1. INTRODUCCIÓN

La acuaponia constituye una integración entre un cultivo de peces y uno hidropónico de plantas. Estos se unen en un único sistema de recirculación, en el cual se juntan, el componente acuícola y el componente hidropónico. En este sistema, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal. De esta forma se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja de que, el agua libre ya de nutrientes, queda disponible para ser reutilizada. Gracias a esto, los sistemas acuapónicos trabajan sobre dos puntos de gran interés en producción, rentabilidad y tratamiento de desechos (Rakocy, 1999). (PROAIN TECNOLOGÍA AGRÍCOLA, 2020)

Las excretas de los peces son ricas en nutrientes para las plantas, pero tóxicas para los peces mismos, las plantas actúan como un filtro al absorber estas sustancias previamente tratadas por algunas bacterias benéficas. El papel de las bacterias es convertir las excretas de los peces en compuestos más aprovechables para las plantas y menos tóxicos para los peces. (Colagrosso, 2015)

Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces. Los desechos metabólicos disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así la tasa de recambio de agua diario y su descarte hacia el ambiente; mientras que en el sistema de recirculación tradicional se trabaja con un recambio de agua del 5 al 10 % diario para evitar la acumulación de desechos metabólicos. En el acuapónico, por el contrario, la mayoría trabaja solo con un 1,5 % de recambio de agua diario o menos (Mc Murtry, 1997). Esto se traduce en menores costos operativos del sistema y sumado a ello, los sistemas acuapónicos tienen una segunda producción de plantas, aumentando así, la rentabilidad productiva.

Como se observa, con el pasar del tiempo, la población aumenta mientras que la calidad de las tierras de cultivo y la producción de las mismas, decae constantemente, lo que indica que es necesaria una renovación en las estrategias de producción de alimentos,

basándose en sistemas amigables con el ambiente y que sean sostenibles, protegiendo los recursos naturales como el suelo y los cuerpos de agua. (pade, citado en Nelson , 2008)

La aplicación de los sistemas acuapónicos, surge como una de las soluciones de producción de alimentos, ya que está generando dos productos, sin afectar sistemas a los cuerpos de agua y sin deteriorar el suelo, además que, por su versatilidad, puede ser instalado en lugares que pueden estar más cercanos al área de los consumidores, lo cual puede reducir costos de transporte, así como puede reducir la contaminación generada por el mismo.

Mientras la población mundial continúa creciendo, las tierras fértiles son cada vez más escasas y el agua de buena calidad continúa disminuyendo, y cada vez más gente migra hacia las zonas urbanas. Por las razones expuestas, la agricultura tradicional no logra resolver el problema alimentario, por esa razón es necesario incorporar y usar métodos no tradicionales para producir alimentos y que no dependen directamente de las condiciones físicas y químicas del suelo. (Ramirez et al, 2008)

La acuaponia también está siendo vista como una herramienta educativa con la que se permite un aprendizaje transversal de las ciencias, adoptándose programas en relación con el tema en distintos países tales como Estados Unidos, Japón, Australia, India y Kenia. (Jiménez A., 2013) Un caso específico se puede ver en España, en donde se implementaron sistemas acuapónicos para trabajar los ecosistemas a nivel meso en educación infantil. (Liso, 2017)

En este sistema se describen los aspectos técnicos para la instalación y el manejo del cultivo acuapónico a pequeña escala. A pesar de las ventajas que representa este sistema, en Bolivia es poco conocida ya que aún no se registraron investigaciones referentes a la acuaponia, es por eso que se implementara este diseño unifamiliar como una alternativa para mejorar la producción en el Barrio La Pampa del Municipio de Entre Ríos.

Actualmente se sabe que en la ciudad de Entre Ríos – Tarija no se cuenta con una investigación referente al tema de acuaponia, es por eso que el presente trabajo se basará en los estudios de la misma el cual tendrá el objetivo de implementar un sistema acuapónico unifamiliar con el fin de producir hortaliza (lechuga) y peces (carpa común).

2. JUSTIFICACIÓN

Los aztecas practicaron una forma inicial de acuaponia, mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como "chinampas", pantanos y lagos someros, y plantaba en ellos maíz, zapallo y otras plantas. 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 (Matus et al., 2009).

El diseño e implementación de este sistema acuapónico permite minimizar impactos ambientales reduciendo o eliminando los residuos del sistema al ambiente es un método de producción en agua sin uso de suelo por lo tanto no es susceptible a las enfermedades transmitidas por el suelo, consiste en la integración de la acuicultura con la hidroponía y resulta en sistema altamente sostenible ya que deriva en la reducción del consumo hídrico en 85% a 90% y producción vegetal sin el uso de pesticidas, fertilizantes, químicos tóxicos y agroquimicos.

La contaminación en los ríos por minería, agroquimicos y depredación de las especies más populares pueden llegar a tener un gran impacto tanto para los mismos y las personas que luego las llegan a consumir.

La producción de los vegetales por medio del sistema acuapónico es una alternativa rentable y confiable obteniendo productos más saludables y de mejor calidad, naturales y orgánicos, así mismo proporcionando alimentos en forma de proteína (de los peces) teniendo un sistema de producción intensiva de alimentos sostenibles mejorando la calidad de vida de las personas.

La ciudad de Entre Rios cuenta con las condiciones para practicar la acuaponia ya que cuenta con un clima templado cálido – húmedo con temperatura de 19 ºC a 22,5ºC.

3. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Alrededor del mundo muchas personas aún carecen de los alimentos necesarios y nutritivos para disfrutar de una vida activa y saludable, como lo es igual con las diferentes familias de los barrios del Municipio de Entre Ríos que carecen de productos sostenibles, como muchas de la veces no llegan a tener una garantía de que los productos consumidos sean producidos en forma natural – ecológica, la producción tradicional es susceptible a atraer las plagas que en varios casos son difíciles de controlar sin químicos, los cuales en la producción agrícola son los causantes de enfermedades tanto al suelo como a las personas, las diferentes especies que son cultivables mediante el método tradicional son solo por temporadas razón por la cual el valor de estas aumenta ante su escasez, más aun con el cambio climático que llega a afectar la calidad y estética del cultivo y cosecha.

La presencia de materiales pesados en los ríos y diferente químicos de las comunidades agrícolas en las represas pueden ser perjudiciales para los peces y salud del consumidor provocando enfermedades a largo plazo, la explotación de las especies que no dejan alcanzar su madurez y reproducción es el motivo de su escasez y los elevados precios fuera de temporada asimismo el consumidor al momento de su compra no tiene la garantía de la calidad en que se encuentra, esto desde el origen, que se cumpla la cadena de frio en su transporte, el re congelado cuando no existe la venta, el contrabando, etc.

3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La producción agrícola tradicional con exceso de agroquímicos, explotación, degradación de suelos, aumento constante de contaminación y cambio climático nos exige buscar nuevas alternativas de producción ecológica, sostenible y amigable con el medio ambiente. La producción de hortalizas mediante la aplicación del método acuapónico (combinación de producción piscícola y hortalizas) es una alternativa de

fácil instalación y manejo, económicamente accesible, de vida útil prolongada y sin impacto negativo al medio ambiente.

4. HIPÓTESIS

Podrá el sistema de acuaponia unifamiliar sustituir la agricultura tradicional y la crianza de peces en un sistema simbiótico donde se coseche más en menor espacio, con menos recursos de manera controlada todo el año.

5. IDENTIFICACION DE VARIABLES

5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Producción de hortalizas (lechuga) y peces (Carpa común).

5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistema acuapónico unifamiliar

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Implementar un sistema acuapónico unifamiliar para analizar la producción de hortalizas y peces en el Barrio La Pampa del Municipio de Entre Ríos.

