar fueron de facilidad de acceso al ser un lugar cercano a la zona conurbada de la capital potosina, además de que es un predio perteneciente a la familia de la autora de la presente investigación, por razones de economía y tiempo.

Antes de comenzar con la instalación del sistema piloto de acuaponía, se limpió el área donde se instaló un macrotúnel con una superficie de 24 m², el objetivo del mismo fue cubrir tanto a los peces como a las hortalizas de los eventos naturales como lluvia, sol extremo, depredadores, entre otros, garantizando una cierta protección, tanto para la especie animal como vegetal, además de que se instaló hule especial de invernadero con la finalidad de que retuviera el calor suficiente para permitir el crecimiento y desarrollo de las especies sembradas, y la germinación de las semillas sembradas.

El macrotúnel fue derribado en dos ocasiones, una en marzo y otra en mayo de 2022, la primera por fuertes vientos y la segunda por lluvia con granizo y fuertes vientos, esto provocó que la tilapia gris sufriera estrés, lo que dio como resultado dos peces muertos, uno por cada suceso sufrido. En cuanto a la hortaliza, en el primer suceso no sufrió tanto daño, debido a que era pequeña aun la plántula y en el segundo caso fue perdida total del cultivo de lechuga sembrado en el sistema

NFT, porque el granizo golpeó las hojas, que ya se encontraban en un talle medio a grande de desarrollo, dañando por completo la hortaliza. Antes del inicio de este proyecto se debió considerar los factores de riesgo por caso fortuito o fuerza mayor, como viento, lluvia, granizo, entre otros, validar la superficie sobre la que se construiría el sistema, en cuanto a inclinación del terreno o grado de exposición a los factores de riesgo, la dirección del viento, por ejemplo. Sin embargo, pueden realizarse acciones preventivas como las señaladas anteriormente y correctivas, como darle mayor soporte al macrotúnel con tubos de fierro de 1" a los lados para una mayor estabilidad de la estructura, así como, tener accesos de aire en el macrotúnel que no deje que se generen corrientes de viento dentro del mismo, si no una entrada y salida del viento, cubrir con malla rompevientos para lograr que no pegue directamente en la estructura del macrotúnel, entre otras.

En estos sucesos el factor común que se encontró son los fuertes vientos, que es lo que ocasionó que el huele se desprenda de la tierra de donde fue enterrado y la ubicación del macrotúnel, debido a que se construyó en la parte más alta del terreno, lo que provoca que pegue con más fuerza el viento y aunado a lluvia y granizó, es un proceso aún más catastrófico, no se midió la fuerza del viento en esos eventos, sin embargo los vientos son en su mayoría constantes y por ser parte alta se perciben aún más, la fuerza del viento se, midió por los hechos ocurridos, es decir, el derribamiento del macrotúnel, porque aun con vientos constantes del noreste al suroeste, de abril a diciembre. (SEDUVOP, 2018), no ha vuelto a derribar la estructura del macrotúnel.

Una vez instalado el macrotúnel, se comenzó en el mes de febrero la construcción del sistema, iniciando con el armado de los distintos materiales que se requirieron para su construcción, se enfrentaron problemas como fugas de agua en la tubería utilizada, contaminación del agua por no circulación de la misma, entre otras cosas, situaciones que fueron resueltas antes de poner en funcionamiento el sistema piloto.

Una vez resueltos todos los problemas de instalación del sistema piloto de acuaponía, entre ellos el recambio de agua del tanque de 1000 litros y la conexión de la bomba aireadora para producir oxígeno en el tanque, se dejó en reposo un aproximado de 5 días para la evaporación de materiales o sustancias tóxicas, como el cloro, que pudiera dañar a los peces.

Los resultados del sistema piloto de acuaponía se obtuvieron entre los meses de febrero a junio de 2022.

El 12 de febrero de 2022 se sembraron 45 crías de tilapia gris en el tanque de 1000 litros, con un talle de 5 a 6 cm y un peso de aproximadamente 10 gramos, cosechando en el mes de junio de 2022 algunos ejemplares con una talla promedio de 24 centímetros y un peso promedio de 250 gramos, muriendo desde su siembra hasta antes de la primera cosecha, 4 pescados, por diferentes razones, entre ellos principalmente el estrés al que se ven sometidos por situaciones a las que regularmente no están acostumbrados, representando una pérdida del 10% de pescado, en base al número de animales sembrados.

Se utilizó alimento para los peces en el mes de febrero y marzo con un 50% de proteína, cambiando el mismo en el mes de abril hasta la actualidad por alimento al 35% de proteína, se adquirió en la Central de Abastos, en el estado de San Luis Potosí, cada costal tiene un costo de \$500.00 pesos, es de la marca NUTRIPEC, alimento para para tilapia y bagre, el cual se vende dependiendo de la cantidad de proteína que se pida.

En cuanto a las hortalizas de lechuga, se trasplantaron en la tercera semana de febrero de 2022, 70 plántulas al sistema NFT, alrededor de 5 días después de que se sembraran las 45 crías de alevín en el tanque de 1000 litros, las cuales en su primer mes no presentaron un crecimiento muy notorio, siendo dañadas en su primer cultivo por la caída del macrotúnel a causa de los fuertes vientos, buscando asesoría por la falta de crecimiento en las plántulas de lechuga, se aconsejó poner un sustrato que permitiera un mejor agarre de la raíz, se puso *peat most*, logrando así que la planta obtuviera un desarrollo más acelerado, logrando la primera

cosecha de lechuga en la tercera semana de abril, con un total de 50 lechugas de 70 trasplantadas, a pesar de los retrasos y obstáculos que se tuvieron en su crecimiento y desarrollo al trasplantarlas al sistema NFT.

Después de la primera cosecha, dos días después, se trasplantó nuevamente plántulas de lechuga al sistema NFT para la segunda cosecha, siguiendo la guía de poner sustrato a las canastillas, logrando un mejor desarrollo y crecimiento, sin embargo esta cosecha no se logró debido a que en el mes de mayo con la caída del macrotúnel por la lluvia, granizo y los fuertes vientos, se perdió por completo la cosecha de lechuga del sistema NFT, al ser golpeada por el granizo principalmente. Para poder lograr ese equilibrio en el sistema y como no se contaba con más plántula de lechuga, se colocó algunas sábilas en el sistema NFT para que ayudará a mantener el agua limpia para su retorno al sistema NFT.

En ambas cosechas de lechuga, no se presentó ninguna plaga en las hortalizas que se tuviera que combatir.

En los meses de febrero a junio no se realizó ningún recambio de agua, simplemente se renovaba el agua que se perdía por evaporación, siendo de 20 a 30 litros por semana, dependiendo de las condiciones climáticas de la semana, a mayor calor mayor renovación de agua, a menor calor menor renovación de agua.

La temperatura promedio que se manejó en los meses de febrero a junio de 2022, de 10 a 32 °C, considerando que el mes de febrero fue de los más fríos y los meses de mayo y junio, los más calurosos.

El promedio de pH, de los meses de febrero a junio de 2022, fue en general de 7.5, sin embargo en el mes de febrero de 2022 se mantuvo en un promedio de 8, cambiando en el mes de marzo de 2022.

Se logró mantener un resultado asequible en el sistema piloto de acuaponía, con una cosecha de lechuga a los 2 meses después de su trasplante en el sistema de acuaponía y una cosecha prueba de tilapia a los cuatro meses desde su cultivo en el sistema piloto de acuaponía, con crecimiento en el pescado, siendo cultivados 45 crías de tilapia, con una muerte de 4 pescados a lo largo de los 4 meses, siendo

un porcentaje de 10% de deceso, considerando el total de crías cultivadas, las cuales fueron por diferentes factores, establecidos en los cuadros abajo descritos, y un cultivo total de 50 lechugas de 70 trasplantadas. Sin lograr la segunda cosecha de lechuga por razones de caso fortuito o fuerza mayor, que fue la lluvia, con granizo y fuertes vientos que destruyó por completo la siembra de lechuga en el sistema NFT.

No se tomaron mediciones de oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y amoníaco en el agua, que son necesarios para mantener una buena calidad de agua, lo cual es necesario para un equilibrio adecuado en el sistema, entre pescados y plantas. Las razones fueron por falta de recursos económicos y asesoría técnica en su manejo.

2.3.5 Conclusiones

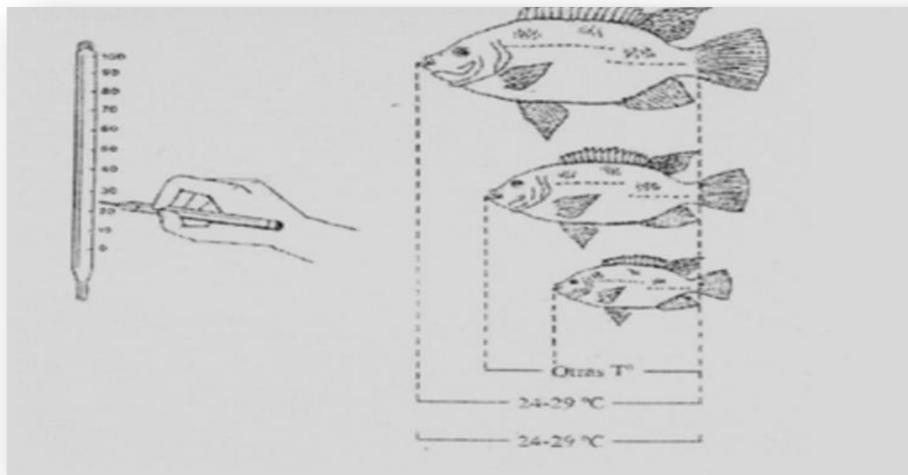
Entre los sucesos que no se consideraron en la instalación del macrotúnel, fueron los vientos, y la construcción en el lugar más alto del predio, el cual cuenta con 1960 metros de altitud, lo que provoca que pegue con más fuerza el viento y aunado a lluvia y granizo, es un proceso aún más catastrófico, logrando que el hule se desprende de la tierra de donde fue enterrado. En la construcción de todo invernadero se debe considerar la orientación del viento, que si bien es importante para obtener una ventilación que sea benéfica a los cultivos, también lo es que cuando los vientos sean fuertes, la dirección del largo del invernadero debe ser paralela a la del viento o en su caso utilizar rompevientos. (INTAGRI, 2021)

El reposo del agua del tanque de 1000 litros donde se sembraron las crías de tilapia, es necesario para poder permitir la evaporación de sustancias tóxicas, como el cloro, que puedan provocar la muerte de los peces, se dejó en reposo por 24 horas, el volumen de agua no tiene influencia sobre el tiempo de reposo, aunque no afecta el que se pueda dejar más días, siempre que se encuentre en movimiento el agua del contenedor. Un ejemplo de esta situación la encontramos en el sistema experimental que realizaron Callejas y Pulgarín (2021), “fue necesario dejar reposar

el agua nueva por 1 o 2 días, con el fin de eliminar el cloro presente para no dañar las especies del sistema acuapónico.”

En la siembra del crías de tilapia se obtuvo un resultado después de 4 meses de pescado con talla promedio de 24 centímetros y un peso de 250 gramos, lo anterior da como resultado un crecimiento rápido de la tilapia, acorde a que es un pez de fácil adaptación, tanto a niveles de temperatura, como salinidad de agua, grandes concentraciones de cultivo en espacios pequeños si se cuenta con la debida oxigenación, pero tienen un crecimiento más acelerado si cuentan con más espacio y mayor cantidad de agua, es moldeable al alimento, aceptando alimento balanceado, así mismo si existen las condiciones de temperatura óptima se desarrollan más rápidamente como se muestra en la siguiente imagen. (Martínez, 2006)

Imagen 13. Crecimiento del pez de acuerdo a la temperatura.



Fuente: Manejo de cultivo de tilapia, Saavedra Martínez, 2006

Es por ello que considerando los factores antes establecidos, es decir, un mayor espacio y mayor cantidad de agua, temperaturas entre los 24 a 29°C, se

observó un mayor desarrollo de los pescados de tilapia, sin dejar de lado la sincronía con las plantas.

En cuanto a las lechugas, se obtuvo una cosecha de 50 lechugas de la siembra de 70, en un promedio de 2 meses, considerando la situación de experimentación que se enfrentó al inicio de no poner ningún sustrato en las canastillas dejando directamente a la plántula en contacto con el agua, lo que no ayudó a que la raíz tomara fuerza para su crecimiento, por lo que se debe considerar algunos otros tipos de materiales para su mejor crecimiento, como la lana de roca, entre otros.

La lechuga tiene un promedio de crecimiento de entre 4 a 5 semanas, en condiciones de temperatura de 15 a 22 °C, con un pH promedio de 6.0 a 7.0, además de que es una de las especies mejor adaptadas a los sistemas de acuaponía, que cumplen con indicadores de calidad y nutricionales, según el manual de la FAO, “Small-Scale Aquaponic Food Production” del 2014, además de ser una hortaliza de ciclo corto, las que son ideales para los sistemas de acuaponía. (Ramírez, 2021)

Algo trascendental en la utilización de los sistemas de cultivo hidropónico NFT, dentro de un sistema de acuaponía es la maximización del espacio en la obtención de cultivos, es decir, en un espacio más pequeño se puede producir más hortaliza que en tierra, se utilizan para “... la producción a pequeña y mediana escala, estos puedan ser implementados por grupos familiares para satisfacer la demanda de alimentos de primera necesidad, además estas técnicas, son consideradas de operación simple, poco espacio y costo de inversión relativamente bajo.”(Ramírez, 2021)

El sistema NFT constituye una excelente opción para el cultivo de hortalizas de corto plazo como por ejemplo la lechuga. Tal como lo refiere González, citado por Callejas y Pulgarín (2021), con un “(...) aprovechamiento y uso total del espacio, (...) aprovechando al máximo el recurso hídrico y aumentando la productividad del sector hidropónico”.

En las dos cosechas de lechuga no se requirió de la implementación de ningún fertilizante o producto químico contra plagas, no existiendo por ende plagas que combatir, no se dio recambios de agua en los meses de experimentación que comprenden de febrero a junio de 2022, siendo solo renovada el agua que se consumió por evaporación, siendo alrededor de 20 a 30 litros de agua por semana, dependiendo de la intensidad del calor, considerado desde este enfoque a “ ... la acuaponía, como un sistema para integrar la crianza de peces y ahorrar un 90% de agua y eliminar, al mismo tiempo, el uso de productos químicos tóxicos”. (Ramírez, 2021)

Es por ello que a lo producido en un sistema acuapónico se le asigna el concepto de producto orgánico, en palabras de Simón et. al., recuperado por Callejas y Pulgarín (2021): “La producción acuapónica se considera de “productos orgánicos” por no emplear el uso de químicos como fertilizantes y plaguicidas, porque estos sistemas se basan en aprovechar el alimento no consumido por los peces (...).”.

En cuanto a la temperatura en el entorno, el mes de febrero fue el más frío, con temperaturas de hasta 10°C y los meses de mayo y junio, los más calientes, con temperaturas de hasta 32 °C, esto influyó en el crecimiento de las lechugas; sin embargo, se deben considerar otros factores como la calidad del agua, niveles de pH, oxigenación, entre otros para medir el crecimiento de peces y plantas. En palabras de Saavedra Martínez (2016), los parámetros idóneos para el crecimiento de la tilapia son entre 20-30 °C, soportan temperaturas menores. Pero se debe considerar que en temperaturas inferiores de 15 °C los pescados no crecen. Callejas Zuluaga y Pulgarín Ramírez (2021), apoyadas en el manual de la FAO, titulado “Small-Scale Aquaponic Food Production”, del año 2014, establecen que la temperatura para el cultivo de lechuga va de los 15 a 22 °C. De lo anterior se infiere que en la tilapia se observa una disminución de crecimiento en climas fríos y un aceleramiento en su crecimiento en climas cálidos; en las hortalizas los climas cálidos son los más oportunos para su crecimiento.

En cuanto a la medida del pH en el sistema piloto de acuaponía se mantuvo un promedio de 7.5, tomando las medidas en diferentes lugares del sistema, como el tanque de peces, filtros, sistema NFT, manteniendo una constante de promedio de 7.5. El pH que se maneja en el cultivo de tilapia de 6.5 a 9 se tiene (Martínez, 2006). Para el cultivo de lechuga el pH

Los parámetros de pH para la lechuga, en palabras de Callejas Zuluaga y Pulgarín Ramírez (2021), según lo establecido en el artículo de la FAO, titulado “Small-Scale Aquaponic Food Production”, del año 2014, es de 6.0 a 7.0.

Considerando lo anterior, se mantuvo un parámetro promedio controlado para el crecimiento de la tilapia, en cuanto a la lechuga se mantuvo un parámetro más alto considerado que su base es de 6.0 a 7.0, lo cual pudo haber también influido en el crecimiento de la misma.

La calidad del agua es esencial para el crecimiento tanto de la tilapia como de la lechuga, dado que al no utilizarse fertilizantes, se debe garantizar un equilibrio entre los peces y las plantas, donde los desechos producidos por los peces se convierten en los nutrientes que las plantas requieren para su desarrollo, así mismo la capacidad que tienen las plantas para poder limpiar el agua que retorna al tanque de los peces. Por ello es esencial la medición de otros factores como temperatura del agua, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amoníaco, además del pH del agua. En la presente investigación, se realizó únicamente la medición de la temperatura del medio ambiente dentro del macrotúnel y el pH del agua, los demás factores no se pudieron medir debido a la falta de equipo técnico y los conocimientos especializados en la utilización de los instrumentos de medición. El sistema de acuaponía en palabras de Guzmán y Hurtado, 2018, “enfrenta limitantes como el desconocimiento del tema por parte de la población y la oferta de personal capacitado para desarrollar estos sistemas” (Ramírez, 2021)

Aun con la carencia de ciertas mediciones, por la falta los instrumentos de medición y los conocimientos técnicos para realizar dichas mediciones, que requieren de una persona especialista en el tema de acuicultura, se logró mantener

el equilibrio en el sistema, con la obtención de 50 lechugas en un primer cultivo, así como la cosecha de algunas especies de tilapia con un peso y tasa considerable, atendiendo a que es una cosecha de 4 meses, a partir de su siembra en el tanque de 1000 litros. No se obtuvo una segunda cosecha como tal por la pérdida de la misma debida a un caso fortuito o de fuerza mayor, que fue el granizo que cayó en un día con lluvia y destruyó toda la cosecha, como ya se evidenció en párrafos anteriores.

La propuesta con el desarrollo del sistema piloto de acuaponía de traspatio, es conocer el funcionamiento y beneficio de los sistemas de acuaponía, para contar con el sustento teórico - práctico que permita establecer políticas públicas que impulsen el establecimiento de módulos de sistema de acuaponía traspatio para las familias que se encuentren en situaciones de hambre y pobreza en el Estado de San Luis Potosí, garantizando el derecho humano a la alimentación, que toda persona posee, según lo establecido por el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como contribuir al cumplimiento del Objetivo 2. Hambre Cero, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, propuestos por la ONU.

La tilapia y las hortalizas, como la lechuga aportan energía y nutrientes esenciales a las personas que contribuyen a su desarrollo físico e intelectual, por ejemplo un pescado de tilapia y una hortaliza de hoja, como la lechuga, que se pueden producir en un sistema de acuaponía, aportan:

“100 gramos de Tilapia tienen el 5% del total diario calórico necesario: 96 calorías (...) Un adulto medio necesita 50 gramos de proteínas al día. 100 gramos de Tilapia tienen 20,08 gr de proteína, el 40% de tu necesidad diaria total. (...) 100 gramos de Lechuga tienen el 1% del total diario calórico necesario: 13 calorías (...) 100 gramos de Lechuga contienen 1,1 gramos de fibra dietética, el 4% de tu total diario necesario. ” (todoalimentos, 2022)

Las siguientes tablas muestran los nutrientes aportados por la lechuga y la tilapia.

Tabla 6. Nutrientes aportados por la lechuga.

Energía	Azúcar	Fibra	Sodio	Proteína	Agua
13 kcal	0 mg	1,1 g	5 mg.	1,35 g	95,63 g
100 gramos de Lechuga tienen el 1% de tu total diario calórico necesario: 13 calorías.	Lechuga no tiene azúcar	100 gramos de Lechuga contienen 1,1 gramos de fibra dietética, el 4% de tu total diario necesario.	Un adulto medio necesita 2400 mg de sodio al día. 100 gramos de Lechuga tienen 5 mg de sal, el 0% del total diario requerido.	Un adulto medio necesita 50 gramos de proteínas al día. 100 gramos de Lechuga tienen 1,35 gr de proteína, el 2% de tu necesidad diaria total.	100 gramos de Lechuga contienen 95% de agua, 95,63 gramos.