6.2. Objetivos específicos

- Implementar un sistema acuapónico sostenible unifamiliar en el Barrio La Pampa
- Producir hortalizas y peces mediante la integración de dos métodos de cultivo como la acuicultura y la hidroponía.
- Analizar la producción de hortalizas (lechuga) y peces mediante el sistema acuapónico unifamiliar.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Acuicultura

La acuicultura es la crianza y producción en cautiverio de peces u otros animales y plantas acuáticas bajo condiciones controladas. Muchas especies acuáticas han sido cultivadas, especialmente peces, crustáceos, moluscos, y plantas acuáticas y algas. Se han desarrollado métodos de producción en acuicultura en varias regiones del mundo, y, por ende, estas se han adaptado a las condiciones ambientales y climáticas especificas en esas regiones. Las cuatro categorías más importantes de acuicultura incluyen sistemas de aguas abiertas (por ejemplo, jaulas), cultivo en piscinas, canales de flujo continuo y sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA). En las operaciones SRA, el agua es reutilizada por los peces luego de pasar por un proceso de limpieza y filtrado. Si bien los SRA no es el método más barato de producción debido a la alta inversión, energía y costos de mantenimiento, esta puede incrementar considerablemente la productividad por unidad de terreno y es la tecnología más eficiente para ahorrar agua en el cultivo de pece. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

2. Hidroponía

La hidroponía es un conjunto de técnicas que permite cultivar plantas sin necesidad de suelo, es decir, en un medio libre de tierra. Es así que se pueden aprovechar espacios como azoteas, terrenos áridos, suelos infértiles, etc. Para construir estructuras simples o complejas que permiten producir plantas principalmente de tipo herbáceo. A partir de este concepto, se desarrollaron distintas técnicas basadas en la adición de sustratos o soluciones de nutrientes que permitieran el desarrollo de la planta, sin dejar de lado necesidades de la planta como temperatura, humedad, nutrientes y agua.

Un cultivo hidropónico logra crecer “gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos y nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y

sanidad". Además, basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos gracias a una mayor densidad, productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, nutrientes y luz. (Beltrano & Giménez, Cultivo en hidroponía, 2015)

3. Acuaponia

La acuaponia puede ser definida como la combinación entre la acuicultura y la hidroponía, es decir, consiste en la integración del cultivo de plantas en base a soluciones nutritivas con el cultivo de animales acuáticos como peces, crustáceos y moluscos en ambientes controlados.

Fundamentalmente, se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por la especie acuática (normalmente peces) son degradados por bacterias y convertidos en nitratos, los cuales sirven como alimento para las plantas. Estas, al tomar estos nitratos, purifican el agua que sirve de hábitat para los peces, consiguiendo así un ecosistema autosustentable. (Nelson, 2007: Parker, 2002)

La acuaponia tiene grandes beneficios sociales y ambientales, entre los que destacan el uso sustentable de los recursos energéticos asociados con la actividad, la disminución en los costos de operación por el transporte de agua, y la producción de vegetales y hortalizas a partir de prácticas acuícolas eficientes, rentables y amigables con el ambiente, debido a que no se utilizan fertilizantes químicos o insecticidas durante el cultivo. (Bogash, 1997; Diver, 2006)

3.1. Usos de la Acuaponia

3.1.1. Uso eficiente del agua

En los sistemas acuapónicos el agua es un recurso bien utilizado. Es el medio de vida de los peces y de las raíces de las plantas. Es decir, el agua se utiliza por partida doble. Pero mejor aún, el agua nitrificada por los desechos de los peces es limpiada en cierta medida por las plantas. De este modo no se saliniza el suelo en caso de tener que vaciarla. (Axayacatl, La acuaponía como sistema de producción, 2017)

La acuaponía se ha convertido en toda una tendencia. Gracias a una combinación de acuicultura (la cría de peces) e hidroponía (el cultivo de plantas en agua sin suelo), la acuaponía es un ejemplo de los sistemas de recirculación denominados en general como agro-acuicultura integrada (AAI). Algunas granjas integradas pueden reducir el consumo de agua en un 90% en comparación con la agricultura tradicional. Esta es una muy buena noticia para el sector agrícola, que utiliza alrededor del 70% del agua dulce disponible a nivel mundial. (Crespi, 2018).

3.1.2. Fertilización orgánica

Los desperdicios de los peces constituyen un fertilizante rico en nutrientes para las plantas. De esta manera es posible disminuir considerablemente el gasto en sales fertilizantes. Mejor aún, se pueden superar algunas de las certificaciones a productos orgánicos si se realiza un adecuado manejo del sistema acuapónico. (Axayacatl, La acuaponía como sistema de producción, 2017)

3.1.3. Cercanía a los mercados

Un sistema acuapónico se puede instalar en prácticamente cualquier lugar, incluyendo los centros de distribución de alimentos y mercados. De esta manera sería posible disminuir los gastos por conceptos de transporte. Pero, además, se tendrían productos más frescos y de mejor calidad, al evitar daños postcosecha durante el transporte. (Axayacatl, La acuaponía como sistema de producción, 2017)

4. Peces

Un pez se define como un:

Vertebrado acuático, de respiración branquial, generalmente con extremidades en forma de aleta, aptas para la locomoción y sustentación en el agua. La piel, salvo raras excepciones, está protegida por escamas y la forma de reproducción es ovípara en la mayoría de estos animales (Real Academia Española, RAE, 2019)

4.1. Características del pez carpa

- La boca es terminal, los labios finos y pueden proyectarse hacia fuera.

- Posee cuatro barbillas.
- Su color dorsal es verdoso marrón en ambientes naturales y la panza es de color amarillento a blanco.
- El cuerpo es robusto y ligeramente curvado en el vientre cubierto por escamas.

4.2. Hábitat del pez carpa

Es nativa de cuerpos de aguas estancadas o lentas de regiones templadas. Es un animal de fácil cultivo y posee la característica de ser ectotermo que regula la temperatura ambiental. Es un animal muy resistente, capaz de vivir en aguas salobres con una temperatura entre 17ºC a 24 ºC. (citado por la unidad de biodiversidad, conservación y desarrollo de la fauna (CODEFAUNA))

4.3. Condiciones que requiere el pez carpa

La temperatura del agua debe estar entre 23ºC y 30ºC, existen experiencias que toleran bien temperaturas de 10ºC a 18ºC en la zona alta de Tarija. (CODEFAUNA)

- Salinidad hasta el 5% son toleradas
- El ph optimo es 6,5 – 9,0
- Oxígeno 3 – 5 mg/ℓ

4.4. Alimentación de la carpa (cyprinus Carpio)

Su alimentación cosiste principalmente en plantas acuáticas, aunque también puede comer artrópodos, zooplancton, restos de alimentos domésticos e incluso peces muertos si se presenta la ocasión. (Citado por la unidad de biodiversidad, conservación y desarrollo de la fauna (CODEFAUNA))

4.5. Cuando alimentar a los peces

El mejor momento del día para alimentar a los peces es la mañana temprano, cuando la temperatura del agua y su contenido de oxígeno comienzan a aumentar. Se puede efectuar una segunda distribución al final de la tarde, un par de horas antes de la puesta de sol.

En condiciones normales de cría es preferible alimentar a los peces dos veces al día. Conviene alimentarlos más a menudo, si es posible, en particular a los juveniles.