Fuente: todoalimentos, 2022

Tabla 7. Nutrientes aportados por la tilapia

Energía	Azúcar	Fibra	Sodio	Proteína	Agua
96 kcal	0 mg	0 g	52 mg	20,08 g	78,08 g
100 gramos de Tilapia tienen el 5% de tu	Tilapia no tiene azúcar	Tilapia no tiene fibra	Un adulto medio necesita 2400 mg de	Un adulto medio necesita 50 gramos de	100 gramos de Tilapia contienen 78,08

total diario calórico necesario: 96 calorías.			sodio al día. 100 gramos de Tilapia tienen 52 mg de sal, el 3% del total diario requerido.	proteínas al día. 100 gramos de Tilapia tienen 20,08 gr de proteína, el 40% de tu necesidad diaria total.	gramos de agua, el 78% del peso total.
---	--	--	--	---	--

Fuente: todoalimentos, 2022

Para esquematizar de una forma más clara el aporte de nutrientes que aporta un sistema acuapónico a una familia de cuatro personas, tomaremos como ejemplo, la investigación desarrollada en “un invernadero situado en el IES Joaquín Romero Murube, en el barrio del Polígono Sur, Sevilla, España (37°21'30.4 "N, 5°58'19.8"W), que presenta una de las mayores tasas de exclusión social y pobreza económica de España”. (Suárez Cáceres, 2021)

Esta investigación fue desarrollada por Gina Patricia Suárez Cáceres, en el año 2021, bajo la forma de una tesis doctoral, con el título “Caracterización y optimización de la producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos de pequeña escala”, en la Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, bajo la dirección de los Doctores Luis Pérez Urrestarazu y Víctor Manuel Fernández Cabanás.

Con el objeto de conocer los resultados en cuanto a los aportes nutricionales que se generaron en este proyecto para una familia de cuatro personas, es necesario conocer los antecedentes de los sistemas acuapónicos desarrollados en dicha investigación. Esta investigación se desarrolló en un invernadero que contaba con 9 m de largo, 5 m de ancho y 3.5 m en su punto más alto. Se diseñaron dos

sistemas acuapónicos de microescala (SAM), apoyados en los desarrollados por la FAO, pero con modificaciones para mejorar su aprovechamiento. Suarez Cáceres (2021) señala que en lo individual cada unidad SAM, contaba con un tanque de peces, y tres unidades hidropónicas, “Técnica de Película de Nutrientes (NFT), Cama de Cultivo (GB) y Cultivo en Aguas Profundas (DWC).” La superficie total de cultivo era de 4.56 m², de los cuales “3 m² corresponden a NFT, 1,2 m² a GB y 0,36 m² a DWC.”

“En ellos se produjeron 62 kg de tilapia y 352 kg de 22 verduras y frutas diferentes durante un año, lo que demostró que una instalación acuapónica a pequeña escala puede proporcionar parte de las frutas, verduras y pescado recomendadas para la subsistencia de una familia de cuatro miembros durante todo el año.” (Suárez Cáceres, 2021)

La investigación analizada, tomo como referencia la guía “Dietary Guidelines for Americans 2015-2020” del Departamento de Salud y Servicios Humanos, y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (conocido por sus siglas en inglés USDA), para establecer las necesidades nutricionales que requiere una persona al día, señalando que son 2000 calorías al día como límite las necesarias para una alimentación mediterránea saludable, conformada por varios grupos de alimentos, como son:

“1) Vegetales: verde oscuro (hortalizas con hojas de color verde), rojo y naranja (hortalizas de color rojo y naranja), leguminosas (judías y guisantes, almidón, otros (hortalizas que no entran en los otros grupos); 2) Frutas; 3) Granos: cereales integrales, granos refinados; 4) Lácteos; 5) Alimentos proteicos: comida de mar/peces, carnes, aves, huevos, frutos secos, semillas y productos de soja; 6) Aceites.” (Suárez Cáceres, 2021)

Con base en los datos establecidos por esta guía, la investigación referida asignó a cada grupo de vegetales agrupados en este manual las hortalizas producidas en los SAMS, así como el pescado producido (tilapia). Se calcularon las vitaminas y minerales contenidas en el producto producido por un sistema acuapónico, tomando como referencia los datos de la “FoodData Central” del USDA (United States Department of Agriculture - USDA, 2019), calculándose los nutrientes para una familia de cuatro persona, en base a lo establecido por la FAO. En ambos casos se determinó la relación en % entre la cantidad de alimentos

producidos por los SAMS y la cantidad de alimento, vitaminas y minerales establecidos en los manuales. (Suárez Cáceres, 2021)

En cuanto a los resultados de la investigación realizada por Suárez Cáceres se pueden consultar en el anexo 1 y 2, los porcentajes de los elementos nutricionales de una alimentación mediterránea saludable y las vitaminas y minerales aportados por el SAM1 y SAM2. A manera de resumen se establece que se obtuvo lo siguiente:

“(...) cada SAM produjo un excedente de verduras de color verde oscuro (hortalizas con hojas de color verde) respecto a la cantidad recomendada para una dieta mediterránea balanceada (147% en el SAM1 y 134% en el SAM2). En cambio, los vegetales que aportaron almidón y las frutas tuvieron una producción muy baja en ambos SAM (1% de la cantidad recomendada). En cuanto a la tilapia (comida de mar/peces), los SAM produjeron uno poco más de la cuarta parte de lo recomendado (38% SAM1 y 33% SAM2). (...) En cuanto a las vitaminas y minerales que ofrecieron los sistemas, se observa en general que el SAM1 fue el sistema que aportó más nutricionalmente respecto al SAM2. Por ejemplo, la vitamina K se produjo en exceso un 195% en el SAM1 y un 167% en el SAM2. Por otro lado, la mitad de la vitamina C recomendada fue producida por el SAM 1 (54%) y un poco menos de la mitad por el SAM2 (47%). Una cuarta parte de la vitamina A fue producida por ambos sistemas, un 26% por el SAM1 y un 25% por el SAM2. Por último, la vitamina B12 fue aportada un 17% el SAM1 y un 15% el SAM2.”
(Suárez Cáceres, 2021)

Obtenidos los resultados, Suárez Cáceres (2021) señala, en el apartado de discusión, que conjuntando peces y plantas, se obtuvo aproximadamente 211 kg en la unidad de SAM1 y 204 kg en la unidad de SAM2, en un espacio de cultivo de 4.56m², ocupando el tanque de pescados una superficie de 1.2m², con un rendimiento de 36kg m⁻² de superficie de producción. Sumando la producción total de ambos SAMS, peces y plantas, se obtuvo un total de 415 kg de producto, un espacio de invernadero de 45m².

“De forma general, se puede afirmar que la producción anual proporcionada por los SAM de esta investigación, contribuye a aportar una dieta saludable y balanceada a una familia tipo. De hecho, el consumo anual per cápita en 2018 en España fue de 10 kg de pescado fresco y 57 kg de verduras frescas [MAPA, 2019]. Teniendo en cuenta estos valores, la producción obtenida en esta investigación representaría el 155 % del pescado fresco que consume

anualmente una familia de cuatro miembros y el 129 % de las hortalizas (sumando la producción de los dos SAM). (...) la elección de especies y el número de hortalizas que se produjeron en los sistemas acuapónicos un excedente de verduras de color verde oscuro (hortalizas con hojas de color verde) respecto a la cantidad recomendada para una dieta mediterránea balanceada. Sin embargo, produjeron una muy baja cantidad de vegetales con almidón y de frutas, y una cuarta parte de producción de tilapia de lo recomendado. Esto indica la importancia de planificar el cultivo cada mes, teniendo en cuenta las necesidades nutricionales de la familia, los ciclos de las hortalizas y el desarrollo de los peces según la estacionalidad, con el fin de potencializar al máximo la producción en el sistema acuapónico. (...)En cuanto a las vitaminas y minerales contenidas en los alimentos que se produjeron en los sistemas, se observa en general que el SAM1 fue el sistema que aportó más vitaminas y minerales respecto al SAM2. (...)Cabe resaltar, que estos SAM pueden suplir parte de una dieta saludable para una familia, por lo que los demás nutrientes deben ser adquiridos aparte de los sistemas.” (Suárez Cáceres, 2021)

Analizando de forma general la investigación realizada por Suárez Cáceres en el año 2021, se puede concluir que un sistema acuapónico, puede suplir en gran parte los nutrientes necesarios para una familia promedio de 4 personas, considerando además el aporte en vitaminas y minerales, sin embargo no aporta el total de los nutrientes que las personas necesitan en una dieta saludable, por lo que los nutrientes faltantes, como por ejemplo, granos, huevo, aceites, entre otros, se deben adquirir aparte de la producción de alimentos acuapónicos. Se pueden realizar producciones de policultivos y así mismo, se pueden producir distintas clases de pescado, pero en esta investigación el pescado más accesible y utilizado fue la tilapia. Lo anterior se debe tener en cuenta para lograr un balance en los nutrientes generados en un sistema de acuaponía para una familia promedio de 4 personas, es decir, se deben realizar las planificaciones sobre que plantas y peces se van a cultivar, los aportes nutricionales de cada especie, los calendarios de siembra y cosecha, la alimentación para los peces, y en general todo aquello que nos permita generar un equilibrio en la obtención de nutrientes esenciales para una alimentación adecuada, accesible y disponible para una familia, logrando obtener en un sistema de acuaponía el mayor número de nutrientes esenciales para una

familia, garantizando con ello el derecho humano a la alimentación, como una forma de combatir el hambre y la pobreza. Lo anterior respaldado en palabras de Suárez Cáceres (2021):

“De acuerdo con los resultados obtenidos en este apartado, es importante desarrollar la escalabilidad dentro de una producción acuapónica, con el fin de identificar el tamaño o la cantidad óptima de los sistemas, las especies más fáciles de mantener por una familia, como mantener la diversificación de hortalizas para los fines de autoconsumo, para de esta forma producir alimentos que puedan suplir necesidades nutricionales de una familia. Para ello es necesario realizar más estudios que puedan evaluar la optimización de la producción, de los recursos (instalaciones, especies, mano de obra) y el mantenimiento de este tipo de producción desde un punto de vista técnico (calidad de agua, balance de nutrientes).” (Suárez Cáceres, 2021)

Es por ello que lo establecido por la FAO, 2014, es que: “Para lograr el cumplimiento al objetivo hambre cero es esencial priorizar las prácticas agrícolas sostenibles a través de la innovación socio-productiva y la comercialización de productos en sistemas de Agricultura Familiar, los cuales se han posicionado como un importante proveedor de alimentos para consumo local e interno. Sin embargo, la adopción y el intercambio de buenas prácticas agrícolas (BPA) y Tecnologías Ambientalmente Sostenibles deben estar enfocadas en la participación comunitaria dentro de los sistemas de asistencia técnica” (Ramírez, 2022)

2.4 Costos de construcción, elementos iniciales y gastos mensuales de mantenimiento del sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo.

En el presente apartado se establecen los costos de construcción, elementos iniciales y gastos mensuales, que se consideraron para la puesta en marcha del sistema piloto de acuaponía en El Rodeo, Municipio de Mexquitic, San Luis Potosí. No se debe perder de vista que los datos obtenidos están basados en el sistema experimental acuapónico, construido y operado de febrero a junio de 2022.

Así mismo se debe considerar que los costos son variables, tomando en cuenta la inflación existente en el tiempo.

En el siguiente esquema se muestran los costos de construcción del sistema piloto de acuaponía.

Tabla 8. Costos de construcción de sistema piloto de acuaponía.

Concepto	Cantidad	Unidad de Medición	Precio Unitario	Total
Mallasombra	3	Mts	\$ 80.00	\$ 240.00
Tanque (1000L)	1	Pza	\$ 900.00	\$ 900.00
Tubo PVC 3"(75 mm) x 6	1	Pza	\$ 228.39	\$ 228.39
TEE Sanitario (50*50)	8	Pza	\$ 8.97	\$ 71.76
Tubo PVC 3"(75 mm) x 6	3	Pza	\$ 249.30	\$ 747.90
Tapa inserción (3")	4	Pza	\$ 7.43	\$ 29.72
Tubo PVC 1/2" (13 mm) x	5	Pza	\$ 70.92	\$ 354.60
Tubo PVC 2" (50 mm) x 6	1	Pza	\$ 147.95	\$ 147.95
Tambo (100L)	2	Pza	\$ 150.00	\$ 300.00
Wata	2	Mts	\$ 40.00	\$ 80.00
Piedra Pomex	5	Kg	\$ 30.00	\$ 150.00
Tezontle	1	Kg	\$ 100.00	\$ 100.00
Manguera Corrugada (2m	1	Pza	\$ 100.00	\$ 100.00
Manguera	50	Mts	\$ 10.00	\$ 500.00

Codos y Coples de Riego	8	Pza	\$ 10.00	\$ 80.00
TEE PVC ½"	1	Pza	\$ 5.50	\$ 5.50
CODO PVC ½ X 90	5	Pza	\$ 8.00	\$ 40.00
Contenedor de Plástico (1	1	Pza	\$ 300.00	\$ 300.00
Llaves de paso ½"	2	Pza	\$ 40.00	\$ 80.00
Pegamento para PVC	1	Concepto	\$ 500.00	\$ 500.00
Mano de Obra	1	Concepto	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La siguiente tabla muestra los costos iniciales de operación del sistema piloto de acuaponía.

Tabla 9. Costos de elementos iniciales de operación del sistema piloto de acuaponía.

Concepto	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unitario	Total
Test PH	1	Pza	\$ 250.00	250.00
Aparato medidor de PH	1	Pza	\$ 300.00	\$ 300.00
Bomba Power head ae	1	Pza	\$ 418.00	\$ 418.00
Bomba water pumb de	1	Pza	\$ 440.00	\$ 440.00
Canastilla Hidroponic	100	Pza	\$ 4.50	\$ 450.00
Microaspersores	100	Pza	\$ 2.46	\$ 246.00
Semillas de Lechuga	2	Bolsa	\$ 25.00	\$ 50.00

Peces 6 a 8 cms		45	Peces	\$ 14.00	\$ 630.00
Charola de Germinación	de	1	Pza	\$ 100.00	\$ 100.00
Sustrato germinación	de	2	Kg	\$ 100.00	\$ 200.00
Agua para tanque		700	Lt	\$ 0.83	\$ 583.00
Capacitación Inicial		1	Mes	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
				Total	\$ 5,667.33

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En el siguiente esquema encontramos los gastos mensuales en el mantenimiento del sistema piloto de acuaponía, se debe aclarar, que en dichos gastos no se consideraron los provenientes de caso fortuito o fuerza mayor.

Tabla 10. Gastos mensuales del sistema piloto de acuaponía.

Gastos mensuales				
Concepto	Cantidad	Unidad Medida	Precio Unitario	Total
Lechugas	0.25	Bolsa	\$ 25.00	\$ 6.25
Comida para peces	3.7	Kg	\$ 20.00	\$ 74.00
Agua	120	Lt	\$ 0.83	\$ 100.00
Luz	1	Mes	\$ 60.00	\$ 60.00
Total				\$ 234.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

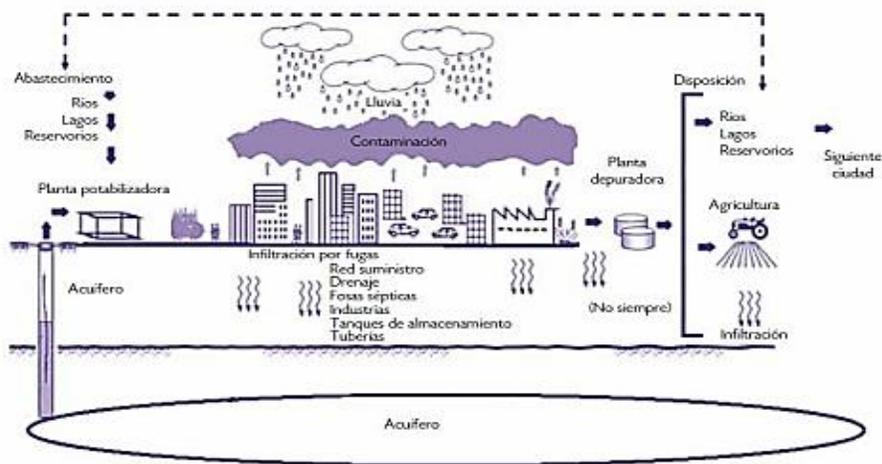
El costo total de la construcción y elementos iniciales de mantenimiento del sistema piloto de acuaponía de El Rodeo, Municipio de Mexquitic, San Luis Potosí, fue de \$13,623.15 (trece mil seiscientos veintitrés pesos 15/100 M.N.), en el período

de febrero a junio de 2022. Los gastos mensuales de mantenimiento del sistema piloto de acuaponía de febrero a junio de 2022, fue de \$234.00 (doscientos treinta y cuatro pesos 00/100M.N.), este costo no incluye los eventos por caso fortuito o fuerza mayor, para lo cual se tendría que adquirir material que permita realizar reparaciones, mejoras o proteger el sistema de acuaponía o si se tiene una estructura como el macrotúnel, poder mantenerla en pie, como en los casos sucedidos en la presente investigación por causas como el viento, lluvia u otros. Los costos de estos materiales dependerán en su momento de las medidas que se deban tomar.

2.5 Escasez de agua, fortaleza o debilidad en un sistema de acuaponía.

A pesar de que el ciclo hidrológico es el mismo, en las ciudades es más complejo debido a las implicaciones causadas por la urbanización, como la contaminación de las escorrentías pluviales, al no existir canales exclusivos para esta agua, utilizando el drenaje, no puede ser evacuada por las alcantarillas por lo que ocasiona inundaciones (Miracle Sol, 2012). En el siguiente esquema se puede observar el ciclo urbano del agua, en el cual las principales modificaciones son la cantidad y calidad del agua y la acumulación o retención (Cisneros, 2014):

Imagen 14. Ciclo del agua urbana.



Fuente: Jiménez, 2014

Algunos datos a considerar de importancia en el Estado de San Luis Potosí, son los señalados en una investigación realizada por Rosalba Elizabeth Cruz Fraga, dirigida por el Dr. Marcos Algara Siller, en codirección con el Dr. Carlos Renato Ramos Palacio, sobre la descripción física del Estado de San Luis Potosí, datos tomados del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, del año 2001, bajo el siguiente tenor: "... Sólo arroyos muy pequeños cruzan esta zona, como son: el río Españita, el Paisanos y el Santiago, éstos son formados debido a los escurrimientos en temporadas de lluvia, en cuyo tiempo se abastecen las presas de San José y El Peaje, así como de corrientes subterráneas importantes, que se localizan al sur y sureste de la ciudad. La distribución climática del municipio se caracteriza por: su parte sur, seco templado y semi-seco templado; en el norte, seco semi-cálido, al centro, muy seco templado. Su precipitación pluvial anual es de 372.9 mm. La temperatura media anual es de 16.8°C, con una máxima absoluta de 35°C y una mínima absoluta de 7°C, la temperatura cálida comprende de marzo a octubre y el periodo frío de noviembre a febrero" (Cruz Fraga, 2007, p 15).

En comparación con los datos arrojados en el 2011 por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, la ciudad de San Luis Potosí tiene un clima seco, con una precipitación promedio de 950 mm al año en el estado, con lluvias principalmente en el verano (INEGI, 2013), en la ciudad de San Luis Potosí de acuerdo a datos obtenidos de Weather (Weather Atlas, s.f.), en este año, los meses con mayor precipitación fueron de junio a septiembre, siendo julio con la precipitación media más alta con 66.6 mm, y el mes con más días lluviosos fue septiembre con un promedio de 8.4 días.

Debido a estas características, uno de los principales problemas a los que se enfrenta la ciudad es la escasez de agua ocasionados por factores, como la urbanización y regirse bajo un esquema de gestión del agua lineal, es decir, se consume, desecha y se expulsa (López Mares et al., 2018).

El problema de agua se agrava, debido a la falta de captación, saneamiento y aprovechamiento del agua de lluvia en la ciudad, la cual es contaminada, desperdiciada y expulsada de la ciudad lo más rápido posible debido a los problemas de inundación que ocasiona, precisamente por la inexistencia de una cultura de aprovechamiento del agua fluvial, infraestructura y espacios de infiltración, pues los existentes, la gran mayoría han sido sustituidos por suelo urbano, rompiendo con el ciclo natural del agua y evitando la infiltración del agua para la recarga de mantos acuíferos.

La sustitución de suelo, es factor clave para las inundaciones, pues al cubrir el suelo de concreto evita la infiltración del agua y en el caso de las calles aumenta las escorrentías, inundando las diferentes colonias de la ciudad, colapsando el sistema de drenaje, el cual en lugar de captar el agua que corre por las calles, expulsa grandes cantidades de aguas negras, de manera que esto contribuye al colapso e inundación de la ciudad.

En la ciudad existen 25 colectores pluviales, de manera aislada, sin un sistema interconectado.

Otro de los problemas respecto a el agua de lluvia es su contaminación por su paso en la zona urbana, lo cual complica su aprovechamiento y desde una perspectiva biorregional, esto afecta todo el territorio y sus ecosistemas, al salir el agua de lluvia de la ciudad sigue su cauce hasta depositarse en cuerpos de agua o bien infiltrarse, sin embargo, el agua está contaminada por diferentes agentes urbanos como basura, aceites de vehículos, entre otros, que afectan la flora y la fauna nativa.

Una de las problemáticas actuales que incitan el uso del agua de lluvia es el cambio climático, con el aumento de temperaturas y sequías prolongadas debido a la falta de agua de lluvia, lo cual afecta a los asentamientos humanos, por lo que el uso de agua de lluvia es una alternativa al acceso de agua potable o agua para usos cotidianos, sin ser necesariamente para beber.

La falta de una correcta gestión del agua pluvial y la falta de diseño urbano orientado a la adaptación de la ciudad ante las lluvias, hacen de la ciudad de San Luis Potosí, una ciudad poco sustentable y con diferentes riesgos urbanos y ambientales.

Las fallas operativas en los sistemas de captación, saneamiento y aprovechamiento de agua de lluvia, ocasiona serios problemas de inundación al contar solamente con un sistema de alcantarillado poco funcional por la concentración de agua de lluvia en algunas zonas de la ciudad, la existencia de basura que las obstruye y la falta de separación del drenaje y el agua pluvial, dichas inundaciones impactan directamente en la movilidad de la ciudad por lo tanto en la economía y en la calidad de vida de las personas.

Otra de las problemáticas es la escasez de agua que actualmente se vive en la ciudad, y la dependencia de abastecimiento principalmente de pozos, además de la falta de áreas permeables que permita la recarga de los mantos acuíferos a largo plazo. La dependencia de agua subterránea, es también una causa de la falta de adaptación de las edificaciones para la captación y uso de agua y posteriormente reciclar.

La siguiente imagen plantea lo establecido en párrafos anteriores:

Imagen 15. Sistema de agua de lluvia en la ciudad de San Luis Potosí.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

La Agenda de Innovación de las Regiones Potosinas, establece que "...el estado presenta un serio problema de escasez de agua, en la mayor parte del territorio, ya que su hidrología está formada por dos regiones hidrológicas que son "Región Hidrológica" Pánuco, la cual se extiende en toda la porción sur y sureste del estado, y la "Región Hidrológica" El Salado, que abarca la parte central y norte de la entidad, en lo que respecta a aguas superficiales (Estrada, 2013). Con respecto a la región del Altiplano, la doctora Briseida López Álvarez comenta que ["la situación es radical porque no hay agua, el clima no ayuda y la población está en condiciones rurales de pobreza económica" (Dohvehnain, 2018).]" (al, 2020)

La mayor parte de las viviendas no cuentan con un sistema de recolección ni aprovechamiento del agua pluvial, el Reglamento de Construcción del Municipio de San Luis Potosí no obliga, ni incentiva a dicha acción y las vialidades tampoco están preparadas para ello.

San Luis Potosí es una ciudad con una importante actividad industrial, localizada en la zona suroriente, no todas las empresas cuentan con colectores pluviales o plantas, sin embargo, están obligadas a tomar medidas en el tratamiento de aguas de lluvia, de acuerdo con el Reglamento de Construcciones del Municipio de San Luis Potosí, las obras urbanas deberán contar con lo siguiente para su aprobación:

- Fuente de abastecimiento de agua potable o interconexión a la red Municipal, red de distribución y tomas domiciliarias;
- Sistema de alcantarillado separado, el pluvial con descarga a cisternas y obras de demasías, previo estudio hidráulico para su óptimo aprovechamiento; y de aguas negras, con sus respectivas descargas para cada lote; de considerarse necesario, se propondrán plantas de tratamiento, en el lugar y con características que la Dirección apruebe.

Sin embargo, la realidad en la ciudad es otra, pues la mayor parte de la urbanización no cuenta con estas condiciones, además de la escasez de políticas

públicas, la falta de cultura y desinterés de los diferentes actores dan cabida al desaprovechamiento del agua de lluvia, contribuyendo a la escasez de agua y a las diferentes problemáticas que implica como inundaciones, afectación a los ecosistemas naturales fuera de las zonas urbanas y rurales, que reciben el agua fluvial, falta de recarga de mantos acuíferos, riesgo de futuras grietas y sobreexplotación del agua disponible actualmente.

En una investigación realizada por Germán Santacruz de León, profesor - investigador del Colegio de San Luis, en un artículo titulado “¿Crisis del agua? Enfoques de gestión y estudio de caso”, establece que el problema del agua es una crisis que se ha agravado en los últimos 30 años en América Latina, es un problema que no es aislado sino que afecta a muchos países en el mundo y que aunque nos dividan fronteras naturales, sociales, económicas, políticas y culturales todos compartimos los efectos del cambio climático, de la contaminación ambiental y el desgaste cada vez más pronunciado de los ecosistemas de nuestro medio ambiente, por lo que no se puede resolver ese problema de manera independiente, sino que es un problema interconectado.

Al ser un problema interconectado podemos asumir que no solamente la aplicación de conocimientos técnicos, científicos, tecnológicos, sociales, entre otros ayudan a enfrentar el problema de agua en la capital potosina, sino que se requiere de esfuerzos coordinados a nivel multidisciplinario en las diferentes ramas para promover una Cultura del Agua que permita, la creación y aplicación de políticas públicas que promuevan la captación y aprovechamiento del agua de lluvia como una opción al problema de escasez de agua.

Los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se pueden usar para fines domésticos, para riego de áreas verdes o huertos, para limpieza, baños, entre otros muchos, que ayudan en la escasez de agua, promoviendo la cultura del agua y una concientización en la población y las instituciones públicas sobre la importancia de este vital líquido finito.

Es claro que las Leyes, que existen en el Estado Mexicano, no son suficientes o no tienen el alcance jurídico necesario para poder regular la actividad del aprovechamiento de agua de lluvia, ya que si bien es cierto que el artículo 3 fracción IV de la Ley de Aguas del Estado de San Luis Potosí, señala la definición de aguas pluviales, también lo es que en ningún otro articulado de dicha Ley señala alguna atribución en referencia al tema.

Así mismo dicha actividad se señala tanto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en la Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí, Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí, pero ninguna de estas leyes tienen el alcance específico para regular dicha actividad.

A continuación, se hace referencia a algunas de las legislaciones que señalan el tema de actividad de agua de lluvia para su captación y aprovechamiento.

Partiendo de los análisis de la normatividad legal existente, nos enfocamos en señalar lo establecido por nuestra Ley Suprema, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sin la cual ninguna otra fuente normativa sería posible. Tomando en consideración lo establecido por el artículo 115 de la Constitución Federal se establece que el Ayuntamiento de San Luis Potosí está comprometido a cubrir las necesidades básicas de la sociedad potosina, por ejemplo, el suministro eficiente del agua, promover las acciones necesarias para un adecuado uso del suelo y poner en acción planes de desarrollo regional que permitan a la población una vida digna, salud, empleo, ingresos económicos, una alimentación adecuada, entre otros. Sin embargo, no se debe perder de vista que es también una responsabilidad del Ayuntamiento asegurar la participación ciudadana y vecinal.

A nivel nacional encontramos una propuesta interesante sobre el agua de lluvia en el artículo 17.TER de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente donde se establece que toda entidad del gobierno federal debe establecer dentro de sus instalaciones sistemas de captación de agua de lluvia para uso de limpieza, riego y baños, desde aquí es interesante considerar cómo se obligan aunque sea en papel, a estas entidades a cumplir con la legalidad y

legitimidad del sistema de gobierno y trabajar en conjunto con la sociedad para el beneficio del ambiente y las personas.

En materia de agua de lluvia la capital potosina presenta huecos en cuanto a políticas públicas que permitan su regulación normativa, para su captación y aprovechamiento.

La Constitución Política del Estado de San Luis Potosí establece en su artículo 12 que "... El Estado Libre y Soberano de San Luis Potosí reconoce como un Derecho Humano el acceso al agua de calidad. "(LEGISLATIVAS, Constitución Política del Estado Libre y Soberano de San Luis Potosí, 2021)

El artículo 68 y 70 de la Ley Ambiental del Estado, establecen los siguientes artículos relacionados con el tema de agua pluvial:

"ARTÍCULO 68. Para los fraccionamientos y condominios que se edifiquen en los centros de población, que la Secretaría de Desarrollo Urbano, Comunicaciones y Obras Públicas y los ayuntamientos determinen, con la intervención que corresponda a los propios ayuntamientos y a los organismos operadores del agua, previo los estudios de rigor y previa factibilidad técnica y económica, será obligatorio que sus promotores establezcan redes separadas de alcantarillado y de aguas pluviales, a fin de permitir el aprovechamiento de éstas últimas.

ARTÍCULO 70. Para el aprovechamiento sustentable de los elementos naturales y antrópicos la SEGAM establecerá programas para:

(...)

III. La captación y aprovechamiento de aguas pluviales; (...)" (LEGISLATIVAS, 2020)

La Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí establece, en su artículo 16, los principios en que sustenta la política hídrica estatal, los cuales son:

"I. El agua es un bien de dominio público, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad es tarea fundamental del estado y la sociedad;

II. La gestión integrada de los recursos hídricos, se sustenta en el uso múltiple y sustentable de las aguas y la interrelación que existe entre los recursos hídricos con el aire, el suelo, flora, fauna, otros recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas que son vitales para el agua;

III. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional; por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;

IV. La participación informada y responsable de la sociedad, será la base para la mejor gestión de los recursos hídricos y particularmente para su conservación; por tanto, es esencial la educación ambiental, especialmente en materia de agua;

V. El aprovechamiento del agua debe realizarse con racionalidad y eficiencia y debe promoverse su reusó y recirculación;

VI. La cultura del agua construida a partir de los anteriores principios de política hídrica, así como con las tesis derivadas de los procesos de desarrollo social y económico;

VII. El uso doméstico tendrá preferencia en relación con cualesquier otro uso, y

VIII. Deberá atender los criterios de disponibilidad, calidad, seguridad, aceptabilidad, accesibilidad y asequibilidad.” (LEGISLATIVAS, LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO, 2020)

El uso del agua es un factor clave en los sistemas de acuaponía, porque es la base a través de la cual se logra la producción tanto de especies vegetales y animales, por ello, sin este vital líquido estos sistemas no serían posibles, en conjunto con la calidad de agua que se debe considerar en estos sistemas.

Partiendo de la anterior consideración, es que el agua de lluvia, representa una oportunidad para el abastecimiento regular de agua en estos sistemas, a causa de la evaporación del agua o consumo de agua por las plantas que crecen en el sistema, muchos de los sistemas de acuaponía que se desarrollan a nivel mundial, aplican esta técnica como una forma de suplir la deficiencia de agua existente en el lugar.

Muchas veces se piensa que los sistemas acuapónicos, utilizan constantes recambios de agua como en un sistema acuícola tradicional, lo que es erróneo debido a que estos sistemas plantean la recirculación y reúso del agua, conceptos establecidos en la política hídrica del estado, que establece la Ley de Aguas del Estado de San Luis Potosí, en su artículo 16 fracción V.

Solamente se debe considerar la acidez del agua de lluvia para su utilización en los sistemas de acuaponía.

“La recolección de agua de lluvia, es considerada una buena medida para reducir costos. Esta fuente de agua, no posee ningún tipo de sales al ser destilada en forma natural, y la

falta de dureza, puede ser compensada con el agregado de carbonatos. Al utilizar este recurso, se deberá tener precaución en determinadas zonas afectadas por las denominadas Lluvias ácidas.” (Candarle. 2012)

Sin lugar a dudas la recolección de agua de lluvia representa una alternativa interesante para la operación de los sistemas de acuaponía, aunado a la reducción de costos en el manejo de estos sistemas, además de que ayuda en el combate al cambio climático y la reducción a la huella hídrica, motivando un trabajo coordinado entre sector gubernamental y social, y una respuesta a todos aquellos que tienen como excusa que los sistemas de acuaponía son imposibles en un lugar donde existe escasez de agua.

A lo largo de la presente investigación se ha venido abordando el hambre y pobreza como un punto crítico a nivel mundial y nacional que se debe combatir, la propia ONU ha establecido acuerdos entre sus países miembros para crear acciones que hagan frente a una catástrofe que se quiere evitar y es que el mundo colapse en un intento por llegar a un desarrollo sostenible, de ahí la creación de la Agenda 2030, donde se establecieron 17 ODS, entre los cuales el 2. Hambre cero es una meta específicamente enfocada a las personas en situación de pobreza con escasez de alimentos. Procurar alimentos que sean accesibles, suficientes y aptos a su población, es la finalidad que debe tener todo Estado dentro de sus planes de desarrollo, normativa social, económica, política, ambiental y cultural.

Para ello se propone crear un cambio en la estructura de cómo se producen alimentos, y no solamente dar el alimento a las personas como producto terminado, de ahí la importancia de la implementación de nuevos sistemas de cultivo sostenible que permitan la satisfacción de la necesidad alimentaria del mundo y la nación. Enfocarse hacia la concientización, educación y formación de estos sistemas es una tarea que debe realizar todo Estado y un derecho - obligación de las personas.

La presente investigación propone la creación de políticas públicas encaminadas a la implementación de sistemas de acuaponía traspatio, como un sistema novedoso de cultivo sostenible, en el cual las personas podrán producir alimento de calidad que le permitan un aporte en nutrientes que favorezcan su

desarrollo físico, intelectual y emocional. Creando de esta forma un espacio que le aportará alimentos adecuados, accesibles y disponibles. Garantizando con ello su derecho a la alimentación.

Para esto no se debe olvidar que el agua es un factor indispensable en estos sistemas, porque es lo que nos permite tanto la producción de pescado como los nutrientes esenciales para la producción de plantas. Sin agua este sistema no tiene forma de operar, partiendo de esto hay lugares donde la escasez de agua es tal que se tiene lo mínimo indispensable para vivir, considerando esta situación una alternativa es el uso de agua de lluvia como una alternativa para la implementación de un sistema de acuaponía, recordando que el agua se reutiliza y solamente se reponer la que se consume por procesos como la evaporación, con este proceso se puede iniciar un sistema de acuaponía traspatio que garantice el derecho humano de las personas que lo desarrollen.

Capítulo III. Regulación jurídica del derecho humano a la alimentación, en técnicas novedosas de cultivo, como la acuaponía.

Sumario: 3.1 Un acercamiento al concepto de soberanía alimentaria. Il 3.2 Políticas públicas internacionales en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía. Il 3.3 Políticas públicas en México, respecto al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía. Il 3.4 Políticas públicas en el estado de San Luis Potosí en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas como de acuaponía.

Introducción: El presente capítulo se enfoca en la regulación jurídica del derecho humano a la alimentación, en un afán de encontrar su fundamento en la norma jurídica, pero a la vez de justificar la obligación del Estado de proveer a las personas de alimentos adecuados, disponibles y accesibles, combatiendo de esta forma el hambre y la pobreza. No debe perderse de vista que no solo es responsabilidad del Estado suministrar alimentos, sino un trabajo conjunto del sector público, privado y social. El derecho de alimentos se forma tanto del suministro de ellos como de procurar las formas de obtención de los mismo, es decir, ahí es donde la acuaponía se configura como una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, al producir y suministrar alimentos de calidad que permitan a las personas obtener nutrientes necesarios para su desarrollo físico y mental, todo ello enfocado al combate de la pobreza y del hambre, siempre respetando la soberanía alimentaria de las personas y del propio Estado.

3.1 Un acercamiento al concepto de soberanía alimentaria.

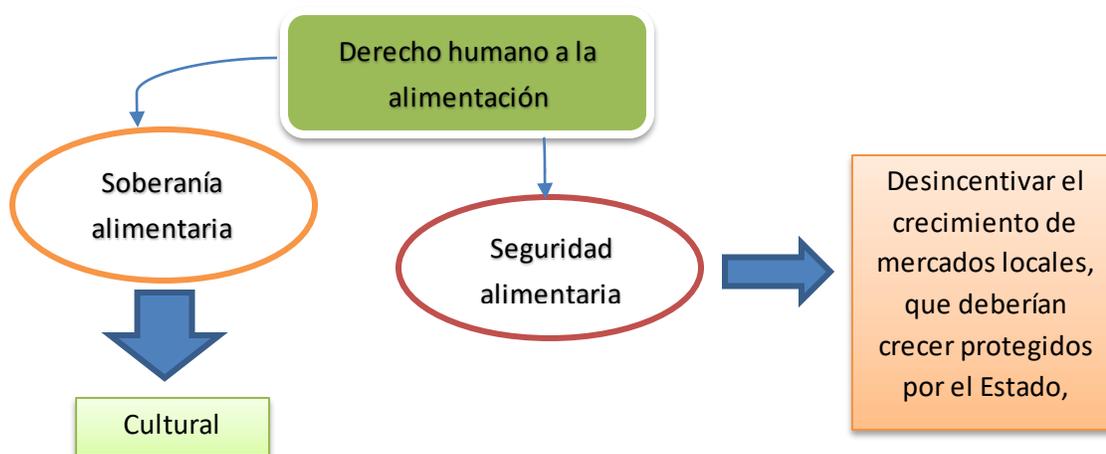
Cuando se habla de producción agrícola siempre se piensa en el medio rural, y en la persona del campo que produce por medio del cultivo tradicional alimentos que son comercializados por medios del comercio regional o a gran escala, por las multinacionales o trasnacionales.

Sin embargo, la crisis económica, social, política y ambiental que estamos viviendo en la actualidad, con la escasez de alimentos de calidad que permitan una salud nutricional en los habitantes de una sociedad, está cada vez más lejos de ser a beneficio del conglomerado social.

Transformar la forma tradicional de producción de alimentos, e incorporar sistemas climáticamente inteligentes, como la acuaponía, que es un sistema integrado de cultivo animal y vegetal, con la reutilización y recirculación del agua que se maneja en el sistema, con la opción el uso de agua de lluvia, es una alternativa sostenible, que impulsa conceptos como el de soberanía alimentaria.

Sin embargo, no se debe perder de vista que la soberanía alimentaria, se desprende del derecho humano a la alimentación, y se relación muy de cerca con el concepto de seguridad alimentaria. El concepto de soberanía alimentaria se relaciona más con un aspecto cultural y en la seguridad alimentaria, encontramos un grave conflicto, que es el que en lugar de incentivar los mercados locales se busca desincentivar su crecimiento, lo cual, se convierte en una obligación del Estado, procurar los medios de protección, cuidado y desarrollo de los mercados locales, que permitan un acceso a subsidios, programas de apoyo y financiamiento para los pequeños productores agrícolas, sean rurales o urbano, que les permitan acceder a niveles de competencia local y regional, impulsando el apoyo a mujeres emprendedoras, a pueblos indígenas, motivando la educación financiera desde la infancia, todo ello con un enfoque en el cuidado del medio ambiente, la salud y lograr una vida digna y decorosa, protegiendo así un desarrollo integral de la persona, pero sobre todo el desarrollo de los conceptos de derecho humano a la alimentación, soberanía alimentaria y seguridad alimentaria, en un equilibrio.

Esquema 3. Relación de la soberanía alimentaria con el derecho humano a la alimentación y la seguridad alimentaria.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La soberanía alimentaria se entiende como:

“(…) el derecho de los pueblos a definir y controlar sus sistemas alimentarios y de producción de alimentos tanto a nivel local como nacional, de forma equitativa, soberana y respetuosa con el medio ambiente. La soberanía alimentaria es también el derecho de los pueblos a alimentos suficientes, nutritivos, saludables, producidos de forma ecológica y culturalmente adaptados. “ (Tierra, s.f.)

De las anteriores consideraciones, se puede concluir que la soberanía alimentaria, es el derecho que tiene todo pueblo de elegir la forma de producir alimentos de calidad, así como la forma de su comercialización, buscando el acercamiento entre el productor y el consumidor, potenciando el autoconsumo, así como el consumo local y regional. Ante esta aseveración la acuaponía representa una opción de producción de alimentos de calidad, con fines de autoconsumo y de comercialización a pequeña y mediana escala.

3.2 Políticas públicas internacionales en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.

La Organización de las Naciones Unidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible plantea en su Objetivo 11 el concepto de Ciudades y Comunidades Sostenibles, en donde establece que:

“Dado que para la mayoría de personas el futuro será urbano, las soluciones a algunos de los principales problemas a que se enfrentan los seres humanos —la pobreza, el cambio climático, la asistencia sanitaria y la educación— deben encontrarse en la vida de la ciudad.” Entendiendo que una ciudad y comunidad sostenible comprende “lograr que las ciudades y

los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (Unidad, s.f.).

De los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, el que se relaciona con el tema del hambre es el objetivo 2, “Hambre Cero”, enfocado en garantizar a las personas el derecho humano a la alimentación, como una forma de combate a la pobreza, es un derecho universal que le corresponde a toda persona por el solo hecho de serlo. Entre las metas de este ODS está el proporcionar a las personas la forma de acceso y disponibilidad de los alimentos, aquí es donde la acuaponía se presenta como una forma novedosa de cultivo sostenible, con la obtención de alimentos adecuados (pescado y plantas) en un mismo sistema, además del reúso del agua en la búsqueda de una ciudad sostenible, como lo señala el objetivo 11, entendiendo que una ciudad y comunidad sostenible comprende “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (Unidad, s.f.).

A continuación se presentan algunos instrumentos internacionales enfocados a la protección del derecho a la alimentación, que si bien es cierto no tienen un enfoque directo en acuaponía, también lo es que el derecho a la alimentación es uno de los principales objetivos que pretende garantizar un sistema acuapónico.

Tabla 11. Instrumentos jurídicos internacionales sobre derecho a la alimentación.