4.6. Donde distribuir los alimentos

Según el tipo de alimento, el tamaño del estanque y el método de distribución, los alimentos se pueden distribuir como se describe a continuación

- Por toda la zona del estanque
- En lugares determinados de alimentación

4.7. Evitar la sobrealimentación

Los residuos de alimentos no consumidos nunca deben dejarse en el sistema acuapónico. Los residuos de alimentos procedentes de la sobrealimentación son consumidos por bacterias heterótrofas, que consumen cantidades importantes de oxígeno. Además, la comida en descomposición puede aumentar la cantidad de amoniaco y nitrito hasta niveles tóxicos en un periodo relativamente corto. Por último, los alimentos paletizados no consumidos pueden obstruir los filtros mecánicos, lo que provoca una disminución del flujo de agua y zonas anóxicas. Una vez transcurrido este tiempo, retire la comida. Si se encuentra comida sin comer, reduzca la cantidad de alimento que se les da la próxima vez. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

4.8. Salud de los peces y enfermedades

La forma más importante de mantener la salud de los peces en cualquier sistema de acuicultura es vigilarlos y observarlos a diario, tomando nota de su comportamiento y aspecto físico. Normalmente, esto se hace antes, durante y después de la alimentación. Mantener una buena calidad del agua, incluidos todos los parámetros, hace que los peces sean más resistentes a los parásitos y a las enfermedades al permitir que el sistema inmunológico natural de los peces combata las infecciones. En

esta sección se analizan brevemente los aspectos clave de la salud de los peces, incluidos los métodos prácticos para identificar a los peces poco saludables y prevenir enfermedades. Estos aspectos clave son:

- Observe diariamente el comportamiento y el aspecto de los peces, anote cualquier cambio.
- Conozca los signos y síntomas de estrés, enfermedad y parásitos.
- Mantenga un entorno poco estresante, con calidad de agua buena y en abundancia, específica para la especie.
- Use la densidad poblacional recomendada y las tasas de alimentación recomendadas. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

4.9. Estrés en los peces

El estrés se ha mencionado varias veces a lo largo de esta publicación y merece especial atención aquí. En general, el estrés es una respuesta fisiológica de los peces cuando viven en condiciones que no son óptimas. El exceso de población, las temperaturas o el ph incorrectos, el bajo nivel de oxígeno y la alimentación inadecuada provocan estrés. El organismo de los peces tiene que esforzarse más para superar estas malas condiciones, lo que provoca una depresión del sistema inmunitario. Con un sistema inmunitario deprimido, se reduce la capacidad de los peces para curarse y protegerse de las enfermedades. El estrés puede medirse en los peces mediante el control de ciertas hormonas. El estrés es un estado general del ser, y el estrés por sí solo no mata a los peces. Sin embargo, si están estresados durante un periodo prolongado, inevitablemente desarrollaran enfermedades por diversas bacterias, hongos y/o parásitos. Evite el estrés siempre que sea posible y tenga en cuenta que varios factores pueden contribuir al estrés al mismo tiempo. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

Cuadro. Nº1 causas y síntomas del estrés en los peces

Causas del estrés	Síntomas del estrés
Temperatura fuera del rango, o cambios rápidos de temperatura.	Bajo apetito
ph fuera del rango, o cambios rápidos de ph (más de 0,3/día).	Nado inusual, descansan en la superficie o en el fondo
Amoniaco, nitrito o toxinas presentes en altos niveles.	Sobándose o rascándose en los lados del tanque, boquean en la superficie, manchas o líneas rojas
Oxígeno disuelto es muy bajo	Boquean en la superficie
Desnutrición y/o hacinamiento	Aletas pegadas al cuerpo, lesiones físicas
Pobre calidad del agua	Respiración acelerada
Manipulación inadecuada de los peces, ruidos o molestias lumínicas	Comportamiento errático
Compañeros dañinos del tanque	Heridas físicas

Fuente: (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

4.10. Comparación de ganancia peces carpa común y tilapia

Originarias de Europa oriental y Asia, las carpas son actualmente las especies de peces más cultivadas en todo el mundo. Las carpas, al igual que las tilapias, toleran niveles de oxígeno relativamente bajos y mala calidad del agua, pero tienen un rango de tolerancia mucho mayor en cuanto a la temperatura del agua. Las carpas pueden sobrevivir a temperaturas tan bajas como 4 °C y tan altas como 34 °C, lo que las convierte en una selección ideal para la acuaponía tanto en regiones templadas como tropicales. Las mejores tasas de crecimiento se obtienen cuando las temperaturas están entre 25 °C y 30 °C. En estas condiciones, pueden crecer desde alevines hasta el tamaño de la cosecha (500–600 g) en menos de un año (10 meses). Las tasas de

crecimiento disminuyen drásticamente con temperaturas inferiores a 12 °C. Las carpas macho son más pequeñas que las hembras, pero aun así pueden crecer hasta 40 kg y 1–1,2 m de longitud en la naturaleza. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022).

5. Hortalizas

5.1. Concepto general

Las hortalizas son un conjunto de plantas cultivadas, generalmente, en huertos o regadíos, con la finalidad de ser consumidas como alimento, ya sea cocidas o crudas. "El término hortaliza incluye a las verduras y a las legumbres verdes. Las principales hortalizas son: acelga, ajo, alcachofa, apio, berenjena, brócoli, cebolla, coliflor, espinaca, lechuga, papa, pepino, perejil, pimiento, tomate y

zanahoria" (Ladrón, 2004) Estos alimentos contienen una gran cantidad de agua, además carbohidratos, proteínas, lípidos, sustancias volátiles, vitaminas y minerales.

5.2 . Origen e importancia de la lechuga

La lechuga es una hortaliza que se conoce desde hace mucho tiempo. Es originaria del continente asiático. Fue traída a América con la conquista española, en la actualidad se encuentra con un gran número de cultivos de diferentes cultivares adaptadas a diferentes climas. (Enciclopedia Bolivia Agropecuaria, 2010)

Es ampliamente conocida y se cultiva en casi todas las naciones del mundo y, desde el punto de vista nutricional, tiene cantidades razonables de vitaminas A y C, así como Calcio, hierro y fósforo (Hernández, 1990).

5.3 . Temperatura

Maroto (1995), indica que las temperaturas diurnas comprenden entre 17ºC a 28 ºC y las nocturnas que varían entre 3ºC y 12 ºC, las incidencias de temperaturas más bajas pueden inhibir el crecimiento mientras la amplitud térmica más prolongado estimulan la formación del tallo posteriormente la floración.

Según Mallar (1978), citado por Aruquipa (2008), indica que la lechuga deberá tener temperaturas necesarias para obtener un buen crecimiento y calidad son los siguientes:

Promedio mensual óptimo 15ºC a 18 °C.

Promedio mensual máximo 21ºC a 24 °C.

Promedio mensual mínimo 7 °C.

El mismo autor indica que el promedio mensual óptimo 15ºC a 18 °C favorece la formación de cogollos, las temperaturas altas dan lugar al desarrollo prematuro del tallo, floración y un sabor amargo en las hojas con falta de firmeza en las cabezas. Las temperaturas altas también provocan la aparición de quemaduras de los extremos de las hojas.

5.4 Desarrollo vegetativo

El ciclo de cultivo comercial de la lechuga se divide en cuatro fases, la fase inicial que comprende la germinación y las primeras etapas vegetativas, la fase de desarrollo del cultivo que va desde el trasplante hasta la formación de una roseta de hojas, la fase de acogollado comprende desde la roseta de hojas hasta la formación completa de un cogollo de hojas (apretado en las variedades acogolladas y poco apretado en las variedades romanas), y por último la fase de reproducción que va desde el final del acogollado hasta la formación de un tallo floral con semillas. (Rincón, 2008)

5.5 . Densidad de plantación

Fersini (1979), señala que se debe tener mucho cuidado al determinar las distancias a las que se van a sembrar o trasplantar las plantas, ya que se debe garantizar el buen desarrollo de las mismas, lo que estará estrechamente ligado a las características de las variedades. (CODEFAUNA))

5.6 . Valor nutritivo de la lechuga

la lechuga es un alimento que se puede consumir durante todo el año. Tiene una gran variedad de cualidades: es baja en calorías, rica en agua, antioxidantes, fibra, vitaminas, sales minerales… Además, es **diurética y depurativa**, favorece la digestión y se

considera un relajante natural, por lo que te puede ayudar a conciliar el sueño y a calmar el estrés.