INSTRUMENTO JURÍDICO	ARTÍCULO
Declaración Universal de los Derechos Humanos	“Artículo 25: Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación (...).” (DIF, 2020)
Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales	“Artículo 11: Los Estados partes en el presente pacto reconocen el derecho

	<p>de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí, incluso alimentación (...) y a una mejora continua de las condiciones de existencia. Los Estados tomarán medidas apropiadas para asegurar la efectividad de este derecho, reconociendo a este efecto la importancia esencial de la cooperación internacional fundada en el libre consentimiento. Los Estados Partes en el presente Pacto, reconociendo el derecho fundamental de toda persona a estar protegida contra el hambre, adoptarán, individualmente y mediante la cooperación internacional, las medidas, incluidos los programas concretos, que se necesitan para:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Mejorar los métodos de producción, conservación y distribución de alimentos mediante la plena utilización de los conocimientos técnicos y científicos, la divulgación de principios sobre nutrición y el perfeccionamiento o la reforma de los regímenes agrarios de modo que se logren la explotación y la utilización más eficaces de las riquezas naturales;b) Asegurar una distribución equitativa de los alimentos mundiales en relación
--	--

	<p>con las necesidades, teniendo en cuenta los problemas que se plantean tanto a los países que importan productos alimenticios como a los que exportan” (Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2012)</p>
<p>Convención de los Derechos del Niño</p>	<p>Artículo 24: a) Combatir las enfermedades y la malnutrición en el marco de la atención primaria de la salud, mediante, entre otras cosas, la aplicación de la tecnología disponible y el suministro de alimentos nutritivos adecuado y agua potable saludable, teniendo en cuenta los peligros y riesgos de contaminación del medio ambiente”. (CNDH, 1998)</p>
<p>Protocolo de San Salvador</p>	<p>“Artículo 12, inciso 2: (...) los Estados Partes se comprometen a perfeccionar los métodos de producción, aprovisionamiento y distribución de alimentos, promover una mayor cooperación internacional en apoyo de políticas sobre la materia.” (OAS, 1988)</p>
<p>Observación General 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales</p>	<p>“Párrafo 9: Adoptar medidas para mantener, adaptar o fortalecer la diversidad de régimen y las pautas de alimentación y consumo adecuado, incluso adecuadas, incluida la lactancia materna, al tiempo que se garantiza que</p>

	los cambios en la disponibilidad y acceso a los alimentos mínimos no afecta negativamente a lo composición y la ingesta de alimentos” (COMITÉ DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES,1999)
Declaración del Milenio	Objetivo 1º: Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de habitantes del planeta cuyos ingresos sean inferiores a un dólar por día y el de las personas que padezcan hambre; igualmente, para esa misma fecha, reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable o que no puedan costearlo”. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2000)
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	“Artículo 4º: Toda persona tiene derecho a una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará”. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

Fuente: Elaboración propia con datos de los autores citados, 2022.

Los instrumentos internacionales que se mencionan anteriormente nos dan la pauta para comprender que el derecho humano a la alimentación debe ser una prioridad en las políticas públicas de todos los países, lograr emitir acuerdos internacionales que sean cumplidos por los países que los firman, es un gran reto, porque cada uno de ellos debe considerar la situación que vive con respecto a pobreza y alimentación de su población, por ello como lo señala el Pacto

Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales en su artículo 11, inciso b) (Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2012) la forma de distribuir los alimentos debe ser equitativa, es decir, considerar las necesidades básicas de cada país para que de acuerdo con ello se puedan llevar a cabo acciones que permitan la distribución de los alimentos en el mundo.

Cuando los Estados se suman a las Naciones Unidas, automáticamente firman la Carta de las Naciones Unidas, que erige a los derechos humanos como uno de los pilares de los objetivos y tareas de la ONU. Estos derechos se incluyeron más adelante en la Declaración Universal de Derechos Humanos, adoptada por la Asamblea General de la ONU en 1948 y que incluye el derecho a una alimentación adecuada como parte del derecho a un nivel de vida adecuado. Esta Declaración, junto con los dos Pactos Internacionales de 1966 subsiguientes sobre derechos civiles y políticos, y sobre derechos económicos, sociales y culturales (DESC), forma la Carta de Derechos Humanos.

Todos los instrumentos internacionales anteriores coinciden en que el derecho a la alimentación es un derecho inalienable a la persona, el cual debe proteger y garantizar que las personas tengan acceso a alimentos adecuados, es decir, con los nutrientes necesarios para garantizar un desarrollo físico y cognitivo de la población, en esta tarea es indispensable considerar las formas de producir, distribuir y conservar los alimentos, e incluso se menciona que si es necesario se modifiquen los sistemas agroalimentarios usando las tecnologías que se tienen a la mano para lograr esta tarea, sin comprometer la riqueza de los recursos naturales.

Un punto esencial de estas políticas públicas es el derecho de los niños a una alimentación sana y de calidad que los convierta en personas con un desarrollo físico y cognitivo pleno, lo que les permita ser plenos, si se garantiza un desarrollo pleno en los niños los países tendrán un desarrollo sostenible que no comprometa su desarrollo social, económico, político, cultural y ambiental.

Pensar en la acuaponía como un instrumento que garantice ese tan anhelado derecho a la alimentación, es una forma de combatir el hambre y pobreza, los sistemas de acuaponía proporcionan alimentos adecuados, accesibles y suficientes, además de que se puede desarrollar en un lugar como el traspatio de una casa, se reúsa el agua que se utiliza en el sistema, reponiendo solamente la que se consume por evaporación, no se explota el suelo, ni se ocasiona contaminación ambiental, no se utilizan fertilizantes y se puede maximizar el espacio que se ocupe para este sistema produciendo mayor cantidad de plantas (por ejemplo hortalizas) por metro cuadrado, pudiendo comercializar el producto excedente.

La acuaponía es un sistema de cultivo traspatio sostenible, una técnica novedosa que permite no solamente producir alimento, si no garantizar un desarrollo sostenible en el planeta, pero se requiere de acciones por parte de los gobiernos para poder establecer políticas públicas que den acceso a las personas a incentivos o apoyos gubernamentales que les den acceso a este tipo de sistemas.

3.3 Políticas públicas en México, respecto al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.

El Estado es el responsable de garantizar un adecuado ejercicio de los derechos humanos cubriendo las necesidades básicas de las personas a través de los recursos naturales disponibles, sin embargo, en la realidad ese ejercicio se ve rebasado por una indebida aplicación de normas jurídicas que no soportan las necesidades sociales, motivado por la inaplicación de la ley, la corrupción y las lagunas de las normas jurídicas en torno a temas de sostenibilidad, es por ello que estamos alejados de un concepto de desarrollo sostenible, en el cual deberíamos trabajar en conjunto el poder público, privado y la sociedad.

El artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la base de la protección y garantía de los derechos humanos de las personas en general, comprendiendo todos los derechos que se encuentren regulados en la

Carta Magna y los Tratados Internacionales, los que ninguna persona o el Estado, pueden suspender o restringir, salvo los casos contenidos en la propia Constitución. Partiendo de esta consideración es que el derecho humano a la alimentación es un derecho universal, protegido por las leyes nacionales e internacionales, como lo dice la propia Constitución, por ello es que el Estado es el obligado de velar por un correcto ejercicio y protección del derecho humano a la alimentación, analizado en la presente investigación, allegándose de los medios necesarios para poder establecer una garantía real, como lo dice a la letra la Constitución Mexicana en el artículo 1º, párrafo tercero, que a la letra dice:

“Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley.” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

El mismo artículo 1º otorga a los derechos humanos la protección más amplia, siempre a favor de las personas.

De las anteriores consideraciones se desprende, en base al artículo 1º de la Constitución Mexicana, que las políticas públicas son una de las formas de garantizar la protección más amplia de los derechos humanos de las personas por el Estado, atendiendo al marco normativo constitucional y de los tratados internacionales para su protección e interpretación, siempre a favor de las personas

No debemos olvidar que el artículo 4º de nuestra Carta Magna establece el derecho fundamental a un medio ambiente sano y adecuado (LA, 2019). Los artículos 25 y 26 de la Carta Magna establece el “sistema de planeación democrática del desarrollo nacional” y el artículo 27 Constitucional establece el derecho de la Nación a las aguas y tierras nacionales, así como que esta puede darla a los particulares a través de la propiedad privada, pero la puede recuperar “cuando sea necesario para un equilibrado desarrollo económico y un adecuado desarrollo urbano...” (Gobierno de Talquepaque, 2018).

Así mismo, el artículo 4° de nuestra carta magna establece el derecho a una alimentación de calidad, convirtiéndose en una obligación del Estado proveer los mecanismos de garantía de este derecho, según el artículo 2° de la propia Carta Magna. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

El artículo 27 Constitucional establece el derecho:

“(…) para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece en sus artículos 19, 23, 24 BIS 4, 32, 99, 112 fracción II, capítulo cuarto lo relativo al ordenamiento ecológico del territorio, considerando que “... criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán en el establecimiento de usos, reservas y destinos, en los planes de desarrollo urbano, así como en las acciones de mejoramiento y conservación de los centros de población.” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022)

Los criterios ecológicos son los siguientes:

- “1. La naturaleza y características de los ecosistemas existentes en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción;*
- 2. La vocación de cada zona o región, en función de sus recursos naturales, la distribución de la población y las actividades económicas predominantes;*
- 3. Los desequilibrios existentes en los ecosistemas por efecto de los asentamientos humanos, de las actividades económicas o de otras actividades humanas o fenómenos naturales;*
- 4. El equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales;*
- 5. El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, vías de comunicación y demás obras o actividades; y*
- 6. Las modalidades que de conformidad con la presente Ley, establezcan los decretos por los que se constituyan las áreas naturales protegidas, así como las demás disposiciones previstas en el programa de manejo respectivo, en su caso.”(Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022)*

Si bien es cierto, en la legislación mexicana no encontramos un artículo general o específico que se refiera exclusivamente a la acuaponía como una forma integrada de producción de alimentos, si se contiene en distintas leyes, la obligación del estado a garantizar el derecho a la alimentación del pueblo, así como proveer los mecanismos para su cumplimiento.

La falta de una ley federal en México en el tema del derecho humano a la alimentación, da lugar a tener lagunas en la norma jurídica que permiten violaciones a este derecho y por ende una ambigüedad en la obligación del Estado de procurar este derecho humano, concluyendo en una situación de desamparo a las personas, con consecuencias directas en su salud física e intelectual, como por ejemplo, “(...) desnutrición, anemia, sobrepeso y obesidad son consecuencias directas de la falta de garantía al derecho a la alimentación en México, que afectan, principalmente, a la población infantil y adultos mayores de 65 años.” (Barcenas, 2017)

Otra ley que se enfoca en garantizar el derecho humano a la alimentación, es la Ley General de Desarrollo Social, es de carácter federal, no es una ley específica para el derecho a la alimentación, si no, es una ley que regula los derechos sociales de las personas, como la vivienda, empleo, salud y entre ellos, la alimentación, en su artículo 6° establece que “Son derechos para el desarrollo social la educación, la salud, la alimentación nutritiva y de calidad, la vivienda digna y decorosa, el disfrute de un medio ambiente sano, (...)”. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022)

La Ley de Desarrollo Social (2022) señala que la alimentación debe ser “nutritiva y de calidad”, al producir alimentos de esta clase se garantiza una equidad alimentaria para las personas, el problema es descifrar cómo producir alimentos de esta clase, y sobre todo permanecerlo en el tiempo con acceso para todas las personas, como se mencionó es el Estado el responsable de proporcionar estas condiciones para garantizar este derecho a la alimentación, pero más específicamente “(...) la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece que la Secretaría de Desarrollo Social —ahora Secretaría del Bienestar—

y la Secretaría de Economía son las instancias facultadas para realizar actividades en materia de derecho a la alimentación.” (Barcenas, 2017)

Otra de las leyes que abarca de forma general y no especifica el derecho a la alimentación, es la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, es de observancia federal, su objetivo es promover el desarrollo rural sustentable, con base en lo que establece el artículo 4° de la Carta Magna, promoviendo la protección al medio ambiente, en una equidad de beneficio social a cargo del Estado, según lo establecido por el artículo 25 de la Carta Magna. Esta Ley marca en su artículo ° el concepto de alimentos básicos y estratégicos, definiéndolos como “(...) aquellos así calificados por su importancia en la alimentación de la mayoría de la población o su importancia en la economía de los productores del campo o de la industria;” y en este mismo artículo define la seguridad alimentaria como “(...) El abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población;”. Lo que se torna aún más interesante es que en este mismo artículo 3° define a las actividades agropecuarias como “(...) Los procesos productivos primarios basados en recursos naturales renovables: agricultura (incluye cultivos inocuos en tierra y sustratos inertes sin tierra), ganadería (incluye caza), silvicultura y acuicultura (incluye pesca);”, este concepto fue reformado en enero del año 2021, es decir, apenas hace un año y medio fue actualizado y si se atiende a la letra de la ley, contempla a la hidroponía (cultivo sin suelo) y la acuicultura como actividades agropecuarias. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

Partiendo del análisis anterior deducimos que ya se conciben las técnicas como la hidroponía, un medio de producción de alimentos en la Ley, y la acuicultura tiene un antecedente más antiguo, estas dos pautas nos llevan a que la acuaponía puede ser incluida como un actividad agropecuaria que impulse el desarrollo sostenible rural, y también urbano, garantizando el derecho humano a la alimentación en un esfuerzo coordinado de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal), como lo señala el artículo 25 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, para impulsar:

“(...) políticas, acciones y programas en el medio rural que serán considerados prioritarios para el desarrollo del país y que estarán orientados a los siguientes objetivos: (...) III. Contribuir a la soberanía y seguridad alimentaria de la nación mediante el impulso de la producción agropecuaria del país;” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021)

La normativa jurídica tiene una idea clara de que uno de los pilares del combate a la pobreza es garantizar un adecuado derecho humano a la alimentación, tal es, que lo contempla en diversas disposiciones normativas a nivel federal, teniendo como un factor común que el Estado debe promover acciones, políticas, programas y todos los medios que sean necesarios para proteger este derecho a la alimentación, en un trabajo coordinado entre los tres órdenes de gobierno: federal, estatal y municipal, que pueden ir desde cambios estructurales, concientización, tecnológicos, sociales, económicos, políticos, culturales, todos ellos enfocados en lograr un desarrollo sostenible, cuidado el medio ambiente. Es aquí donde la acuaponía podría incluirse dentro de las actividades agropecuarias como una forma de cultivo sostenible, garantizando ese derecho humano a la alimentación, pero el primer paso a dar es tener por aprobada y publicada una ley específica en el tema del derecho humano a la alimentación.

Una de las leyes que no se deben perder de vista, es la Ley de Productos Orgánicos, de observancia a nivel federal, en esta ley se establecen las características y procesos a cumplir para que un producto pueda ser reconocido como orgánico a través de una certificación que emite el Estado, “para facilitar la producción y/o procesamiento y el comercio de productos orgánicos” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2006), atendiendo al concepto de justicia social.

Esta ley busca impulsar y proteger productos que se hayan obtenido de forma orgánica, define como orgánico, “(...) un producto de las actividades agropecuarias obtenido de acuerdo con esta Ley y las disposiciones que de ella deriven.”; y como producción orgánica, “sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos y subproductos animales, vegetales u otros satisfactores, con un uso

regulado de insumos externos, restringiendo y en su caso prohibiendo la utilización de productos de síntesis química;(…)”. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2006) Lo que se puede resaltar de estas definiciones es que son productos obtenidos de actividades agropecuarias y que no se haya utilizado productos químicos en su producción y procesamiento. Ante tales consideraciones la acuaponía representa una actividad que se puede incluir dentro del concepto de actividades agropecuarias, como se establece en párrafos anteriores, y sus productos son producidos sin la utilización de químicos. Por lo que obtener una certificación de producto orgánico abriría puertas a un autoconsumo de productos de calidad con el aporte de elementos nutricionales para las personas que los consumen, además de que si existiera un excedente se podría comercializar con sus productos garantizando a las personas que el producto obtenido es producido de forma orgánica otorgando un sello de calidad.

La misma Ley de Productos Orgánicos, establece como una obligación del Estado la de garantizar y promover sistemas de producción orgánica que permitan contribuir al desarrollo sostenible, es decir, el compromiso del Estado de que se apoyen sistemas de producción de alimentos orgánicos, como los sistemas de acuaponía, que contribuyen a la “(...) reconversión productiva para que contribuyan a la recuperación y/o preservación de los ecosistemas y alcanzar el cumplimiento con los criterios de sustentabilidad;(…)” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2006)

La oportunidad de desarrollar y promover el compromiso social hacia el cuidado del medio ambiente, contribuyendo con un impacto positivo en la alimentación, salud y vida de las personas, con un enfoque en el desarrollo sostenible, a través de la producción de productos orgánicos, es lo que hacen los sistemas de acuaponía, promoviendo de esta manera el combate al hambre y pobreza, garantizando por este medio el derecho humano a la alimentación en forma de impulso de políticas públicas que incluyan a la acuaponía como un sistema novedoso de cultivo sostenible de trapatio, en zonas rurales y/o urbanas.

3.4 Políticas públicas en el estado de San Luis Potosí en torno al derecho humano a la alimentación, en sistemas de acuaponía.

El desarrollo sostenible es una meta que todo Estado quiere lograr, proveer a la población de lo necesario para satisfacer sus necesidades sin dejar de pensar en las futuras generaciones, comprometiéndose al cuidado y protección del medio ambiente, es por ello que existe en la ley disposiciones normativas que obligan tanto al Estado como a la población a cumplir sus obligaciones, para un adecuado ejercicio de sus derechos.

El derecho humano a la alimentación no es la excepción, el Estado debe garantizar y proveer a la población de los medios adecuados para que se tenga acceso a alimentos nutritivos y de calidad, y que se disponga siempre de ellos, las personas deben procurar los mecanismos para aprovechar estos alimentos pero encontrar las formas de producirlos y mantenerlos en el tiempo para alcanzar la meta de no padecer hambre, combatiendo la pobreza. La anterior idea, se liga con el concepto de desarrollo sostenible, es decir, el Estado garantiza y protege el derecho humano a la alimentación de las personas sin comprometer los recursos para las generaciones futuras. El concepto de desarrollo sostenible es regulado por la Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí, la cual establece en su artículo 12, fracción V, que:

“La responsabilidad respecto al ambiente comprende tanto las condiciones presentes como las que se determinen para la calidad de vida de las futuras generaciones; (...)”
(LEGISLATIVAS, 2020).

No se debe perder de vista que el artículo señalado en el párrafo anterior, establece que “XI. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar...” (LEGISLATIVAS, 2020).

La Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí establece en su artículo 12 la política ambiental que debe tener el Estado, destacando principalmente las fracciones I, II, III, V, IX al XIII, XVII; en dichas fracciones se establece la obligación del Estado de garantizar el desarrollo sostenible, definido como: “V. La

responsabilidad respecto al ambiente comprende tanto las condiciones presentes como las que se determinen para la calidad de vida de las futuras generaciones; (...)", también se regula el trabajo coordinado entre gobierno y la sociedad para el aprovechamiento, disfrute y conservación de los ecosistemas, que a la letra establece: "XI. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; las autoridades en los términos de ésta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho fundamental; (...)" (LEGISLATIVAS, 2020).

El Estado Mexicano, comprende tres esferas o niveles de gobierno: federal, estatal y municipal, cada uno de estos niveles cuenta con derechos y obligaciones que tienen como objetivo garantizar y proteger los derechos humanos de las personas, atendiendo a la esfera de su competencia o delimitación territorial y jurisdiccional. El nivel municipal está regulado en el artículo 115 constitucional, el cual establece en la fracción III, los funciones y servicios públicos que tienen a su cargo los Municipios, señalando de manera específica los siguientes: "a) Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales; ... i) Los demás que las Legislaturas locales determinen según las condiciones territoriales y socio-económicas de los Municipios, así como su capacidad administrativa y financiera". El mismo artículo 115 de la Constitución Federal establece en su fracción V, las facultades de los Municipios: "b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales; c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios; (...)" (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2019)

Como se observó en las Leyes señaladas anteriormente, su común denominador es el desarrollo sostenible, para lograr un medio ambiente sano y adecuado, garantizando los derechos humanos de las personas, y así un adecuado desarrollo físico, social y emocional.

Una de las normas jurídicas referidas al tema del derecho a la alimentación, es la Ley de Desarrollo Social para el Estado y Municipios de San Luis Potosí, es de observancia estatal pero sigue los lineamientos de la ley federal, señala que llegar a un desarrollo social es una meta que tiene todo Estado para garantizar los derechos sociales de las personas, entre ellos el derecho a la alimentación, siempre en beneficio de un ambiente sano y adecuado. Esta Ley al igual que las federales busca combatir la marginación y la pobreza de la población, garantizando a las personas los medios para que cubran sus necesidades de alimentación, de forma accesible y estable. Esta ley define a la pobreza como: “(...) la situación que padecen las personas, familias y comunidades que carecen de lo necesario para su sustento, por su reducida capacidad de ingreso o por la falta de desarrollo de sus capacidades; (...)”. (Instituto de Investigaciones Legislativas, 2020)

La Ley de Salud del Estado de San Luis Potosí, enfoca la obligación del Estado de desarrollar acciones, políticas, programas que vayan encaminados a generar información, conciencia y acciones para optar por alimentos de calidad, nutritivos y suficientes, para ello la Secretaría de Salud en conjunto con la Secretaría de Educación pondrán en marcha campañas de información por medio de “(...) películas, libros, folletos y demás materiales de distribución que concienticen sobre (...), el fomento del consumo de alimentos y bebidas saludables.” Para ello debe existir colaboración entre los tres niveles de gobierno. (Instituto de Investigaciones Legislativas, 2022)

Atendiendo al análisis de los presentes instrumentos jurídicos locales, se desprende que no existe una norma jurídica general o específica que norme de forma concreta el derecho a la alimentación, dando igualmente pie a que se cometan violaciones contra las personas, es importante crear una norma jurídica que regule exclusivamente este derecho, y así garantizar la producción, obtención y mantenimiento de alimentos de calidad y nutricionales, para el combate de la pobreza y la marginación en el estado potosino. Una alternativa para lograr garantizar el acceso a un derecho a la alimentación es la acuaponía de traspatio,

como una forma de producir alimentos nutricionales y de calidad de forma sostenible, accesible, adecuada y disponible, contribuyendo de esta forma al combate del hambre y la pobreza, con la obligación del Estado de crear las condiciones necesarias para un adecuado ejercicio del derecho a la alimentación.

Capítulo IV. Propuesta de política pública respecto al uso de acuaponía como un sistema novedoso de técnica de cultivo de traspatio con fines de autoconsumo, en el Estado de San Luis Potosí.

Sumario: 4.1 Consideraciones generales en el diseño de política pública del sistema de acuaponía de traspatio, con fines de autoconsumo. II 4.2 Propuesta de política pública de sistema de acuaponía de traspatio, con financiamiento del gobierno federal, en coordinación con el gobierno estatal y/o municipal.

Introducción: Después de un análisis social y técnico en el tema de acuaponía, como una forma novedosa de cultivo sostenible para garantizar el derecho humano de la alimentación, al producir alimentos accesibles, adecuados y disponibles, con la reutilización del agua, en un solo sistema, logrando con ello contribuir al desarrollo sostenible, combatiendo de esta forma la pobreza y el hambre, llegamos a este último capítulo que tiene como objetivo realizar una propuesta de política pública que permita aplicar los sistemas de acuaponía de traspatio con fines de autoconsumo, y en su caso, comercialización del producto excedente, con apoyo del Estado, en su obligación de garantizar el derecho a la alimentación pero siendo exigible a las personas que se interesen en este tipo de sistemas de cultivo, el compromiso a iniciar y darle continuidad al proyecto. Todo con el fin de lograr que se garantice el derecho humano a la alimentación y a un desarrollo pleno de la persona.

4.1 Consideraciones generales en el diseño de política pública del sistema de acuaponía de traspatio, con fines de autoconsumo.

La malnutrición se convierte en un problema público, de salud pública en el Estado de San Luis Potosí:

“(...) la prevalencia de inseguridad alimentaria, en cualquiera de sus categorías, fue de 54.3%: 36.5% en inseguridad leve, 11.4% en inseguridad moderada y 6.3% en inseguridad severa. (...) se observó una tendencia hacia una mayor proporción de hogares en

inseguridad alimentaria en las áreas rurales (69.5%: 46.1% en inseguridad leve, 15.1% en moderada y 8.2% en severa) en contraste con las áreas urbanas (46.4%: 31.5% en inseguridad leve, 9.5% en moderada y 5.4% en severa)” (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018)

Este problema de salud pública debe ser enfrentado tanto por los gobiernos federales, estatales y municipales, así como por las organizaciones no gubernamentales y los individuos. El hambre, ligada a la pobreza, además, es un problema estructural y político. Al convertirse o al ser considerada como un problema público consecuentemente se convierten en objeto de las políticas públicas. Y en el diseño, ejecución y evaluación de las políticas públicas se buscará la forma de erradicar el hambre.

Las políticas públicas tienen dos ámbitos: el de su gestión y el de su análisis. El de la gestión compete a quienes tienen que ver con su diseño, aplicación o evaluación. En cambio, el análisis es una disciplina que estudia distintos aspectos del diseño, aplicación o evaluación de las políticas públicas. (Vázquez, 2015)

El derecho humano a la alimentación en el Estado de San Luis Potosí es un problema público. El hambre es un problema público presente en todo el mundo, así como el Estado de San Luis Potosí y en lugar de disminuir, muestra tendencia a su incremento, no solamente en términos relativos sino también absolutos. Las Naciones Unidas señalan que:

“Las estimaciones actuales indican que cerca de 690 millones de personas en el mundo padecen hambre, es decir, el 8,9 por ciento de la población mundial, lo que supone un aumento de unos 10 millones de personas en un año y de unos 60 millones en cinco años.” (Unidas, 2020)

La alimentación es un derecho humano consagrado en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo que es un derecho fundamental, sin ella los individuos no podrían existir, es indudable que el derecho humano a la alimentación es un bien y necesidad que resulta fundamental y básica para el desarrollo del ser humano e incluso para su propia existencia y supervivencia.

El Programa Mundial de Alimentos, dependiente de la FAO, señala que “(...) alrededor de 113 millones de personas en 53 países experimentaron inseguridad alimentaria aguda en 2018, en comparación con 124 millones en 2017.” (Unidas, 2020)

Para enfrentar el problema público del hambre en el Estado de San Luis Potosí, se requiere del diseño, ejecución y aplicación de políticas públicas, con la participación tanto del Gobierno Federal, Estatal y Municipal, así como de organismos internacionales.

Lo anterior encuentra su fundamento en el artículo 1° de la Carta Magna que establece la obligación del Estado de garantizar el cumplimiento de los derechos humanos a través de la aplicación de acciones como las políticas públicas, atendiendo al marco normativo que establece la Constitución y los Tratados Internacionales de los que México sea parte.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el contexto del derecho a la alimentación, señala:

“(...) es el derecho inalienable de todo ser humano a contar con acceso regular a una cantidad suficiente de alimentos adecuados desde el punto de vista nutricional y culturalmente aceptables para desarrollar una vida sana y activa” (ONU, 2010)

Se entiende por política pública, como el conjunto articulado de proyectos y acciones, incluidos en el marco programático estatal, que lleven a la solución de un problema público (Vargas, 2007). De acuerdo con la definición anterior, podría señalarse que el objetivo de la política pública de acuaponía para garantizar el derecho humano a la alimentación es lograr que todas las personas tengan en todo momento acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.

El cumplimiento de tal objetivo es sumamente complejo porque implica la concurrencia de distintas esferas y ámbitos de gobierno, por lo que, si el diseño de una política pública para el sistema de acuaponía, es muy complejo, también lo es su ejecución y su evaluación, debido a que dicho sistema no se encuentra legislado

explícitamente en el texto de la Ley, pero existe en el espíritu de la ley la conciencia jurídica de implementar sistemas novedosos de cultivo sostenible para garantizar un derecho a la alimentación, como por ejemplo la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, en su artículo 3°, define como actividades agropecuarias, la agricultura, sistemas en sustratos que no sea tierra, como la hidroponía, acuicultura y silvicultura, esto nos da una idea de que se están contemplando estos sistemas novedosos dentro de la disposición jurídica, únicamente hace falta pulir la norma jurídica en sí misma.

El sustento internacional para garantizar el derecho humano a recibir alimentos, es esencial para poder asegurar un acceso equitativo a las personas en estado de pobreza, por ello los acuerdos y la cooperación internacional entre países es un punto clave del desarrollo de políticas públicas que promuevan y protejan los derechos humanos de las personas, en especial el de la alimentación, con el objeto de asegurar el desarrollo sostenible de los países y el desarrollo físico e intelectual de las poblaciones.

Además de profundizar el contenido de los derechos incluidos en la Declaración, los dos pactos también establecen obligaciones vinculantes a los Estados que los ratifican, para implementar políticas y programas de pleno acuerdo con sus disposiciones, incluyendo el derecho a una alimentación adecuada y al derecho de vivir sin hambre.

Como interpreta con autoridad el Comité de las Naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales en 1999, esto significa que todas las personas tengan acceso a:

"(...) alimentos en cantidad y calidad suficientes para satisfacer las necesidades alimentarias de los individuos, sin sustancias nocivas, y aceptables para una cultura determinada; y (...) en formas tales que no interfieran con el goce de otros derechos humanos y que sean sustentables". (ONU, 2010)

Además, en diferentes conferencias y cumbres mundiales desde 1974 (como la Conferencia Mundial de Alimentación de 1974, las Cumbres Mundiales de Alimentación de 1996 y 2002, y la Conferencia de Alto Nivel sobre Seguridad

Alimentaria Mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía en 2008), los gobiernos han acordado eliminar (1974) o reducir a la mitad la cantidad de personas que padecen hambre para el año 2015. Los gobiernos también acordaron varios planes y programas de acción con el objetivo de luchar contra el hambre y la pobreza.

Existe una propuesta de políticas y acciones para erradicar el hambre y la desnutrición, basadas en la soberanía alimentaria como una forma de proteger el derecho humano a la alimentación, entre ellas encontramos:

- Las comunidades, pueblos, estados y organismos internacionales reconozcan e implementen la soberanía alimentaria;

- Todos los pueblos, sociedades, naciones y estados determinen sus propios sistemas alimentarios y tengan políticas que aseguren la disponibilidad de alimentos suficientes, de buena calidad, accesibles económicamente, saludables y culturalmente apropiados;

- Se reconozcan y respeten los derechos de las mujeres y su aporte esencial a la provisión de alimentos, y que haya representación de mujeres en todos los organismos de toma de decisiones;

- Se conserven y rehabiliten los medio ambientes terrestres y acuáticos y la biodiversidad en base a una gestión ecológicamente sustentable de la tierra, suelos, agua, mares, semillas, ganado y organismos acuáticos;

- Se valora y respeta la diversidad de saberes tradicionales, alimentos, idiomas y culturas;

- Se acepta la manera en que se organizan los pueblos y se expresan, y se defiende la facultad de los pueblos para tomar decisiones sobre su patrimonio material, natural y espiritual. (Hunger, 2009)

Para hacer esta visión realidad, se proponen una serie de políticas y acciones que abordan las cuestiones clave que se necesitan para erradicar el hambre y la desnutrición. La presión popular enérgica es indispensable en la lucha para erradicar el hambre, la desnutrición y la pobreza. La organización y movilización de

sindicatos, organizaciones campesinas, comunidades de pescadores, pueblos indígenas, trabajadores rurales sin tierra, mujeres, pastores, jóvenes y otros movimientos de base amplia ya tienen papeles centrales en esta lucha.

Están concientizando a sus propias organizaciones y a la sociedad en general en términos de las acciones que se deben tomar para hacer el derecho a una alimentación adecuada y a la soberanía alimentaria una realidad, entendiendo que es ahora que el cambio debe comenzar. Deben coordinarse de manera más efectiva los unos con los otros y construir alianzas en varios niveles con actores de la sociedad, gobiernos e instituciones regionales e internacionales.

Las propuestas de políticas y acciones descritas en este documento están en principio dirigidas a los Estados, gobiernos, instituciones internacionales y multilaterales, quienes tienen la obligación legal, la capacidad y el poder de establecer las estructuras y aplicar las medidas que pueden erradicar el hambre y la desnutrición y evitar que vuelvan a aparecer. Alcanzar estas metas no solo requiere de actos de caridad generalizados o sistemas de dádivas, sino que necesitan que el Estado y los actores institucionales respeten el derecho a una alimentación adecuada como derecho humano fundamental de vital importancia para el goce de todos los derechos.

Han existido diversos programas sociales enfocados en materia de alimentación tales como: “Sistema Alimentario Mexicano”, establecido por el Presidente José López Portillo; “Cruzada Nacional contra el Hambre” ejecutado por el Presidente Enrique Peña Nieto, más sin embargo, después de que la Auditoría Superior de la Federación, señala que dicho programa, no cumplió con sus objetivos de eliminar el hambre en la población con extrema pobreza en la administración pasada, el Presidente actual Andrés Manuel López Obrador dejó sin validez el citado programa, aumentando a 12.9% las personas en pobreza extrema alimentaria. (Ramos, 2022)

Ahora bien, con el Presidente Andrés Manuel López Obrador, no existe ningún programa para contribuir a resolver el problema de la pobreza alimentaria y

desigualdad social, si bien es cierto que el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 señala cuestiones relativas a la alimentación, como la autosuficiencia alimentaria y el rescate al campo, para apoyar la dependencia alimentaria, creando acciones como el Programa Producción para el Bienestar, Programa de apoyo a cafetaleros y cañeros del país, Programa de Precios de Garantía, crédito ganadero a la palabra, distribución de fertilizantes químicos y biológicos, creación del organismo Seguridad Alimentaria Mexicana (Diario Oficial, 2019); también lo es, que hoy por hoy, no se han adoptado políticas relacionadas para un sector de la población que se encuentra en pobreza alimentaria, sin embargo, ¿por qué el Gobierno Federal no ha adoptado un modelo de política social que garantice el derecho humano a la alimentación?

Por lo que existe una omisión, por parte de las diversas esferas de gobierno, sobre el desarrollo de políticas públicas adecuadas y acordes que garanticen el derecho humano a recibir alimentos, pues el hecho de no proporcionarle el estado alimentos a las personas más vulnerables, se convierte en una violación constante y de trazo sucesivo, que solamente se puede reparar al momento en que garantice el pleno ejercicio de este derecho humano a recibir alimentos.

Ahora bien, con fecha 25 de junio del 2020, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el cual se aprueba el “Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024”, el cual contribuye a garantizar el derecho humano a una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, establecido en el artículo 4º constitucional, a que se avance en poner fin al hambre y lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y a promover la agricultura sostenible. (Gobierno de México, 2020)

Los Programas Sociales 2022-2023 del Gobierno de México, han sido creados para cuidar los aspectos básicos de los habitantes, como lo es la salud, comida, trabajo y educación. Lo que se espera obtener con los Programas Sociales 2022-2023 es que los mexicanos tengan acceso libre, gratuito y de calidad a los servicios básicos para tener bienestar y una vida digna.

Actualmente encontramos algunos proyectos de acuaponía que se están desarrollando en algunos estados de México, como el del ECOSUR en Villahermosa, Tabasco; el de La Paz, Baja California Sur, el cual se está probando con producción de tilapia con acelga, proyecto realizado entre el CIBNOR y la Universidad de Japón. Sin embargo hacen falta políticas públicas que establezcan los sistemas de acuaponía como una opción de combate contra el hambre y la pobreza, si bien es cierto, existen programas sociales, como el ahora extinto Cruzada contra el Hambre, que buscan erradicar el hambre y pobreza, no se llega a cumplir con el objetivo de abatir la falta de alimentos.

La presente investigación desarrollada a partir de un sistema piloto de acuaponía para medir la viabilidad del desarrollo de sistemas de acuaponía de traspatio para el combate del hambre y la pobreza, como una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, proponiendo políticas públicas que regulen este tipo de sistemas como un sistema novedoso de cultivo sostenible, permitió considerar los siguientes factores para la creación de políticas públicas relacionadas con el sistema de acuaponía:

- A través de este tipo de acciones se busca satisfacer una de las necesidades más básicas de la población que es el derecho de recibir alimentos, a través de una producción sustentable en el hogar.
- Pequeña agricultura (agricultura familiar) y desarrollo rural.
- A través de este tipo de acciones se busca aumentar la disponibilidad de alimentos y/o los ingresos monetarios a nivel del hogar y de las comunidades, y por lo tanto satisfacer la dimensión de acceso a los alimentos. Al menos potencialmente representan una gran contribución para mejorar la condición alimentaria y nutricional de esas familias.
- A través de estas acciones se busca fomentar en la población una cultura de producción autoalimentaria para ser capaz de producir los alimentos más básicos que requiera para su subsistencia

- A través de este tipo de acciones, se busca que los entes gubernamentales de los tres niveles, federal, estatal y municipal, atiendan de manera directa la verificación de asistencia alimentaria, incorporando dentro de su planeación, de sus programas y de su presupuesto acciones concretas tendientes a implementar el sistema acuapónico en las familias con situación de hambre y pobreza, para fomentar una producción de alimentos sostenible que se satisfaga sus necesidades más básicas alimentarias.

4.2 Propuesta de política pública de sistema de acuaponía de traspatio, con financiamiento del gobierno federal, en coordinación con el gobierno estatal y/o municipal.

Los derechos humanos contenidos principalmente en los artículos 1, 2º, 3º, 4º, 5º, 25, 26, 27, 115 y demás relativos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, motiva con la actuación del Estado para desarrollar políticas y programas de desarrollo regional que le permitan cumplir su obligación de garantizar un adecuado ejercicio de los derechos humanos, educando y formando a sus nacionales en el respeto al medio ambiente a través del desarrollo sostenible y exponenciando sistemas económicos, permitiendo el desarrollo del concepto de ciudad sostenible.

La presente propuesta de política pública nace del derecho humano a la alimentación, que consagra el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como de la obligación que tiene el Estado de garantizar por medio de acciones este derecho a la alimentación, a través del combate del hambre y pobreza que existe en su competencia territorial y social, teniendo su fundamento en el artículo 1º de la Carta Magna, el cual establece que todas las personas tienen derechos humanos, los cuales están protegidos y garantizados por la Constitución Mexicana y los Tratados Internacionales, a la par que el Estado debe proveer los mecanismos necesarios que garanticen estos derechos, siempre en atención al marco normativo nacional y de tratados internacionales.

Además el mismo artículo 4° de la Constitución Mexicana, establece: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022)

Como bien ya se analizó, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU, promueven el objetivo 2, enfocado al Hambre Cero, pero este objetivo no tiene ningún impacto si no se logra el compromiso de la sociedad en su cumplimiento. “Sin embargo, la viabilidad de estas estrategias depende en cierta medida de la aceptación que estas tengan frente a la población involucrada, siendo fundamental el acompañamiento técnico y financiero por parte de los entes gubernamentales.” (RAMIREZ, 2021)

El objetivo 2 de Hambre Cero busca especialmente que se garantice, lo que se conoce como seguridad alimentaria, la cual en palabras de Friedrich, 2014, recuperado por Callejas y Pulgarín (2016), tiene cuatro factores clave: “la disponibilidad física de alimentos, el acceso económico y físico a alimentos, la utilización apropiada y sana de alimentos, la estabilidad de estos factores en el tiempo”.

Si bien es cierto México aún no considera la seguridad alimentaria como un derecho humano, también lo es que como tal influye en el derecho humano a la alimentación, provocando una desincentivación del crecimiento de los mercados locales para la obtención y comercialización de productos orgánicos, los cuales deberían tener un crecimiento que apoye a la alimentación de calidad, salud y economía de las personas, protegidos por el Estado.

Como ya se ha establecido, México se encuentra entre los países con problemas de pobreza y falta de acceso a una alimentación adecuada, accesible y suficiente, que cubra las necesidades alimentaria en proporción a nutrientes que permita un desarrollo físico e intelectual adecuado para las personas, no existiendo una plena garantía de un derecho humano a la alimentación, a partir de estas

consideraciones, podemos tener en la acuaponía una alternativa para cubrir las necesidades alimentarias de las personas, al producir alimentos orgánicos y de calidad, sin pesticidas, como lo son el pescado y hortalizas, como la lechuga. Tal como lo establece Arroyo Padilla (2012), al considerar que la acuaponía es una tecnología innovadora, que se puede aplicar a pequeña y a grande escala, en un espacio mínimo, lo que trae un impacto socioeconómico a esfera local importante.

Es por ello que se propone la creación de políticas públicas que promueva a la acuaponía como una acción para el combate del hambre y pobreza, y una forma de garantizar el derecho humano a la alimentación, que sea subsidiado por el gobierno federal, en coordinación con las instancias gubernamentales estatales y municipales, que por su competencia sean las encargadas de brindar ayuda al sector agropecuario y acuícola, teniendo presente que la acuaponía es un sistema integrado, a través de la producción de plantas y peces en un mismo sistema.

En cuanto a las instituciones gubernamentales encargadas de la aplicación y operación de la política pública de sistemas de acuaponía traspatio, se tendría que definir de acuerdo a las facultades otorgadas por la ley, cual es la más idónea, sin embargo esto tiene que ser objeto de otra investigación.

De la anterior idea se deja como base para la propuesta de la política pública en sistemas de acuaponía traspatio la justificación del diseño del sistema piloto de acuaponía con fines de autoconsumo, que establece cuatro pilares básicos, que justifican el diseño del módulo modelo, que servirá de base para la creación e impulso de una política pública en el tema de acuaponía como un nuevo sistema climáticamente inteligente, que reduce la huella hídrica y ayuda en el combate del cambio climático.

El sistema piloto de acuaponía brinda una alternativa de producción distinta a los métodos convencionales de producción que a su vez contribuye a una actividad agropecuaria sostenible, especialmente en zonas áridas y semiáridas, apostando al concepto establecido por la FAO en el año 2015, denominado sistemas climáticamente inteligentes, “dentro de los cuales están los sistemas

productivos integrados, como es el caso de la acuaponía que integra la producción de peces y vegetales en un diseño basado en la recirculación de agua haciendo así un uso eficiente del recurso hídrico y reducción del impacto ambiental, que se convierte en una alternativa sustentable que permite contrarrestar la escasez de alimentos”. (Ramírez, 2021)

Por ende, el sistema piloto de acuaponía al entrar dentro del concepto de sistema climáticamente inteligente, constituye una opción que permitirá obtener beneficios múltiples, entre ellos: menor impacto ambiental porque genera mínimos gases de efecto invernadero, ayuda al cambio climático, promoviendo la recirculación y reúso del agua dentro del sistema, producción integrada de especies animal y vegetal, en un mismo sistema, el combate al hambre y pobreza en zonas con carencia de alimentos, es un sistema que ayuda al autoconsumo familiar y genera rentabilidad.