Pero, ¿cuál es su valor nutricional por cada 100 gr de lechuga?

- 19 kcal
- 1,37 gr de proteínas.
- 0,2 gr de grasas.
- 1,4 gr de carbohidratos.
- 1,5 gr de fibra.
- 3 mg de sodio.
- 1 mg de hierro.
- 34,7 mg de calcio
- 220 mg de potasio.
- 28 mg de fósforo.
- 16 mg de magnesio.
- Es rica en vitaminas de los grupos A, B, C y E.
- Contenido en agua: 94 %

5.7. Siembra

La multiplicación de la Lechuga suele hacerse con planta en cepellón obtenida en semillero, sembrando en cada alveolo una semilla a 5 mm de profundidad, una vez transcurridos 30 a 40 días después de la siembra, será plantada cuando tenga 5 a 6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm. La siembra directa se realiza en caballones o en banquetas a una altura de 25 cm para que las plantas no estén en contacto con la humedad, además de evitar los ataques producidos por hongos. La plantación debe hacerse de forma que la parte superior del cepellón quede a nivel del suelo, para evitar podredumbres al nivel del cuello y la desecación de las raíces (SIAP, 2012).

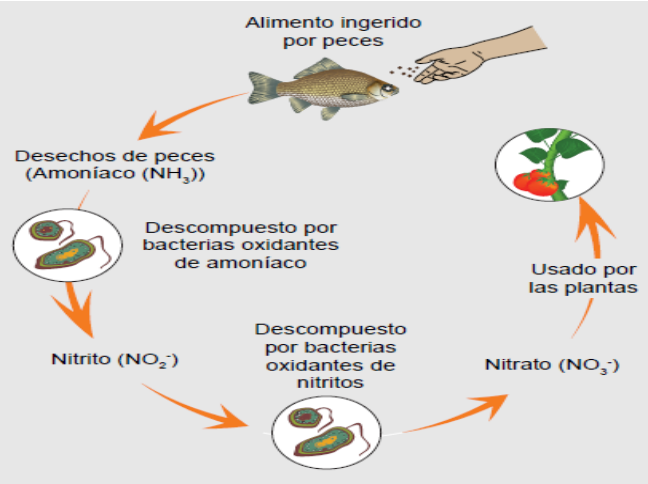
Sea en un ambiente atemperado o en un huerto a la intemperie, el proceso de trasplante es muy delicado ya que dé él depende el crecimiento de las plantas hasta la cosecha (Hartmann, 1990).

6. Ciclo del nitrógeno en el sistema de acuaponia

Este proceso natural de la nitrificación por bacterias ocurre también en el agua. Para la acuaponia, el equivalente de los desechos de animales en tierra son las excreciones de los peces en los tanques de cultivo. Las mismas bacterias nitrificantes que viven en la tierra, también ocurren naturalmente en el agua o en toda superficie mojada, convirtiendo el amoníaco proveniente de los desechos de los peces en nitratos de fácil absorción para ser usados por las plantas. La nitrificación en sistemas de acuaponia provee de nutrientes a las plantas y elimina el amoníaco y el nitrito que son tóxicos.

(Somerville, 2022)

Imagen Nº 1 Ciclo del Nitrógeno en la Acuaponia



Fuente: (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

6.1. La nitrificación en un cultivo de acuaponia

La utilización de bacterias nitrificantes es un factor clave para el éxito de un cultivo de acuaponia por dos razones principales:

- La acumulación de amoníaco y nitrito en el agua es tóxica para los peces. La filtración mecánica en estanques de peces puede eliminar el sedimento en

descomposición, pero **no puede filtrar las partículas microscópicas** o los compuestos ya disueltos en el agua. Esa es la **tarea de los biofiltros**, que contienen las bacterias necesarias.

- Las plantas necesitan nitrógeno para crecer. Aunque son capaces de utilizar tanto amoníaco como nitratos para llevar a cabo sus procesos de crecimiento hasta cierto punto, los **nitratos son más deseables** ya que son fácilmente asimilables por sus raíces. (semillas low cost , 2019)

7. Técnica de cama de cultivo con sustrato

Las unidades con camas de cultivo con sustrato son los diseños más populares para sistemas a pequeña escala de acuaponia. Este método es altamente recomendable para la mayoría de las regiones en desarrollo. Estos diseños son eficientes con el espacio, tienen un costo inicial relativamente bajo y son adecuados para principiantes debido a su sencillez. En unidades de cama de cultivo con sustratos, el sustrato se utiliza para sostenerlas raíces de las plantas y también funciona como filtro, tanto mecánico como biológico. Esta doble función es la razón principal por la que las unidades de cama de cultivo con sustratos son las más sencillas; las siguientes secciones demuestran como los métodos NFT y CAP (cultivo de agua profundas) requieren ambos componentes aislados y son más complicados para la filtración. Sin embargo, la técnica de cama de cultivo con sustratos puede resultar poco manejable y relativamente cara a gran escala. El sustrato puede obstruirse si la densidad de peces supera su capacidad de carga, lo que puede requerir una filtración independiente. La evaporación del agua es mayor en la cama de cultivo con sustratos al existir más superficie expuesta al sol. ((FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022).

8. Filtro Mecánico

La cama con sustrato funciona como un filtro físico grande, capturando y almacenando los desechos sólidos y suspendidos de los peces y otros desechos orgánicos. La eficacia de este filtro dependerá del tamaño de las partículas del sustrato, ya que las partículas más pequeñas están más densamente empaquetadas y capturan más sólidos. Sin

embargo, un flujo de agua elevado puede forzar a las partículas a atravesar la cama de cultivo con sustrato y escapar del filtro. Con el tiempo, los residuos sólidos capturados se descompondrán y se mineralizan. Un sistema correctamente equilibrado procesara todos los residuos sólidos entrantes.

Cuando las camas de cultivo con sustratos son del tamaño incorrecto para la densidad, estas pueden obstruirse con sólidos. Esto indica un error en el diseño original cuando la tasa de alimentación fue calculada para equilibrar el sistema. Esta situación da lugar a que las camas se obstruyan con desechos sólidos, pobre circulación de agua, áreas anoxicas y condiciones peligrosas. Cuando esto ocurre, el sustrato deberá ser lavado, lo que requiere considerable trabajo, interrumpe el ciclo de crecimiento de la planta y puede afectar brevemente a las bacterias nitrificantes. Para evitar esta situación, asegúrese que el diseño original tuvo en cuenta la densidad

de población, la tasa de alimentación y se ha utilizado la proporción de alimentación

para calcular la superficie necesaria de la cama de cultivo con sustrato. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

9. Filtro Biológico

Todos los sustratos de crecimiento mencionados a continuación tienen una gran área

de superficie donde las bacterias nitrificantes pueden colonizar. De todos los diseños de acuaponia, la cama de cultivo con sustratos tiene la mayor filtración biológica gracias al gran área en la cual pueden crecer las bacterias. La capacidad de biofiltración puede ser limitada o perdida si las camas de cultivo con sustratos se vuelven anoxicas, si la temperatura disminuye o si la calidad del agua es mala, pero generalmente las camas de cultivo con sustratos tienen filtración más que adecuada.

(FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

10. Potencial de Hidrogeno (ph)

El ph del agua tiene un gran impacto en todos los aspectos de la acuaponia, especialmente para las plantas y bacterias. Para las plantas, el Ph controla el acceso a los micro y macronutrientes. A un ph de 6,0 - 6,5, todos los nutrientes están

fácilmente disponibles, pero fuera de este rango, es difícil para las plantas accederlos. De hecho, un ph de 7,5 puede dar lugar a deficiencias de hierro, fosforo y manganeso. Las bacterias nitrificantes experimentan dificultades en ph menores a 6, y la capacidad de las bacterias para convertir amoniaco en nitrato se reduce en condiciones acidas con bajo ph. Esto puede dar lugar a una reducción de la biofiltración y como resultado de la disminución de las bacterias, que a su vez se reduce la conversión de amoniaco a nitrato. El aumento en los niveles de amoniaco da lugar a un sistema desequilibrado estresante para otros organismos.

Los peces tienen rangos de tolerancia específicos para el ph también, pero la mayoría de los peces que se emplean en acuaponia tienen un rango de tolerancia de ph de 6,0 a 8,5. Sin embargo, entre más alto sea el valor del ph la toxicidad del amoniaco para los peces crece. En conclusión, el agua ideal en acuaponia es ligeramente acida, con un ph optimo entre del 6 al 7. Este rango facilita que las bacterias sigan trabajando mientras permitiendo que las plantas logren total acceso a los micro y macronutrientes esenciales. Un ph menor a 5 o por encima de 8 puede convertirse en un problema crítico para todo el ecosistema, por lo que se requiere atención inmediata. Existen muchos procesos biológicos y químicos ocurriendo en un sistema de acuaponia que afectan el ph del agua, algunos más importantes que otros, incluyendo: el proceso de nitrificación, la densidad de peces, y la presencia de fitoplancton. Las bacterias nitrificantes funcionan adecuadamente entre un rango de ph entre 6–8,5.

Generalmente, estas bacterias trabajan mejor a Ph más altos, con las bacterias del grupo de las Nitrosomas prefieren un ph de 7,2–7,8, y las del grupo Nitrobacter prefieren un ph de 7,2–8,2. No obstante, el ph objetivo en acuaponia es entre 6–7, que es un punto medio para todos los organismos de este ecosistema. Las bacterias nitrificantes funcionan adecuadamente en este rango, y cualquier disminución en la actividad microbiana puede compensarse con un biofiltro más grande. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

Al respecto (Clucas el al., 1988), indica que el rango en el que se puede desarrollar este pez va de 6 a 9, pero establecen que el nivel óptimo de ph para la Carpa espejo

(Cyprinus carpio specularis) es de 7,5 a 8, con un mínimo de 6,5 y un máximo de 9, valores fuera de este rango causaría problemas difíciles de subsanar.

11. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto –OD– es uno de los factores más asociados a la vida acuática, al incidir en casi todos los procesos químicos y biológicos; las condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno) favorecen la diversidad de especies deseables como los peces (que en general pueden subsistir a concentraciones de OD superiores a 4 mg/ℓ). La medida de OD puede usarse como indicador del grado de contaminación orgánica, de la tasa de degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles de ser oxidadas) y de la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales (CAN, 2005).

La mayoría de plantas necesitan niveles altos de OD (> 3 mg/ℓ) en el agua. Las plantas usan sus tallos y hojas para absorber oxígeno durante la respiración, pero las raíces también necesitan oxígeno. Sin oxígeno, las plantas pueden sufrir podredumbre de raíces, que es cuando la raíz muere y crecen hongos. Algunas plantas acuáticas, como la castaña de agua, el loto o el taro, no necesitan altos niveles de OD y pueden soportar aguas con poco oxígeno, como las de estanques estancados.

Las bacterias nitrificantes necesitan niveles adecuados de oxígeno disuelto (OD) en el agua todo el tiempo para mantener niveles altos de productividad. La nitrificación es una reacción oxidante, dónde el oxígeno es usado como un reactivo; sin el oxígeno, la reacción se detiene. Los niveles óptimos de OD son entre 4–8 mg/ℓ. La nitrificación disminuirá si la concentración de OD está por debajo de 2,0 mg/ℓ. Adicionalmente, sin las suficientes concentraciones de OD, otro tipo de bacterias pueden crecer, que convertirían los valiosos nitratos en nitrógeno molecular que no es utilizable por las plantas. Este proceso anaeróbico es conocido como desnitrificación. (Somerville, 2022)

12. MARCO CONCEPTUAL

12.1. Acuicultura

Es la actividad relativa a la cría de organismos acuáticos (peces, moluscos, crustáceos, plantas y reptiles acuáticos) con la intervención humana, en ambientes naturales o artificiales. (AYMA, 2017)

12.2. Acuaponia y la Agenda 2030

La acuaponia es una forma emocionante y desafiante de lograr la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. La acuaponia puede promover la producción y el consumo de alimentos saludables y sostenibles, proteger el medio ambiente y mejorar la calidad de vida. Por tanto, la acuaponia puede contribuir a un futuro verde y justo.

La acuaponia puede hacer una contribución significativa al logro de la Agenda 2030, particularmente en relación con los siguientes ODS:

12.2.1 ODS2 Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible

De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo. (Agenda 2030, 2018)

ODS 2: Fin del hambre. La acuaponia puede mejorar la seguridad y la calidad de los alimentos al permitir la producción local y diversa de pescado y vegetales ricos en proteínas, vitaminas y minerales. La acuaponia también puede aumentar los ingresos y las oportunidades de empleo de los pequeños agricultores y las comunidades rurales brindándoles acceso a nuevos mercados y tecnologías. (uwe wolfgang Horing , 2023)

12.2.2 ODS 6 Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. (Agenda 2030, 2018)

ODS 6: Agua limpia y saneamiento. La acuaponia puede reducir el consumo de agua y su contaminación al reutilizar y reciclar el agua, lo que puede ahorrar hasta un 90% de agua. La acuaponia también puede mejorar el saneamiento al convertir las aguas residuales de los peces en recursos valiosos que pueden usarse como fertilizante para cultivos o como biogás para la producción de energía. (uwe wolfgang Horing , 2023)

12.2.3 ODS 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos, incrementando las ganancias netas de bienestar de las actividades económicas mediante la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación durante todo el ciclo de vida, logrando al mismo tiempo una mejor calidad de vida. (Agenda 2030, 2018)

12.2.4 ODS 13 Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Tenemos a nuestro alcance soluciones viables para que los países puedan tener una actividad económica más sostenible y más respetuosa con el medio ambiente. El cambio de actitudes se acelera a medida que más personas están recurriendo a la energía renovable y a otras soluciones para reducir las emisiones. (Agenda 2030, 2018).

ODS 13: Protección del clima. La acuaponia puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía al acortar las rutas de transporte y la cadena de frío, lo que puede reducir la huella de carbono y el desperdicio de alimentos. La acuaponia también puede aumentar la adaptabilidad al cambio climático al reducir la dependencia de factores sensibles al clima como el suelo, la lluvia y los pesticidas,

aumentando así la resiliencia a las sequías, las inundaciones y las plagas. (uwe wolfgang Horing , 2023)

12.3. Potencial de Hidrogeno (PH)

El ph es la forma de medir cuan acido o básico es una solución en una escala de 1 a 14. Un ph 7 es neutro; valores bajo a 7 son ácidos, y mayores a 7 son básicos. El termino ph se define como la cantidad de iones de hidrogeno (H+) en una solución; a mayor cantidad de iones de hidrogeno la solución es más acida. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

12.4. Sólidos Disueltos totales (TDS)

TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. (well educated)

12.5. Temperatura

La temperatura del agua afecta todos los aspectos de un sistema de acuaponia. En general, es preferible un rango que va de los 18 °C a los 30 °C. La temperatura también afecta al Oxígeno Disuelto (OD), así como la toxicidad (ionización) del amoníaco; a mayores temperaturas se tiene menos OD y más amoníaco tóxico. Adicionalmente, altas temperaturas pueden restringir la absorción del calcio por las plantas. La combinación de peces y plantas debe ser tal que coincida con la temperatura ambiente en la que se ubican los sistemas, ya que ajustar la temperatura del agua puede requerir de mucha energía y por tanto incrementar los costos. Los peces de agua dulce (por ejemplo, tilapia, carpa común, bagres) y las bacterias nitrificantes viven en aguas con temperaturas más elevadas que van de los 22 °C a los 29 °C, así como también de algunas plantas como el ocra, los repollos asiáticos y la albahaca. Por el contrario, algunas plantas como la lechuga, la acelga y los pepinos crecen mejor a temperaturas más frías de entre los 18 °C a los 26 °C. (Somerville, 2022)

12.6. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica hace referencia a la salinidad del agua, misma que no debe rebasar los 1.500 μs/cm.

Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en las aguas de riego. La medida la conductividad eléctrica se realiza mediante un conductivímetro provisto de célula de conductividad apropiada. (Dorronsoro C.2001).

12.7. Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto se considera como la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O2) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (mg de O, por ℓ) o de su proporción en el agua saturada (porcentaje). (Naciones Unidas, 2005)

13. MARCO LEGAL

En Bolivia, la acuaponia no se encuentra normada al ser una tecnología relativamente nueva en nuestro país. Sin embargo, al ser una combinación entre la acuicultura e hidroponía se puede tomar como guía las leyes como ser alimenticia enfocada en el cultivo de hortalizas y de pesca y acuicultura.

13.1. LEY N` 938 LEY DE PESCA Y ACUICULTURA SUSTENTABLES

ARTÍCULO1. (objeto) la presente ley tiene por objeto regular, fomentar, incentivar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas en el territorio nacional, con la finalidad del desarrollo integral y sustentable de la pesca y acuicultura.

ARTÍCULO 4. (interés social y estratégico). Se declara a la Pesca y a la Acuicultura de interés social y estratégico por la importancia que tiene para la seguridad y soberanía alimentaria.

ARTÍCULO 20. (acuicultura sustentable). Las actividades de acuicultura deberán realizarse de modo que permitan el desarrollo sustentable de la actividad y la protección del medio ambiente.

13.2. DECRETO SUPREMO N.º 1939, DE LA LEY Nº 448 REFERENTE A LOS COMPONENTES DEL PROGRAMA NACIONAL DE FRUTAS, PROGRAMA NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS, Y EL PROGRAMA NACIONAL DE RUMIANTES MENORES Y PESCA.

Artículo 1°. - (Objeto) El presente Decreto Supremo tiene por objeto reglamentar la Ley N.º 448, de 4 de diciembre de 2013, referente a los Componentes del Programa Nacional de Frutas, Programa Nacional de Producción de Hortalizas, y el Programa Nacional de Rumiantes Menores y Pesca.

Artículo 3°. - (Programa Nacional de Producción de Hortalizas)

Tiene el objetivo de fortalecer el sistema productivo de hortalizas, para contribuir a la seguridad alimentaria con soberanía.

Artículo 5°. - (Programa Nacional de Pesca)

Tiene el objetivo de fortalecer el desarrollo de la pesca y acuicultura, para contribuir a la seguridad alimentaria con soberanía.

13.3. REGLAMENTO DE PESCA Y ACUICULTURA, 14 DE AGOSTO DE 1990

Artículo 3°. - Se entiende por actividad pesquera a los fines de este reglamento, toda acción lícita destinada a la extracción, captura y cultivo de organismos acuáticos con destino al consumo doméstico, industrial, comercio, investigación, deporte, etc.

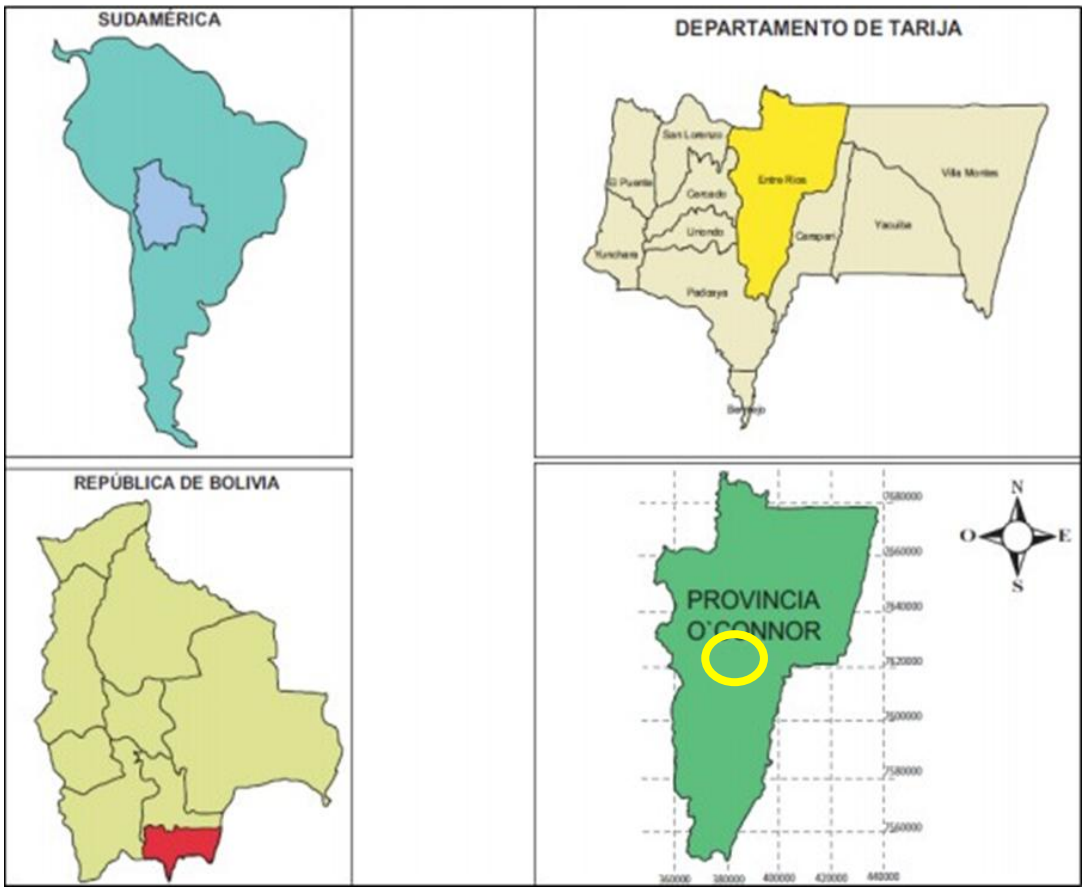
Artículo 4°. - Las actividades de pesca y acuicultura son de necesidad y utilidad nacional e interés social y común. Se sustentan en la explotación racional de los recursos pesqueros e hidrobiológicos y conservación de la ecología, cuyos productos deben estar destinados preferentemente a la alimentación humana y mejoramiento nutricional de la población.

MATERIALES Y METODOLOGÌA

1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el País de Bolivia que está situado en la zona Central de América del Sur, con una superficie de 1.098.581 m2, entre los meridianos 57°26´ y 69°38´ de longitud Occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9°38´ 22°53´ de Latitud Sur.