El desarrollo del cultivo de autoconsumo sustentable, es un derecho pero también genera una obligación para las familias beneficiadas con la instalación de sistemas de acuaponía traspatio por parte del Estado, es por ello que se debe brindar no solamente los insumos principales del sistema para su operación, si no que uno de los pilares para la concientización de las familias beneficiarias sobre el valor que representa este sistema en su ámbito familiar, social, económico y cultural, es la asesoría y capacitación teórico-práctico de un sistema de acuaponía traspatio, en cuanto a su manejo, los beneficios que representa y el impacto cultural, social, económico y jurídico que este sistema tiene en su familia.

En palabras de Suárez Cáceres (2021) “(...) los productores carecen de conocimientos y experiencia adecuados sobre estos sistemas complejos para poder operarlos de forma eficiente y existe una necesidad generalizada de formación (...)”.

El prototipo modelo ubicado en El Rodeo, municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, está diseñado bajo los criterios de sustentabilidad ambiental, es decir, para este ser sustentable debe ser, financieramente, socialmente y ecológicamente factible, a esto se sumó el pilar técnico; en base a

estos cuatro pilares se diseñó el módulo modelo, pilares que se describen a continuación.

- Pilar económico; el modelo está pensado para ser financiado por el Estado, por medio de una instancia federal, estatal y/o municipal, el financiamiento incluiría un subsidio inicial para la adquisición de la infraestructura necesaria para la construcción y operación de un sistema piloto de acuaponía traspatio, además del pago de profesionales para la asesoría y capacitación teórico - práctica sobre el manejo del sistema, beneficios sociales, económicos, y familiares del sistema de acuaponía, creando una cultura de conciencia en estas familias, además del acompañamiento para que el sistema de acuaponía traspatio sea autosostenible, es decir, que el Estado solo aportaría el subsidio inicial y el mantenimiento del sistema y su continuación sería responsabilidad de cada familia. Se crearía un monitoreo mensual a las familias beneficiadas para poder corroborar que el sistema sigue en funcionamiento, y en caso de abandono del sistema por parte de las familias daría lugar a que se les retirará y fuera instalado para otra familia con interés en el sistema de acuaponía para apoyarlos a mejorar su calidad de vida, garantizando de esta forma su derecho a la alimentación, a manera de combatir el hambre y pobreza.

Actualmente existen ciertas instituciones que promueven apoyos económicos, con diferentes vertientes, a diferentes proyectos agrícolas y pesqueros, pero no teniendo un apoyo real a los sistemas de acuaponía, como sistemas integrados, es decir, la producción de hortalizas y pescado, en un mismo sistema.

Entre las instituciones gubernamentales que promueven programas sociales de apoyo están la CONAPESCA, que en el año 2016, otorgó apoyos a los pescadores a través del Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola (PFPPA), este programa es de ámbito federal, y forma parte de los programas diseñados por la SAGARPA, teniendo como función principal,

incrementar la productividad del sector acuícola, a través de la sustentabilidad. (SAGARPA, 2018)

Otro de los programas, es el “Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio 2022, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de diciembre de 2021”, (INAPESCA, 2022) dentro de este programa también intervienen otras instituciones gubernamentales como la Dirección de Investigación en Acuicultura y el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

Un ejemplo de apoyo al sector agropecuario son los Proyectos Productivos Agropecuarios, en el Estado de México, que apoyan a mujeres de áreas rurales que deseen desarrollar una actividad agropecuaria ante el cambio climático o proyectos productivos rurales, con enfoque agropecuario, este es otorgado por Secretaría del Campo en el Estado de México. (México, 2017)

A nivel estatal, en el Estado de San Luis Potosí, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), es la instancia que otorga apoyos sociales al sector agropecuario y acuícola, esta Secretaría además trabaja en coordinación con las instancias federales, como con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), sin perder de vista que este es un Fideicomiso creado por la SAGARPA, la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). (SEDARH, 2022)

Sin embargo, desde el sector académico y de investigación, se están promoviendo acciones sociales, como el llamado SABI, Sistema de Acuapónico de Baja Intensidad, desarrollado por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), con apoyo del CONACYT, que está llevando estos módulos a familias en situaciones de hambre y pobreza, en el Estado de Tabasco. (ECOSUR, 2017)

Cada módulo, está diseñado para una familia promedio de 4-6 personas, las cuales serán subsidiadas por una sola vez.

La inversión fija por módulo será de aproximadamente 15,000 mil pesos mexicanos, los cuales están sujetos a la tasa de inflación actual. El costo operativo

será de 1,000 mil pesos mexicanos, los que serán empleados para que el módulo sea económicamente autosuficiente, es decir que no se recurrirá frecuentemente al subsidio para operar el módulo.

Los costos establecidos anteriormente se tomaron con base en los costos de construcción y elementos iniciales, así como los gastos mensuales del sistema piloto de acuaponía, construido en El Rodeo, Municipio de Mexquitic, San Luis Potosí, dejando claro que puede haber variaciones atendiendo a la tasa de inflación, el lugar de construcción, la realidad social y económica de cada familia, y los casos fortuitos o de fuerza mayor que se presenten en el funcionamiento del sistema de acuaponía traspatio.

El costo de construcción y elementos iniciales, del sistema piloto de acuaponía fue de \$13,623.15 (trece mil seiscientos veintitrés pesos 15/100 M.N.), con gastos mensuales generales de \$234.00 (doscientos treinta y cuatro pesos 00/100 M.N.), estos gastos mensuales no incluyen situaciones de caso fortuito o fuerza mayor que se puedan presentar en el funcionamiento del sistema, para lo cual se debe contar con un fondo de emergencia para cubrirlos. El desglose de los costos se puede consultar en el apartado 2.4 de la presente investigación.

Si bien es un módulo de autoconsumo, se tiene como visión que se producirá el mínimo necesario para que los beneficiarios vendan un excedente que les permita refinanciar los costos operativos del proyecto; las cifras que sustentan esta afirmación aún no se han generado pero se está proyectando como una opción para que el sistema de acuaponía pueda ser autosostenible.

Según datos estimados por la ONU para el 2030 más de la mitad de la población mundial vivirá en zonas urbanas, por lo que esto aumentara la cantidad de personas que viven en las ciudades, lo que da como resultado que aumente la demanda de alimentos. (Suárez Cáceres, 2021) Tomando en consideración lo anterior, según lo establecido por Dimuro (2014):

“(...) lo que a su vez requiere la creación de centros logísticos o grandes mercados para la recepción y distribución de alimentos, así como el transporte de alimentos asociado a las largas cadenas de suministro y a los métodos de agricultura intensiva. Esta organización es

necesaria para sostener una alta demanda de alimentos en las ciudades, aunque la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria está llevando a nuevas y complementarias formas de producción local y sostenible de alimentos para abastecer a las grandes ciudades. Están surgiendo cada vez más pequeñas empresas que practican la agricultura ecológica en zonas periurbanas o rurales cercanas a las grandes ciudades venden y distribuyen sus productos directamente a las redes de consumidores, a los pequeños comercios o a las grandes empresas.” (Suárez Cáceres, 2021).

En el Manual Técnico de Acuaponía Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Adaptado en Zonas Áridas, se establecieron prácticas de venta de productos acuapónicos en línea.

“(…) En cuanto a las ventas de tilapia y acelgas, las ventas se hicieron directamente a las tiendas sin la intervención de mayoristas. Para las acelgas, además de vender como verduras frescas, se preparó un prototipo de refresco usando jugo exprimido para satisfacer las preferencias de salud. Aunque los refrescos aún no se han comercializado, este es un ejemplo de desafío a la producción de productos procesados utilizando productos primarios por acuaponía combinada con cultivo abierto.”(SATREPS, 2020)

Por lo que algunos lugares para venta de los productos acuapónicos pueden ser los mercados, supermercados, tiendas comerciales, tiendas de las colonias, mercados orgánicos, venta directa al consumidor.

Existen algunas bases de datos o plataformas que ayudan a obtener conocimientos y capacitación, así como informarse sobre la economía de los mercados agrícolas, la forma de comercializar los productos obtenidos, ofrecen una comunidad de personas que se mueven en el mismo campo que ofrecen ayuda y consejos, como por ejemplo el AMIS, por sus siglas en inglés, Sistema de Información sobre los Mercados Agrícolas (<http://www.amis-outlook.org/amis-about/en/>), algunas creadas por la ONU, como la Plataforma de Conocimientos sobre las Cadenas de Valor Alimentarias Sostenibles, de la ONU (<https://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/home/es/>), la INPho, Información sobre Operaciones de Poscosecha (<https://www.fao.org/in-action/inpho/home/es/>), entre otras. Esto motiva a la consecuente formación y

capacitación para poder tener la competencia suficiente para la producción y comercialización de productos obtenidos en sistemas de acuaponía.

-Pilar social; desde el punto de vista social, se plantea que una familia sea capaz de producir parte de los alimentos necesarios para el autoconsumo, influyendo directamente en un ahorro a sus bolsillos y en la comunidad. Por otra parte el acceso a alimentos vegetales 100% orgánicos complementará de forma significativa su dieta alimenticia, proveyendo de proteína vegetal, en el caso de los peces, garantizara la proteína animal necesaria para que un individuo tenga la mínima cantidad proteica requerida, según la FAO/OMS/ONU de 1985, la cantidad de proteína requerida depende de la edad, sexo y fisiología de una persona, así como se debe considerar que el requerimiento de proteína no depende de la actividad física, por lo que tomando un promedio un hombre o mujer de 18 años y más requiere de 1.0 g de proteína por kilo al día, y una mujer de 10 años (FAO, s.f.) por lo que desde este punto de vista de la soberanía alimentaria el proyecto es factible. Como por ejemplo un pescado de tilapia y una hortaliza de hoja, como la lechuga, que se pueden producir en un sistema de acuaponía, te aportan:

“100 gramos de Tilapia tienen el 5% del total diario calórico necesario: 96 calorías. ... Un adulto medio necesita 50 gramos de proteínas al día. 100 gramos de Tilapia tienen 20,08 gr de proteína, el 40% de tu necesidad diaria total. ...100 gramos de Lechuga tienen el 1% del total diario calórico necesario: 13 calorías. ... 100 gramos de Lechuga contienen 1,1 gramos de fibra dietética, el 4% de tu total diario necesario. ” (todoalimentos, 2022)

Para tener una idea más clara del aporte nutricional de un sistema de acuaponía para una familia promedio de cuatro personas, se tomó como referencia una investigación realizada en “un invernadero situado en el IES Joaquín Romero Murube, en el barrio del Polígono Sur, Sevilla, España (37°21'30.4 "N, 5°58'19.8"W), que presenta una de las mayores tasas de exclusión social y pobreza económica de España”. (Suárez Cáceres, 2021) Esta investigación fue desarrollada por Gina Patricia Suárez Cáceres, en el año 2021, bajo la forma de una tesis doctoral, con el título “Caracterización y optimización de la producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos de pequeña escala”, en la Universidad de Sevilla, Escuela

Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, bajo la dirección de los Doctores Luis Pérez Urrestarazu y Víctor Manuel Fernández Cabanás.

Se construyeron dos módulos acuapónicos de pequeña escala, los cuales midieron los elementos nutricionales aportados en una dieta mediterránea balanceada y vitaminas y minerales aportados por estos módulos, obteniendo como resultado:

“Debido a que la producción en los SAM no incluía cereales, granos, lácteos, carne o huevos y aceite (alimentos necesarios para una dieta saludable), se deben adquirir aparte por parte de la familia. Sin embargo, en relación a lo que se refiere a los otros grupos de alimentos, se observa que cada SAM produjo un excedente de verduras de color verde oscuro (hortalizas con hojas de color verde) respecto a la cantidad recomendada para una dieta mediterránea balanceada (147% en el SAM1 y 134% en el SAM2). En cambio, los vegetales que aportaron almidón y las frutas tuvieron una producción muy baja en ambos SAM (1% de la cantidad recomendada). En cuanto a la tilapia (comida de mar/peces), los SAM produjeron uno poco más de la cuarta parte de lo recomendado (38% SAM1 y 33% SAM2) (...)En cuanto a las vitaminas y minerales que ofrecieron los sistemas, se observa en general que el SAM1 fue el sistema que aportó más nutricionalmente respecto al SAM2. Por ejemplo, la vitamina K se produjo en exceso un 195% en el SAM1 y un 167% en el SAM2. Por otro lado, la mitad de la vitamina C recomendada fue producida por el SAM 1 (54%) y un poco menos de la mitad por el SAM2 (47%). Una cuarta parte de la vitamina A fue producida por ambos sistemas, un 26% por el SAM1 y un 25% por el SAM2. Por último, la vitamina B12 fue aportada un 17% el SAM1 y un 15% el SAM2.” (Suárez Cáceres, 2021)

Los pormenores de la investigación desarrollada por Suárez Cáceres, se pueden consultar en el apartado 2.3.5 del presente documento, así como el desglose de los elementos nutricionales aportados de manera específica, vitaminas y minerales se pueden consultar en el anexo 1 y 2 de la presente investigación. Por lo que se concluyó que un sistema acuapónico traspatio puede proveer de elementos nutricionales importantes para una familia promedio de cuatro personas, sin embargo, no supe en su totalidad dichos elementos nutricionales, los cuales deben ser adquiridos por parte de las personas, como huevo, leche, aceite, entre otros. Para poder lograr un equilibrio de aportes nutricionales se debe considerar una planificación desde las especies vegetales y animales a cultivar, espacio,

tiempo, aportes nutricionales de cada especie, mantenimiento del sistema, capacitación, que permita lograr un plan adecuado a las necesidades de cada familia y región.

- Pilar ecológico; El uso del agua quizás sea una de las mayores preocupaciones y retos que tiene San Luis Potosí, ya que estamos ubicados en una zona desértica donde el acceso al agua muchas veces es limitada.

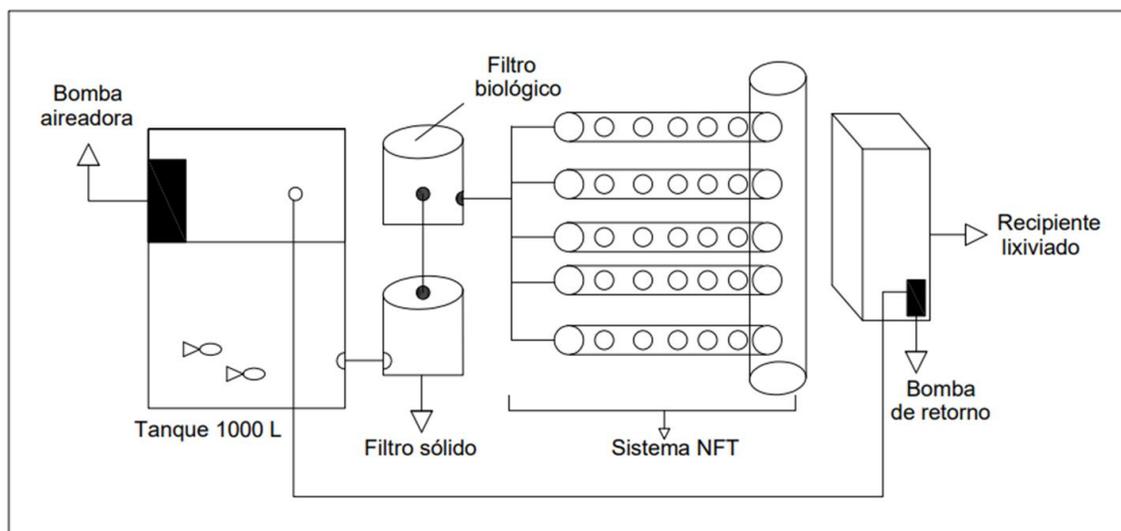
En este sentido se plantea un modelo acuapónico donde el suministro de agua no será un problema ya que el agua se inyectará al sistema y pasará por un sistema continuo de recirculación y filtros, lo cual permitirá a las especies vegetales absorber los metabolitos y compuestos nitrogenados procedentes de los peces, por otra parte el excedente de agua que las plantas no aprovechan regresará al estanque de los peces sin los compuestos nitrogenados, de esta forma tendremos lo que se conoce en ecología como mutualismo (interacción biológica, entre individuos de diferentes especies, donde ambos se benefician y mejoran su aptitud biológica).

-Pilar técnico; El acompañamiento técnico, junto con el capital operativo quizás sean las principales razones por las cuales los incentivos sociales y proyectos productivos subsidiados fracasan muchas veces. Esto se debe a que las políticas actuales están enfocadas en la proveeduría de infraestructura o únicamente el marco de talleres técnicos. Sin embargo, una familia de bajos recursos no llega a operar estos proyectos por dos razones: 1. Si únicamente se les capacita para emprender una nueva actividad no tendrán el recurso para arrancar el proyecto, 2. Por otra parte, si solo se les subsidia con la infraestructura, no tendrán el capital operativo ni el conocimiento técnico para hacer funcional el proyecto.

En base a estas dos deficiencias actuales, se propone un modelo acuapónico donde no solo se instale el módulo de autoconsumo, si no que se capacite y financie todos los gastos del módulo familiar hasta la primera cosecha, punto en el que el proyecto será sustentable.

El sistema de acuaponía traspatio está compuesto de dos módulos principales, el módulo acuícola que se compone, de un pequeño estanque de 1 m³ de agua y el módulo hidropónico que se compone de tubos de pvc que dan una forma rectangular de 3m², además de una sección de dos filtros, uno de sólidos y el otro biológico, una sección de lixiviado, incluidas dos bombas, una aireadora y una de retorno, quedando la propuesta del diseño de la siguiente forma:

Imagen 16. Propuesta de diseño del sistema de acuaponía de traspatio.



Fuente: Modificación propia al Diseño propuesto por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, con base en información obtenida de Riaño Castillo, 2019. Plano elaborado por Arq. María Fernanda Muñoz del Valle, 2022.

La propuesta con el desarrollo del sistema piloto de acuaponía de traspatio, es conocer el funcionamiento y beneficio de los sistemas de acuaponía, para contar con el sustento teórico - práctico que permita establecer políticas públicas que impulsen el establecimiento de módulos de sistema de acuaponía traspatio para las familias que se encuentren en situaciones de hambre y pobreza en el Estado de San Luis Potosí, garantizando el derecho humano a la alimentación, que toda persona posee, según lo establecido por el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como contribuir al cumplimiento del Objetivo 2.

Hambre Cero, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, propuestos por la ONU.

Ahora bien, la acuaponía es un sistema climáticamente inteligente, que incluye un sistema integrado de producción de especies, animal y vegetal, promoviendo la recirculación y reúso del agua, con el solo relleno de agua, que es consumida por las plantas o por evaporación, apostando al uso de un sistema no tradicional de cultivo y producción de pescado, para un desarrollo sustentable, produciendo mejores alimentos. Los cultivos obtenidos a través de esa técnica, son de mejor calidad, llamados orgánicos, al no ser utilizados fertilizantes en la producción de estos alimentos, sino que el mismo sistema genera los nutrientes para esa simbiosis entre peces y plantas, teniendo como uno de sus ejes principales el agua de uso acuícola, que aporta los nutrientes que las plantas necesitan para su crecimiento, además de la producción desde pequeña a mediana escala, maximizando el cultivo obtenido en un espacio menos que en tierra.

El hambre es un problema a nivel mundial, es una situación que atañe a todos los países del mundo, en mayor o menor medida, por ello es que existen organismos como la ONU, que lucha contra el hambre por medio de acuerdos internacionales como los ODS, de la Agenda 2030, entre ellos está el ODS 2. Hambre Cero, cuya misión es erradicar la pobreza por medio del acceso a alimentos de calidad y de forma equitativa, socialmente hablando. Suministrar alimentos accesibles, adecuados y suficientes a las personas en situación de pobreza es una de sus metas, para ello es que se crean acciones como programas sociales, campañas, políticas, entre otros, que permitan hacer frente a este grave problema.

Las personas en situación de pobreza extrema se encuentran en países en desarrollo, donde no se les garantiza un adecuado acceso a alimentos, produciendo con ello daños en el desarrollo físico e intelectual de las personas, pero principalmente los niños y personas de la tercera edad. El principal problema no está en producir alimentos de manera descontrolada, sino que los alimentos que se produzcan se distribuyan de forma equitativa entre los países, es decir, países

donde el alimento sea menos escaso deben compartir con países en situación de pobreza extrema.

Lo principal en el enfrentamiento a la pobreza y el hambre, como problemas públicos, es que deben estar regulados por la ley, de forma que se les de un sustento jurídico que permitan obligar al Estado a implementar las acciones necesarias para enfrentar el problema, y si el Estado omitiere o no quisiere implementar las acciones necesarias, la ley proporcionaría los medios para coaccionar al Estado a implementarlo. México es uno de los países con situación de pobreza y marginación preocupante, que busca hacer frente a estos problemas creando programas sociales que apoyan a las personas con carencias sociales, sin embargo, están supeditados a la autoridad que los implementa.