Mapa N 1. Mapa Ubicación de Bolivia y Tarija

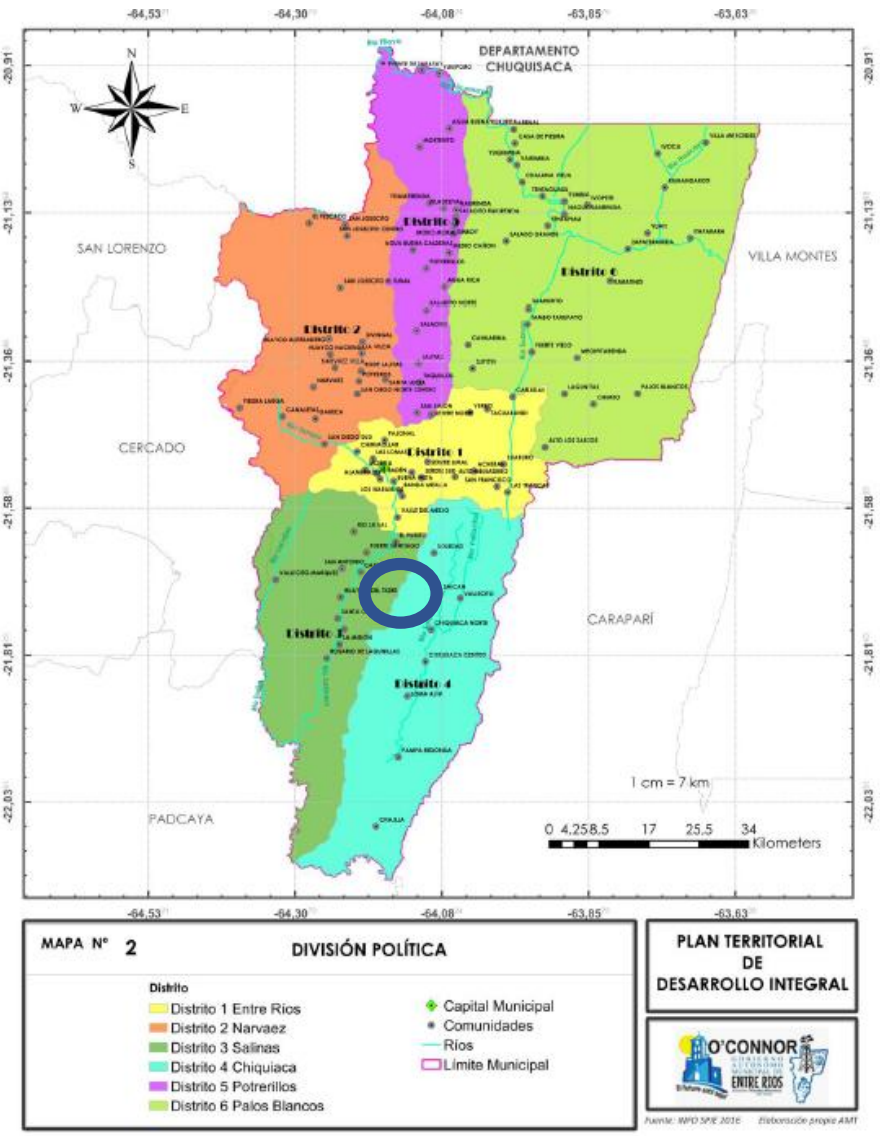


Fuente: (PDM Entre Rios)

El Municipio de Entre Ríos, Primera y única Sección de la Provincia O'Connor, se encuentra ubicado en la parte central del Departamento de Tarija, en la región que conforma el piso ecológico que se denomina SUBANDINO, a 108 km de la ciudad capital, está entre las coordenadas: 20° 51' 57'' y 21° 56' 51'' de latitud Sud, 63° 40' 23'' y 64° 25' 6'' de longitud Oeste.

El centro poblado de Entre Ríos, se encuentra a una altitud de 1.232 m.s.n.m.

Mapa Nº 2. Mapa Ubicación de la Provincia O`Connor



Fuente: (PTDI, 2021-2025)

Imagen N° 2. Vista satelital del área de estudio “comunidad Entre Ríos”

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

1.1. Descripción del área de estudio

El Municipio de Entre Ríos, limita al Norte con el departamento de Chuquisaca, al Sur con las Provincias Arce (Municipio de Padcaya) y Gran Chaco (Municipio de Caraparí), al Este con la Provincia Gran Chaco (Municipios de Caraparí y Villa Montes) y al Oeste con la Provincia Cercado.

- **Población**

Según proyección estimada por el INE para el año 2020, de acuerdo a la información el municipio al concluir el periodo de vigencia de la presente propuesta contará con una población total de 24.107 habitantes; para el año 2016 (año de formulación del PTDI) se estimó 23.599 habitantes, ubicándose en un sexto lugar con mayor cantidad de población en comparación con los datos de los once municipios del departamento de Tarija.

1.2. Características socioculturales

La información que corresponde a este acápite es limitada en la actualidad, razón por la que a continuación se mencionan solamente los rasgos más importantes de la población.

Origen étnico: más del 60% de la población se auto identifica como mestizo, menos del 10%, se identifica como indígena originario perteneciente a la comunidad guaraní, el saldo restante no se auto identifica como ninguno de los anteriores.

Idioma: la lengua más representativa es el castellano sin embargo la segunda lengua con bajo porcentaje es el guaraní de ahí se extrae un

tercer indicador que corresponde a la población bilingüe (castellano – guaraní)

Religión: la mayor auto identificación es con la iglesia católica, aunque en los últimos años se han dado paso a la práctica de otras religiones como la cristiana y la evangelista. (PTDI, 2021-2025)

1.3. Características Físico Biológicas

- **Clima:**

De manera general el municipio de Entre Ríos presenta un clima templado cálido-húmedo en primavera y verano en tanto que en otoño e invierno templado-seco.

- **Temperaturas:**

La temperatura media anual es de 19 °C, en verano 22,5 °C y en invierno de 14,7 °C. Con máximas que superan los 40,9 °C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2 °C.

Las temperaturas máximas tienen una diferencia de 0,8 ºC, en tanto que las temperaturas promedio tienen una diferencia de 0,3ºC. Es importante resaltar que la diferencia de temperatura entre la zona de Salinas que comprendería el D-3 y D-4 respecto al Pajonal (D-1) es de 0.3ºC, con seguridad hacia el D-2 la diferencia se acentúa.

Por otra parte, podemos afirmar que la temperatura máxima promedio se presenta en los meses de septiembre 38,8ºC y octubre 38,4ºC, mientras que las temperaturas más bajas en promedio fueron alcanzadas en los meses de julio -5,8 ºC y agosto -4.1; teniendo una temperatura promedio registrada de 19 ºC.

- **Precipitaciones:**

La precipitación anual alcanza a 1.314 mm en Salinas y baja hasta 674.8 mm en Palos Blancos. Se puede observar una marcada estacionalidad en la precipitación pluvial, ya que de noviembre a abril se acumula el 82% de la precipitación total. La precipitación pluvial histórica alcanzó a 1.066 mm; y la humedad relativa en promedio registra un promedio de 69.5%, llegando a un máximo promedio de 77% en época de lluvia y 62% en época seca.

La precipitación varía enormemente por distritos: en el D-3 y D-4 se produce la mayor precipitación anual con 1.314 mm, le sigue el D-2 con 1.150 mm, luego el D-1 con

1.125 mm, posteriormente el D-5 con 912.4 mm y finalmente el D-6 con tan sólo 674.8 mm. Las lluvias predominan del Sur y Sureste, por consiguiente, la humedad varía

también por distritos. El número de días con lluvia alcanza a un promedio de 102, la máxima precipitación pluvial en 24 horas se da en el mes de enero con 131 mm.

- **Vientos:**

En la provincia O`Connor los vientos tienen mayor presencia durante los meses de agosto a noviembre con un rango de 7.6 a 10.3 km/h, el resto del año las velocidades tan sólo alcanzan a 4.4 a 6.6 km/h. El promedio es de 6.3 km/h. Estos vientos corren hacia el norte, en cambio los surazos tienen una dirección de Sureste a Noreste. Los vientos que se presentan durante los meses de enero y febrero pueden tener efectos negativos sobre los cultivos, ya que pueden llegar a ocasionar el acame de los mismos, con la consiguiente disminución de sus rendimientos.