Existen muchas formas de enfrentar el hambre, y con ello combatir la pobreza, una, es apoyar las actividades agroalimentarias, para producir más alimento y que no solamente sean acciones que beneficien a los grandes productores, si no al pequeño productor, con incentivos que le permitan seguir produciendo y a su vez ayudando en ese combate al hambre y pobreza.

Hablar de todos los problemas que enfrenta México en el tema de hambre y pobreza, deja ver la grande carencia de compromiso social y cultural con nuestro país, se requiere de una conciencia social que nos permita comprometernos no solamente con la producción de más alimentos sino en mirar otras formas de cultivo sostenible, como la acuaponía, que contribuyen al desarrollo sostenible. Algunos de los impactos positivos que se tendrían al aplicar los sistemas de acuaponía como una forma del combate al hambre y la pobreza, son: una mayor conciencia de la sociedad sobre la importancia del medio ambiente, contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, una mejor salud pública, un mejor uso y aprovechamiento del agua, comer más saludablemente, y promover la agricultura urbana.

En palabras de Sergio Fajardo, matemático y político, gobernador de Antioquía, Colombia hasta diciembre de 2015, la transformación de una sociedad

se mueve a través de dignificarla, reconociendo y respetando sus capacidades, mostrándoles el valor innato que ya tienen.

La participación social en este caso es fundamental para que la sociedad se sienta incorporada y responsable de lograr este enfoque integrados desde la región donde vive, los acuerdos entre gobierno y sociedad civil implican una nueva forma de gobernanza territorial, esta gobernanza debe tener un órgano de dirección, supervisión, retroalimentación, de tipo transversal que permita tomar los errores como formas de oportunidad de mejora continua.

Así como establecer incentivos y presupuestos que permitan a todos los entes involucrados concentrarse en un trabajo coordinado y común, con el apoyo de políticas públicas que reglamenten, protejan y prevengan conflictos y soluciones de forma integrada en proyectos agroalimentarios sustentables, como el tema de acuaponía, base del autoconsumo, alimentación saludable y comercialización del producto, concientizando la importancia de volver a las ciudades sistemas vivos de respeto y dignificación al planeta y la propia raza humana.

Bibliografía

- Cosío, J. (24 de 10 de 2018). *Panorama Acuícola*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Sistemas de acuaponía para el desarrollo de comunidades rurales: <https://panoramaacuicola.com/2018/10/24/sistemas-de-acuaponia-para-el-desarrollo-de-comunidades-rurales/>
- Aceves Ávila, Carla D. (2003), *Bases Fundamentales de Derecho Ambiental*, México: Porrúa Ed.
- AEL. (2021). *Universidad de Colima*. (U. d. Colima, Editor) Recuperado el 10 de 01 de 2021, de El portal de la tesis: <https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>
- Alonso García, Ma. Consuelo (1995), *El Régimen Jurídico de la Contaminación Atmosférica y Acústica*, Madrid, Ed. Marcial Pons.
- F. (2012, 27 enero). *Historia de la Acuaponía*. Acuaponía Indoor. <https://acuaponia-argentina.blogspot.com/2012/01/historia-de-la-acuaponia.html>
- INTAGRI. (2001-2020). *Acuaponía: Producción de Plantas y Peces*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Acuaponía: Producción de Plantas y Peces: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces#:~:text=La%20acuaponia%20es%20un%20sistema,el%20medio%20com%C3%BAn%20%E2%80%9Cagua%E2%80%9D>.
- Pérez – Taylor, Rafael (2002) *Antropología: Estudios del Medio Ambiente y Urbanismo*, México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Producers, T. -T. (June de 2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. (F. a. FAO, Ed.) Recuperado el 10 de 01 de 2021, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/teca/new-search-result/technology-detail/en/?uid=872>
- Viqueira, Carmen (1997), *Percepción y cultura: un enfoque ecológico*, México: Ediciones de la Casa Chata.
- 10, O. d. (s.f.). *CEPAL Naciones Unidad*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumentos/constitucion-politica-estados-unidos-mexicanos>
- Agua, C. E. (Mayo de 2014). Conociendo sobre el agua. *CAUDAL* (006), 5-7. Recuperado el 22 de 01 de 2021, de https://issuu.com/cea_slp/docs/6a.publicacion_mayo
- al, M. B. (2020). *Agendas de innovación de las regiones potosinas-Región Centro*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).
- Cisneros, B. J. (2014). Agua, ciudades y futuro. *Ciencia- Academia Mexicana de Ciencias*, 65(4), 14-19. Recuperado el enero de 2020, de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/65_4/PDF/Agua.pdf
- Gobierno de la Ciudad de México. (22 de enero de 2020). *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*. Obtenido de Cosecha de agua: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/cosecha%20de%20lluvia.pdf>
- Gobierno de Talquepaque, J. (2018). *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial y de Desarrollo*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial y de Desarrollo: http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/ordenamiento/index_archivos/archivos/POETDU-Tlaquepaque.pdf

- Gramajo, F. J. (s.f.). Derecho a recurrir. *Revista Regional de Derechos Humanos*, 125-145. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r26038.pdf>
- Hidropluviales. (s.f.). *Leyes que promueven el reúso de agua de lluvia*. Recuperado el 03 de febrero de 2021, de <https://hidropluviales.com/2016/06/29/leyes-que-promueven-el-reuso-de-agua-de-lluvia/>
- LA, C. D. (20 de 12 de 2019). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS:
https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/constitucion/202002/constitucion_politica_de_los_estados_unidos_mexicanos.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (11 de 11 de 2020). *H. CONGRESO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ*. Recuperado el 22 de 01 de 2021, de H. CONGRESO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ:
http://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2020/11/R_Ley_Organica_del_Municipio_Libre_del_Estado_de_San_Luis_Potosi_11_Noviembre_2020.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (25 de 06 de 2020). *LEY AMBIENTAL DEL ESTADO*. Recuperado el 28 de 10 de 2020, de
LEY AMBIENTAL DEL ESTADO:
https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2020/09/Ley_Ambiental_d_el_Estado_2020_Jun_25.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (21 de 11 de 2020). *LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de
https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2020/11/Ley_de_aguas_d_el_Estado_21_Nov_2020.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (26 de 02 de 2021). *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de San Luis Potosí*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de
https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/constitucion/2021/03/Constitucion_Politica_del_Estado_2021_Feb_26.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (06 de 03 de 2021). *Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de
https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2021/03/Ley_Ambiental_d_el_Estado_de_san_Luis_Potosi_06_Mar_2021.pdf
- LEGISLATURA, L. (17 de 06 de 2017). *H. CONGRESO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ*. Recuperado el 22 de 01 de 2021, de H. CONGRESO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ:
<http://congresosanluis.gob.mx/content/municipios-deben-promover-sistemas-de-aprovechamiento-de-agua-pluvial>
- México, J. (2021). *JUSTIA México*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de
<https://mexico.justia.com/federales/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos/titulo-primero/capitulo-i/#articulo-14>
- Miracle Sol, M. (2012). Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. (C. d. Públicas, Ed.) *Polis. Revista Latinoamericana*, 14. Obtenido de <http://journals.openedition.org/polis/5105>

- Ortega, G. A. (s.f.). *ACCION CIUDADANA A FAVOR*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de http://www.ceja.org.mx/IMG/pdf/Articulo_Mtro_Alanis.pdf
- Sadhguru. (2020). La clave para sobrevivir a cualquier situación | Sadhguru. Recuperado el 09 de 05 de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=8DoOT1t3LEE>
- Unidad, O. d. (s.f.). *Ciudades y Comunidades Sostenibles*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Ciudades y Comunidades Sostenibles: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/11_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- Unidas, N. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Unión, C. d. (06 de 01 de 2020). *Ley de Aguas Nacionales*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- AEL. (2021). *Universidad de Colima*. (U. d. Colima, Editor) Recuperado el 10 de 01 de 2021, de El portal de la tesis: <https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>
- Correa, C. (s.f.). *ACADEMIA*. Recuperado el 11 de 11 de 2021, de Accelerating the world's research: https://d1wqtxs1xzle7.cloudfront.net/48049226/12cap_MI5aCD-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1636658281&Signature=lz4KodPZtug6JMaodgJuAV4S9e7efLla0Kky4NXmEZOqaU8Kq8UpiKWDEyV-N0htpy96-ZBmvqOryPykviv7g91OkXk2j2UpVuWsumD52jYQddM9nkwvWsyg~1vHMwi96KkpYNkwWtBD0
- Cosío, J. (24 de 10 de 2018). *Panorama Acuícola*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Sistemas de acuaponía para el desarrollo de comunidades rurales: <https://panoramaacuicola.com/2018/10/24/sistemas-de-acuaponia-para-el-desarrollo-de-comunidades-rurales/>
- Gobierno de Tlaxcala, J. (2018). *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial y de Desarrollo*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial y de Desarrollo: http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/ordenamiento/index_archivos/archivos/POETDU-Tlaxcala.pdf
- Inafed. (s.f.). *Enciclopedias de los Municipios y Delegaciones de México*. Recuperado el 11 de 2021, de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM24sanluispotosi/regionalizacion.html>
- INTAGRI. (2001-2020). *Acuaponía: Producción de Plantas y Peces*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Acuaponía: Producción de Plantas y Peces: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces#:~:text=La%20acuaponia%20es%20un%20sistema,el%20medio%20com%C3%BAn%20%E2%80%9Cagua%E2%80%9D>
- LA, C. D. (20 de 12 de 2019). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS: https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/constitucion/2020/02/constitucion_politica_de_los_estados_unidos_mexicanos.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (25 de 06 de 2020). *LEY AMBIENTAL DEL ESTADO*. Recuperado el 28 de 10 de 2020, de LEY AMBIENTAL DEL ESTADO:

- https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2020/09/Ley_Ambiental_d el_Estado_2020_Jun_25.pdf
- LEGISLATIVAS, I. D. (20 de 08 de 2020). *LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO: https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2020/10/Ley_de_Aguas_20_Ago_2020.pdf
- Producers, T. -T. (June de 2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. (F. a. FAO, Ed.) Recuperado el 10 de 01 de 2021, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/teca/new-search-result/technology-detail/en/?uid=8725>
- SEDESOL. (2013). *Unidad de Microrregiones. Cédulas de Información Municipal (SCIM)*. Recuperado el 11 de 2021, de <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=24&mun=024>
- TuriMexico. (s.f.). *Turimexico.com*. Recuperado el 11 de 2021, de <https://www.turimexico.com/estados-de-la-republica-mexicana/san-luis-potosi-mexico/rio-verde-san-luis-potosi/>
- Unidad, O. d. (s.f.). *Ciudades y Comunidades Sostenibles*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Ciudades y Comunidades Sostenibles: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/11_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- Unidas, N. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 27 de 10 de 2020, de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Candarle., P. (s.f.). *Técnicas de Acuaponía*. Recuperado el 2022, de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/160831_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf
- ECOSUR. (03 de 02 de 2017). *ECOSUR*. Recuperado el 2022, de <https://www.ecosur.mx/nuevo-modulo-de-sabi-para-apoyar-la-economia-familiar-en-tabasco/>
- FAO. (2014). *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. Recuperado el 06 de 2022, de <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>
- INAPESCA. (22 de 01 de 2022). *Convocatoria Recursos Genéticos Acuícolas 2022*. Recuperado el 2022, de <https://www.gob.mx/inapesca/articulos/convocatoria-recursos-geneticos-acuicolas-2022?idiom=es>
- INTAGRI. (2021). *INTAGRI*. Recuperado el 05 de 2022, de <https://miic.conacyt.mx/becas/acceso.html>
- Martínez, M. A. (08 de 2006). *MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA*. Recuperado el 04 de 2022, de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- México, G. d. (2017). Recuperado el 2022, de <https://sistemas2.edomex.gob.mx/TramitesyServicios/Tramite?tram=1353&cont=0>
- RAMÍREZ, D. C. (2021). *DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO COMO ESTRATEGIA*. Recuperado el 04 de 2022, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/877f08f1-d1f0-4670-85a4-c5b1d7e6c216/content>
- Roadonmap. (2014 - 2022). *roadonmap.com*. Recuperado el 06 de 2022, de [https://www.roadonmap.com/mx/donde-est%C3%A1/El_Rodeo_\(Mexquitic_de_Carmona\),san_luis_potosi](https://www.roadonmap.com/mx/donde-est%C3%A1/El_Rodeo_(Mexquitic_de_Carmona),san_luis_potosi)

- SAGARPA. (08 de 2018). *Línea de Base del Sector Pesquero y Acuícola*. Recuperado el 2022, de <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-linea-base-del-programa-de-fomento-la-productividad-pesquera-y-acuicola.pdf>
- SEDARH. (2022). *SEDARH*. Recuperado el 2022, de <https://slp.gob.mx/sedarh/Paginas/Inicio.aspx>
- SEDUVOP. (2018 -2040). *Gobiernos del Estado*. Recuperado el 06 de 2022, de https://slp.gob.mx/seduvop/SiteAssets/Paginas/archivos/PROGRAMA%20MUNICIPAL%20DE%20RDENAMIEN%20TERRITORIAL%20Y%20DESARROLLO%20URBANO%20DE%20MEXQUITIC%20DE%20CARMONA_proteg.pdf
- Tierra, A. d. (s.f.). *Soberanía alimentaria*. Recuperado el 2022, de <https://www.tierra.org/soberania-alimentaria/>
- Barcenas, F. L. (2017). CONACYT. Recuperado el 08 de 2022, de <https://conacyt.mx/el-derecho-a-la-alimentacion-en-la-legislacion-mexicana/#:~:text=La%20Carta%20Magna%20consagra%20el,reglamentaria%20espec%C3%ADfica%20en%20esta%20materia>
- Cáceres, G. P. (2021). Recuperado el 09 de 2022, de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/128899/Su%C3%A1rez%20C%C3%A1ceres%20Gina_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CEFIM. (2009 - 2015). CEFIM. Recuperado el 08 de 2022, de http://www.cefimslp.gob.mx/monografias_municipales/2012/mexquiticdecarmona/files/mexquitic%20de%20carmona.12.pdf
- DataMÉXICO. (2020). DataMÉXICO. Recuperado el 08 de 2022, de <https://datamexico.org/es/profile/geo/mexquitic-de-carmona?housingConnectivity=transportAccess>
- DIF. (08 de 2020). DIF. Recuperado el 08 de 2022, de <https://sitios1.dif.gob.mx/FamiliaDIF/index.php/ediciones/no-2-alimentacion/134-derecho-a-la-alimentacion>
- Hunger, E. (23 de 11 de 2009). BIODIVERSIDADLA. Recuperado el 08 de 2022, de https://www.biodiversidadla.org/Campanas-y-Acciones/Políticas_y_acciones_para_erradicar_el_hambre_y_la_desnutricion
- Itsuo, K. (06 de 2019). CIBNOR. Recuperado el 08 de 2022, de https://www.jica.go.jp/mexico/espanol/activities/c8h0vm0000acqbg4-att/areas_7.pdf
- OCDE. (01 de 2017). OCDE. Recuperado el 09 de 2022, de <https://www.oecd.org/economy/surveys/mexico-2017-OECD-Estudios-economicos-de-la-ocde-vision-general.pdf>
- ODS. (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado el 08 de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Olivas, O. (17 de 05 de 2016). Merca2.0. Recuperado el 09 de 2022, de <https://www.merca20.com/mexico-ya-pais-en-vias-desarrollo-banco-mundial-elimino-termino/>
- ONU. (06 de 2010). FAO. Recuperado el 08 de 2022, de <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FactSheet34sp.pdf>

Ramos, J. L. (21 de 01 de 2022). EL SOL DE SAN LUIS. Recuperado el 08 de 2022, de <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/politica/amlo-elimina-cruzada-contra-el-hambre-programa-estrella-de-enrique-pena-nieto-7760730.html>

SATREPS. (2020). Recuperado el 09 de 2022, de https://www.jica.go.jp/mexico/espanol/activities/c8h0vm00007f8s9j-att/manual_sp.pdf

todoalimentos. (2022). todoalimentos. Recuperado el 08 de 2022, de <http://www.todoalimentos.org/tilapia/>

Unidad, N. (2020). Naciones Unidas. Recuperado el 08 de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

UNIÓN, C. D. (2006). Recuperado el 09 de 2022, de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf>

Vázquez Salazar Aline. (2015). Estudio y análisis de políticas públicas. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/estudio-y-analisis-de-politicas-publicas/>

Anexos

Anexo 1. Porcentaje de contribución de cada SAM respecto a la dieta mediterránea recomendada (2000 cal/día) para una familia de cuatro miembros. (U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture, 2015)

Grupo de alimentos	%SAM1	%SAM2
Verduras*	26	26
Verde oscuro (hortalizas con hojas de color verde)	147	134
Rojo y naranja (hortalizas de color rojo y naranja)	13	15
Leguminosas (judías y guisantes)	0,0	0,0
Almidón	1	1
Otros	39	43
Frutas**	1	1
Granos	0	0
Cereales integrales	0	0,0
Granos refinados	0	0,0
Lácteos	0	0,0
Alimentos proteicos	12	11
Comida de mar/Peces***	38	33
Carnes, Aves, Huevos	0	0
Frutos secos, semillas y productos de soja	0	0
Aceites	0	0
Límite de calorías para otros usos (% de calorías)	0	0

*Verde Oscuro: Brócoli, lechuga, albahaca, acelga. Rojo y naranja: Tomate, calabaza. Almidón: Patata. Otros: Berenjena, pepino, pimientos, cebolla, coliflor, col, calabacín.

**Fruta: Sandía, melón, fresa

***Comida de mar/Peces: Tilapia

Fuente: Suárez Cáceres, 2021.

Anexo 2. Porcentaje de contribución de cada SAM respecto a las vitaminas y minerales recomendados para una dieta saludable de una familia de cuatro miembros (United States Department of Agriculture - USDA, 2019).

Nutrientes	%SAM1	%SAM2
Vitamina A (µg)	26	25
Vitamina B1 (mg)	6	5
Vitamina B2 (mg)	7	6
Vitamina B3 (mg)	12	11
Vitamina B6 (mg)	5	4
Folato (µg)	9	9
Vitamina B12 (µg)	17	15
Vitamina C (mg)	54	47
Vitamina D (µg)	14	12
Vitamina E (mg)	8	7
Vitamina K (µg)	195	167
Calcio (mg)	3	3
Magnesio (mg)	12	11
Hierro (mg)	5	5
Zinc (mg)	5	5

Fuente: Suárez Cáceres, 2021.

Anexo 3. Etapa inicial de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de febrero de 2022.

<p>ETAPA DEL PROYECTO:</p>	<p>Inicial. Se inicia la operación del sistema piloto de acuaponía, una vez instalado.</p>	<p>RECURSOS Y MATERIALES:</p>	<p>Charola de germinación. Semillas de lechuga. Sustrato para germinación. Alevines. Alimento para alevines. Luz y agua. Promedio de pH: 8.0 Promedio de temperatura: 15°C</p>	
MES/AÑO	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO	DATOS IMPORTANTES	INCIDENTES	EVIDENCIA A TRAVÉS DE SECUENCIA FOTOGRÁFICA

<p>Febrero 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El mes de enero de 2022 se trabajó en la instalación del macrotúnel y del montaje del sistema piloto de acuaponía. ● Se inició la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de febrero de 2022. ● El 27 de enero de 2022 se germinaron las semillas de lechuga, dentro de la charola de germinación. ● Se llenó el tanque de 1000 litros con agua el 03 de febrero de 2022, y al paso de 3 días, el agua se hizo verdosa, con burbujas en la superficie, teniendo un 	<ul style="list-style-type: none"> ● Germinación de semillas de lechuga: <ol style="list-style-type: none"> 1. Se germinaron el 27 de enero de 2022. 2. Su utilizó una charola de germinación de 90 cavidades. 3. Se les tuvo en la charola de germinación por alrededor de tres semanas. 4. El 19 de febrero se les trasplantó en las canastillas hidropónicas al sistema NFT de 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se tuvo un alevín muerto al día siguiente de su siembra en el tanque de 1000 litros. ● El macrotúnel fue encontrado con mordidas, se sospecha de algún perro en busca de comida, al no encontrarse totalmente bardeado el terreno donde se encuentra el sistema piloto de acuaponía 	<p>Secuencia fotográfica 22. Inicio del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.</p>  <p>A. Inicio de operación de sistema piloto de acuaponía.</p> 
---------------------	---	---	--	---

	<p>olor fétido, el agua no se encontraba en circulación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El 06 de febrero de 2022 se vació el tanque de 1000 litros para poder ser llenado nuevamente con agua limpia. • El 7 de febrero se llenó nuevamente el tanque de 1000 litros con agua limpia, poniendo a funcionar la bomba aireadora para que el agua se estuviera oxigenando y esto a su vez creará las condiciones necesarias para la siembra de alevines. 	<p>hidroponía, comenzando con la recirculación del agua y el completo funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alevines: <ol style="list-style-type: none"> 1. Se sembró una población de 45 alevines el 12 de febrero de 2022. 2. Al día siguiente de su siembra en el tanque de 1000 litros se encontró muerto un alevín, flotando en 	<ul style="list-style-type: none"> • Se procedió a poner malla gallinera en los lugares donde no hay barda para evitar el ingreso de animales que pudieran dañar el sistema piloto de acuaponía o macrotúnel. 	<p>B. Germinación de semilla de lechuga.</p>  <p>C. Estado putrefacto del agua al no estar en circulación.</p> 
--	---	---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ● Se dejó reposar el agua, además de que estuvo en movimiento por la bomba aireadora, por un lapso de 5 días. ● El 12 de febrero de 2022 se sembraron 45 alevines de tilapia gris, traídos de Ríoverde, San Luis Potosí. ● Una vez sembrados los alevines, no se les alimento sino hasta el día siguiente, dándoles la oportunidad de adaptarse a su nuevo ambiente. ● El 13 de febrero de 2022 se alimentó por primera 	<p>la superficie del tanque.</p> <p>3. Se les alimenta dos veces al día, en horarios de 10:00 a 11:00 hrs, por la mañana y por la tarde, de 18:00 a 19:00 hrs.</p>		 <p>D. Nueva recarga de agua y funcionamiento de bomba aireadora.</p>  <p>E. Siembra de alevines en tanque de 1000 litros.</p>
--	--	--	--	---

	<p>vez a los alevines de tilapia gris.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El alimento que se les dio fue alimento para tilapia con un 50% de proteína, para poder asegurar su talla y peso. ● Se les alimento dos veces al día, con la medida de una y media taparrosca de refresco. ● Los horarios de alimentación podrían variar entre 10:00 y 11:00 horas, por la mañana; por la tarde entre 18:00 y 19:00 horas. ● Algunos días dependiendo de la 			 <p>F. Alimento para cría de tilapia.</p>  <p>G. Cría de tilapia que se sembró por primera vez en tanque de 1000 litros.</p>
--	---	--	--	--

variación de la temperatura, si hacía más calor dentro del macrotúnel, llegando a los 33 grados centígrados, requerían más alimento, llegando hasta dos tapas o dos tapas y media de alimento. Esto se medía porque una vez que se les alimentaba continuaban boqueando en el agua, como si estuvieran respirando.

- Los alevines de tilapia se sembraron con un talle de aproximadamente 5 a 6 cm y un peso de alrededor de 9 a 10 gramos.



H. El agua se empezó a tornar más verdosa al paso de los días de la siembra de alevines, sin plantas.



I. Funcionamiento del sistema NFT dentro

	<ul style="list-style-type: none"> ● Al día siguiente de que se sembraron los alevines de tilapia en el tanque de 1000 litros, por la tarde, se encontró flotando un alevín, el cual estaba muerto. ● Por el resto del mes se les estuvo dando seguimiento, sin tener algún otro alevín muerto, siguiendo la rutina de alimentación con ellos. ● Del 12 al 18 de febrero de 2022, se tuvo únicamente a los alevines con la bomba aireadora funcionando, para lograr la oxigenación del agua y 			<p>del sistema piloto de acuaponía, logrando equilibrar el sistema, sin fugas de agua.</p>  <p>J. Trasplante de plántula de lechuga al sistema NFT dentro del sistema piloto de acuaponía.</p>
--	--	--	--	---

mantener un ambiente adecuado para los alevines. Por consiguiente el agua comenzó a tornarse verdosa conforme pasaban los días de los alevines en el tanque.

- El 18 de febrero de 2022, se abrió la salida del agua del tanque de 1000 litros para poner a funcionar el sistema piloto de acuaponía con la recirculación del agua, así como regular los niveles de agua en los tubos del sistema NFT, revisar que no existieran fugas de



K. Diferentes estadios de crecimiento de las plántulas de lechuga.



L. Desarrollo de las plántulas de lechuga dentro del sistema de

	<p>agua, ello con el objeto de no tener complicaciones que pudieran producir el vaciado de agua del tanque de los alevines, o que las plántulas de lechuga que se trasplantaron al sistema, se quedarán sin agua, se revisó el funcionamiento de las bombas aireadora y de subida, así como de los filtros, logrando equilibrar el sistema piloto de acuaponía, en todos sus elementos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El 19 de febrero de 2022 se hizo el trasplante de las plántulas de lechuga a los 			<p>acuaponía por el resto del mes.</p>  <p>M. Aclaramiento del agua, al paso de los días con el trasplante de plántulas de lechuga en el sistema NFT.</p>
--	--	--	--	--

	<p>tubos del sistema NFT de hidroponía, dentro de las canastillas hidropónicas.</p> <ul style="list-style-type: none">● Las semillas de lechuga germinaron a los 3 días de su siembra, dándoles seguimiento por un lapso de tres semanas, con diferentes estadios de crecimiento según la semana, hasta su trasplante en las canastillas hidropónicas.● Se trasplantaron un total de 70 plántulas de lechuga, que son los orificios que contiene el sistema NFT.			
--	---	--	--	--

	<ul style="list-style-type: none">• Una vez trasplantadas las plántulas de lechuga, se observó que las hojas que tenían contacto con el tubo de PVC se quemaban cuando aumentaba la temperatura dentro de la macrotunel alrededor de las 12:00 horas hasta las 16:00 horas, por el calor que existía dentro del macrotúnel.• Las plántulas se siguieron manteniendo dentro de las canastillas con crecimiento de nuevas hojas, y el desarrollo de las que ya tenían, a lo			
--	--	--	--	--

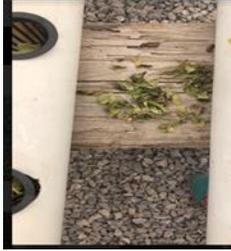
	<p>largo del resto del mes, pero sin un crecimiento muy notorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los alevines se mantuvieron en adaptación a su nuevo ambiente, sin cambios significativos, observando que a temperaturas más elevadas su actividad en la superficie era más activa y a temperaturas de 14 a 11 ° centígrados se mantenían más en el fondo. • Así mismo se observó que al cabo de un par de días del trasplante de plántulas de lechuga al sistema 			
--	---	--	--	--

	<p>NFT, el agua del tanque donde se encuentran los pescados se empezó a tornar más clara, menos cafésosa.</p> <ul style="list-style-type: none">● Se le siguió dando seguimiento y revisión al sistema piloto de acuaponía, por el mes, sin tener una alteración significativa en el mismo.			
--	---	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Anexo 4. Etapa intermedia de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de marzo de 2022.

<p>ETAPA DEL PROYECTO:</p>	<p>Intermedia Se da seguimiento al proceso de operación del sistema piloto de acuaponía, una vez iniciado.</p>	<p>RECURSOS Y MATERIALES:</p>	<p>Alimento para crías de pescado. Luz y agua. Promedio de pH: 7.5 Promedio de temperatura: 22°C</p>	
<p>MES/AÑO</p>	<p>DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO</p>	<p>DATOS IMPORTANTES</p>	<p>INCIDENTES</p>	<p>EVIDENCIA A TRAVÉS DE SECUENCIA FOTOGRÁFICA</p>
<p>Marzo 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> En la dos últimas semanas de febrero y los primeros días del mes de marzo no se observó mucho crecimiento en las plántulas de lechuga en el sistema NFT, las cuales estaban directo en las canastillas 	<ul style="list-style-type: none"> Marzo fue un mes de fuertes vientos, lo que no se consideró a la hora de la construcción del macrotúnel. Se puso sustrato en las canastillas de 	<ul style="list-style-type: none"> Caída del macrotúnel por los fuertes vientos. Muerte de un pez por la caída del macrotúnel. 	<p>Secuencia fotográfica 23. Etapa intermedia del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.</p>

	<p>hidropónicas, sin algún tipo de sustrato, por lo que la raíz tocaba directo el agua que pasaba por los tubos NFT.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la segunda semana de marzo se observó que algunas de las hojas empezaban a secarse, además de no observarse mucho crecimiento, por lo que se procedió a cortar parte de las hojas secas para que la planta no perdiera fuerza en su crecimiento, además algunas hojas se empezaron a tornarse amarillentas. 	<p>hidroponía para que las plantas de lechuga tuvieran un mejor agarre en sus raíces y pudieran crecer, lo cual se llevó a cabo con buenos resultados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por los vientos se cayó el macrotúnel, lo que daño en parte las hojas de las lechugas y estreso a los peces, muriendo uno por tal razón. • No se realizó hasta el momento recambio de agua, 	<ul style="list-style-type: none"> • Se observó que las plantas de lechuga no crecían por falta de un sustrato que ayudará a que sus raíces tuvieran mayor agarre para permitir su crecimiento. 	 <p>A. Lechugas sin ningún tipo de sustrato, con la raíz directamente tocando el agua en el sistema NFT.</p> 
--	---	---	--	--

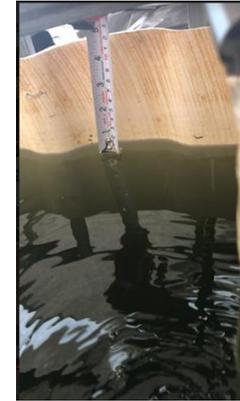
	<ul style="list-style-type: none"> • En el mes de marzo se dieron vientos muy fuertes, por lo que cuando se construyó el macrotúnel no se consideró el viento en el lugar y se construyó en lo alto del terreno, por esta razón en la tercera semana de marzo el viento era tan fuerte que tiró el macrotúnel, desenterrando el plástico y dejando al descubierto en su totalidad el sistema piloto de acuaponía. • Por este suceso, las plántulas sufrieron el golpe del viento, que no las destruyó en su totalidad 	<p>solamente llenado por la evaporación del agua por el calor.</p>		 <p>B. Las hojas de las lechugas comenzaron a secarse y tornarse amarillas.</p>  <p>C. Caída de macrotúnel por fuertes vientos.</p>
--	---	--	--	--

	<p>pero sí alcanzó a golpear las hojas, además como el tanque de los peces quedó al descubierto, esto estreso a los peces, muriendo uno.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Se procedió a levantar nuevamente el macrotúnel para cubrir el sistema piloto de acuaponía, reforzando el mismo con estructuras de madera por dentro para permitir que le dieran más soporte al macrotúnel. ● En cuanto al sistema piloto de acuaponía no sufrió fallas en su sistema operativo, es decir, fugas, fallas de bombas, algún tubo roto, solamente daño a 		  <p>D. Descubrimiento total del tanque de peces y muerte de un pescado por estrés a partir de la caída del macrotúnel.</p> 
--	---	--	---

	<p>las lechugas y estrés de los peces por la caída.</p> <ul style="list-style-type: none">• Una vez instalado nuevamente el macrotúnel se procedió a analizar el daño en las lechugas, los cuales fueron solo de daño en algunas hojas, y en cuanto al pescado se observó que por alrededor de dos días no subieron regularmente a la superficie a comer, sino esporádicamente, teniendo solamente el deceso de un pescado.• En cuanto a la alimentación de los peces se continuó la dinámica, de dos veces por			 <p>E. Se puso sustrato en las canastillas de hidroponía para mejor agarre de las lechugas y se hizo recambio de algunas plántulas que no se desarrollaron.</p>
--	--	--	--	--

día, como se describió en el mes de febrero y se continuó con alimento al 50% de proteína.

- En cuanto a las plantas de lechuga, considerando las observaciones que se habían notado antes de la caída del macrotúnel, se consultó con el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, asesor de la presente investigación, de formación agrónomo, el cual aconsejó poner algún tipo de sustrato a las canastillas para que la raíz pudiera arraigarse con más fuerza y así permitir el crecimiento de la planta.



F. Evaporación del agua por el calor, solamente se llena nuevamente, sin recambios de agua.



- Considerando lo comentado por el Dr. Rubén Oswaldo Cifuentes López, se procedió a poner sustrato de peat most en las canastillas hidropónicas, en la tercera semana de marzo, en el proceso se hizo el recambio de aproximadamente tres plantas de lechuga que no tuvieron crecimiento alguno y su raíz se secó o era muy pequeña.
- En cuanto al agua usada en el sistema piloto de acuaponía, solamente se hace semanalmente un llenado de 20 a 30 litros de



G. Crecimiento más acelerado de las plántulas de lechuga, una vez puesto el sustrato en las canastillas hidropónicas.

agua por semana, la cual se evapora por el calor, dependiendo además de las temperaturas de los días del mes, a más calor el abastecimiento de agua era mayor, a menor calor el abastecimiento de agua era menor, pero en el mes de febrero y marzo no se realizó ningún recambio de agua, si no que se reuso la misma, pasando por el proceso de filtración de los filtros y absorción de nutrientes de las plantas, cayendo en la fosa de lixiviado y retornando al



H. Se normalizó el comportamiento de los pescados unos días después de la caída del macrotúnel.

	<p>tanque de los peces nuevamente.</p> <ul style="list-style-type: none">• Una vez puesto el sustrato a las lechugas, se observó un crecimiento más acelerado de las plantas, por lo que las hojas comenzaron a crecer y a secarse menos.• Se cerró la última semana de marzo, observando un mayor crecimiento en las plantas de lechuga, sin imprevistos con el macrotúnel, aunque los fuertes vientos continuaron y en cuanto a los peces después de esos dos días volvieron a desplazarse y			
--	---	--	--	--

	comer normalmente en el tanque.			
--	---------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Anexo 5. Etapa avanzada de la operación del sistema piloto de acuaponía en el mes de abril de 2022.

<p>ETAPA DEL PROYECTO:</p>	<p>Avanzada. Se sigue dando seguimiento al proceso de operación del sistema piloto de acuaponía.</p>	<p>RECURSOS Y MATERIALES:</p>	<p>Alimento para crías de pescado. Luz y agua. Charola de germinación. Sustrato de germinación. Semillas de lechuga. Promedio de pH: 7.5 Promedio de temperatura: 25°C</p>	
MES/AÑO	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO	DATOS IMPORTANTES	INCIDENTES	EVIDENCIA A TRAVÉS DE SECUENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Abril 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> En el mes de abril continuaron los vientos, en menor intensidad pero se mantuvo en pie el macrotúnel. 	<ul style="list-style-type: none"> Primera cosecha de lechuga en la tercera semana de abril. Muerte de un pescado por 	<ul style="list-style-type: none"> Muerte de un pescado por subir el nivel del agua. El agua del tanque se tornó 	<p>Secuencia fotográfica 24. Etapa avanzada del funcionamiento del sistema piloto de acuaponía.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ● Se siguió el proceso de renovación de agua que se consume por evaporación, pero no con recambio de agua. ● Sin embargo se subió el nivel de agua más de lo normal y esto provocó que uno de los peces saltara, provocando su deceso con la caída. Sin embargo se siguió monitoreando si fue por alguna otra causa como falta de oxígeno, para lo cual por varias horas se revisó que no saltarán otros pescados, sin que ninguno otro saltará. ● A principios del mes de abril se cambió el alimento de los 	<p>subir más arriba el nivel de agua, que de costumbre.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Trasplante de nueva plántula de lechuga para comenzar la segunda cosecha de la misma. 	<p>más verduoso cuando se cosechó la lechuga y se volvió a estabilizar hasta el trasplante de las nuevas plántulas de lechuga.</p>	 <p>A. Se mantuvo en pie el macrotúnel durante el mes de marzo, a pesar de que sí existieron algunos vientos esporádicos.</p> 
--	---	---	--	---

	<p>peces por uno con proteína al 35%, este alimento se mantendrá hasta su cosecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El color del agua se observa más cafésosa, sin embargo hasta el momento no ha provocado alteración en el ecosistema de los peces, y decesos en los mismos. ● En la tercera semana de abril, se hizo la primera cosecha de lechuga, de un total de 75 lechugas se cosecharon 50. ● Procediendo dos días después de su cosecha al trasplante de nueva plántula 		<p>B. Muerte de pescado por saltar del tanque de 1000 litros, debido a que se llenó más arriba de lo normal.</p>  <p>C. Alimentación de los peces con alimento al 35 por ciento de proteína.</p>
--	---	--	---

de lechuga para la segunda cosecha.

- Los dos días que se dejó sin plantas el sistema NFT, se observó más verdosa el agua y los peces comenzaron a subir más a la superficie a tomar aire, no se tuvo muertes de pescado por esta razón pero sí se notó este cambio en el sistema.



			<p>D. Crecimiento de la lechuga a medida que el sistema de acuaponía maduro y se colocó el sustrato para mejor agarre de la raíz.</p>  <p>E. Primer cultivo de lechuga en el sistema piloto de acuaponía.</p>
--	--	--	---

				 <p>F. Nueva plántula de lechuga para su traspaso al sistema NFT como segunda cosecha.</p>  <p>G. El agua se tornó más cafésosa una vez que se retiraron las plantas de</p>
--	--	--	--	--

				lechuga en el primer cultivo.
--	--	--	--	-------------------------------

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Anexo 6. Etapa final de la operación del sistema piloto de acuaponía en los meses de mayo y junio de 2022.

<p>ETAPA DEL PROYECTO:</p>	<p>Final. Se cierra el primer ciclo de cosecha de lechuga y algunos pescados.</p>	<p>RECURSOS Y MATERIALES:</p>	<p>Alimento para pescado. Luz y agua. Promedio de pH: 7.5 Promedio de temperatura: 26°C</p>	
<p>MES/AÑO</p>	<p>DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO</p>	<p>DATOS IMPORTANTES</p>	<p>INCIDENTES</p>	<p>EVIDENCIA A TRAVÉS DE SECUENCIA FOTOGRÁFICA</p>
<p>Mayo - Junio 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> En el mes de mayo se tuvo mejor crecimiento de las plantas de lechuga que en la primera cosecha, con algunas variaciones en algunas, sobre todo las que se encontraban más lejos de los filtros, las cuales se observaron con menos 	<ul style="list-style-type: none"> Caída de macrotúnel por lluvia, granizo y fuertes vientos. Pérdida de segunda cosecha de lechuga. 	<ul style="list-style-type: none"> Caída de macrotúnel. Pérdida de cosecha de lechuga por granizo. Muerte de un pescado por estrés. 	<p>Secuencia fotográfica 25. Etapa final del primer ciclo de cosecha de lechuga y pescado del sistema piloto de acuaponía.</p>

	<p>crecimiento o más lento pero mucho mejor que en la primera cosecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la segunda semana de mayo hubo un día que llovió con granizo, viento muy fuerte, esto provocó que se volviera a caer el macrotúnel, dejando descubierta las plantas de lechuga, las cuales al ser golpeadas por el granizo fueron pérdida total. • El tanque de los peces quedó cubierto a pesar de que el plástico se volvió a levantar, sin embargo por la misma 	<ul style="list-style-type: none"> • Trasplante en el sistema de sábila para ayudar a mantener el equilibrio en el sistema. • Primer cosecha de tilapia a los 4 meses de su siembra. • Nuevo trasplante de lechuga en el sistema de acuaponía. 	 <p>A. Crecimiento de las plántulas de lechuga en el sistema NFT del sistema piloto de acuaponía, como segunda cosecha.</p>
--	---	---	--

situación que sucedió en el mes de marzo, los peces se estresan, muriendo un pescado.

- Se levantó nuevamente el macrotúnel, reforzando con maderas más gruesas en los costados.
- Como no se tenía contemplada esta situación se procedió a la nueva germinación de lechuga, sin embargo para que el sistema no se quedará sin plantas se buscaron sábilas que existen en el terreno donde se encuentra el sistema piloto de



B. Caída de macrotúnel por lluvia, granizo y viento.

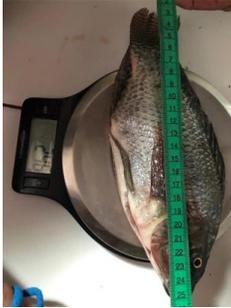


	<p>acuaponía, y se colocaron en el sistema NFT para poder ayudar al sistema a mantener su equilibrio, resultando beneficio al sistema, hasta que se tuvieron listas para trasplante las nuevas plántulas de lechuga.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el mes de junio se continuó con las plantas de sábila dentro del sistema. • En la segunda semana de junio de junio se realizó la primera cosecha de pescado con algunos ejemplares para 		<p>C. Pérdida de la segunda cosecha de lechuga por el granizo que la golpeó.</p>  <p>D. A pesar de la caída del macrotúnel el tanque de pescado quedó cubierto, evitando mayores desastres.</p>
--	--	--	--

	<p>comprobar su peso y tamaño, y sabor, resultando en una medida aproximada de 24 a 26 centímetros y un peso de 250 a 300 gramos con vísceras, a los 4 meses de su siembra en el tanque de 1000 litros.</p> <ul style="list-style-type: none">• Su sabor era muy delicioso, fresco y de calidad.• Se trasplantó nuevamente lechuga en la última semana de junio al sistema NFT.• Hasta aquí llegó el proceso de operación del			 <p>E. Colocación de plantas de sábila en el sistema NFT para poder conservar el equilibrio en el sistema piloto de acuaponía y que de esta manera el agua no se contaminará provocando la muerte de los peces.</p>
--	---	--	--	--

sistema piloto de acuaponía con una primera cosecha de lechuga y pescado, continuando con su operación y experimentación para futuras investigaciones..



				 <p>F. Cosecha de algunos pescados a los 4 meses de su siembra en el tanque de 1000 litros.</p>
--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