- **Heladas:**

También se trata de un fenómeno negativo que afecta principalmente a la producción agrícola. Se presenta con mayor intensidad en los meses de mayo a septiembre, perjudicando a los cultivos que se encuentran en pleno desarrollo. Son como promedio 7 días de helada en un año.

- **Caudales:**

El aporte del caudal de los ríos está directamente relacionado con la variación de la precipitación pluvial, área de recarga de la cuenca, el mismo que se halla condicionado por la composición geológica del terreno. Los ríos de la provincia presentan crecidas máximas durante los meses de enero y febrero, con una leve disminución progresiva hasta los meses de abril y mayo, a partir de donde se inicia la curva de agotamiento hasta los meses de septiembre a octubre punto crítico o de mínima.

Fuente: (Plan de Desarrollo Municipal PDM Entre Ríos).

2. MATERIALES

Se divide en materiales de:

2.1. Material de campo (herramientas)

- Marcador
- Equipo de proteccion personal (Epp)
- picota
- guantes
- Flexómetro
- lápiz
- alicate
- cuaderno
- Pala
- Machete
- Cierra
- Cámara para fotos

2.2. Material para la construcción del sistema acuapónico

- Tanque de 1000 ℓ
- Tanque de 200 ℓ
- Bomba sumergible 2000 ℓ/h
- Motor aireador 1000 ℓ/h
- Manguera de jardín 16mm
- Tubo PVC 2plg.
- T 2plg.
- Tubo PVC de desagüe 3plg.
- 1 tapas de tubo 3plg.
- Tubo PVC de desagüe 1.5 plg.
- Tapas de tubo 1.5plg.
- 3 tubo PVC de 1/2plg.
- 4 micro tubo de 6x5 mm
- 5 codos de 1.5plg.
- 4 T de 1.5plg.
- 5 T de 1/2plg.
- 2 llaves de paso 1/2plg.
- Nitro bacterias
- 45 canotillos
- Mallas o redes de pesca
- Cesto de plástico con malla milimétrica

2.3. Material para la construcción de invernadero

- bambú de 1,60 m de largo
- 3 tubos PVC (policloruro de vinilo)
- Machete
- 3 bambú de 2,15 m de largo
- cierra
- arena
- malla sombra

- 6cañas huecas secas de 2,50 m de largo
- alambre de amarre
- Picota
- tijera
- Agrofilm amarillo de 250 micrones
- engrampadora grande

2.4. Material vegetal

El material vegetal que se utilizará en el presente trabajo será plántulas de lechuga en su totalidad 45 unidades.

2.5. Material biológico

- Alevines de carpa común 40 unidades
- Alimento para peces carpa común en copo o escama 1 bolsa de 250gr
- Alimento balanceado para peces 3 bolsas de 1kg

2.6. Material de laboratorio

- Vaso precipitado
- Medidor de parámetros (PH, temperatura, CE, TDS)
- Guantes de látex
- Maletín de test para medir NO2, NO3, NH4

2.7. Material de gabinete

- Computadora
- calculadora
- Información secundaria
- lápiz
- Cuaderno de apuntes

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realizó, en base a los enfoques de la metodología cuantitativa y cualitativa, esta modalidad tradicional de estudio está orientada más a la investigación cuantitativa que la cualitativa, aunque de igual manera no está excluida. (Sampieri, 2014)

a. Cualitativa

El enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. (Sampieri, 2014).

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación; sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes y después, para perfeccionarlas y responderlas. (Sampieri, 2014)

Mediante los diferentes cultivos que se realizara se obtendrá resultados que nos ayudara a dar respuesta tanto a hipótesis.

b. Cuantitativa

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Sampieri, 2014)

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio donde cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar" o eludir pasos, y de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Sampieri, 2014)

Se llegará a resultados mediante mediciones numéricas en monitoreo, peso, medidas tanto de la lechuga como del pez carpa común para solucionar una hipótesis propuesta en el desarrollo del presente trabajo, donde este método nos permite realizar un análisis para encontrar la información que sea necesaria para obtener los distintos resultados.

El cual se utilizará una balanza digital para sacar peso de los peces, una regla como medición, así como también un test de colorimetría en kit de maletín para obtener resultados de los diferentes parámetros de agua.

4. METODOLOGÍA

4.1. Método descriptivo

Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri, 2014)

Con este método buscaremos conceptos que nos ayude con el trabajo para mejorar y así también poder comparar con otros resultados, como el tema del alimento sus propiedades así también cada uno de los parámetros utilizados y nutrición de los productos por cultivar.

4.2. Método Analítico

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular donde es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Ruiz, 2007).

Con este método se llegará a resultados claros obtenidos mediante el proceso de cultivo al ver el proceso de la lechuga con de la carpa, hay varios factores que pueden llegar a afectar a estos.

4.3. Método Experimental

“un estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador” (Hernández Sampieri et al., 2003).

El sistema acuapónico unifamiliar que se implementara requiere de este método, con él se podrá ver el funcionamiento y resultados que este obtenga.

Teniendo una hipótesis del trabajo se obtendrá los resultados los cuales se verá si se cumplirá o no, asimismo se vera la variabilidad del clima y estación del año del lugar como actúa en el sistema.

4.4. Método Explicativo

Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales; como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Sampieri, 2014) .

Permitirá alcanzar los resultados obtenidos del análisis y comparaciones de los distintos parámetros y fases de crecimiento de la lechuga y carpa común así poder interpretar y comunicar los resultados obtenidos.

PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO IMPLEMENTAR UN SISTEMA ACUAPÓNICO SOSTENIBLE UNIFAMILIAR EN EL BARRIO LA PAMPA SE REALIZARÁ LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

5. Condiciones del lugar

5.1. Terreno

Este proyecto acuapónico unifamiliar se realizará en el domicilio ubicado en la calle Floiran Tejerina del barrio la pampa del municipio de Entre Ríos, el cual cuenta con un

espacio disponible para este donde su condición del suelo no necesita de un aplanado ya que cuenta con él.

Imagen Nº 3 Lugar que se realizara el sistema acuapónico

(Fuente: Elaboración propia - 2023)

El espacio del sistema al muro de la casa debe tener un aproximado de hasta 2 m, esto con la finalidad de que es sistema tenga un mejor espacio junto con el invernadero y así también evitar que algunos insectos como ser las hormigas puedan subirse al sistema o entrar en él.

5.2. Luz natural

Las condiciones para el sistema deben ser óptimas para que pueda tener un buen funcionamiento y temperatura tanto el tanque el agua para los peces y para la hortaliza (lechuga) para que pueda tener un buen desarrollo y crecimiento de los mismos, evitar que el lugar situado del sistema tenga mucha sombra, prevenir que el lugar tenga mucha luz solar las 8 horas de su funcionamiento para las lechugas.

5.3. Condiciones y calidad del agua

Las condiciones del agua para trabajar en el sistema deben ser optimas tanto para los peces, bacterias y hortaliza (lechuga), es por eso que se hizo un control de análisis de

calidad del agua la cual se utilizara en el sistema acuapónico, siendo los siguientes resultados:

Imagen Nº 4 Análisis de calidad del agua

Fuente: (Elaboración propia – 2023)

- Total, ph: 8
- Temperatura: 17ºC a 18.2ºC
- Conductividad eléctrica: 41 µS/cm
- Total solidos disueltos: 20 ppm

5.4.Electricidad

La electricidad es una parte muy importante dentro del sistema acuapónico, con el funcionara la bomba para poder impulsar el agua hacia sus diferentes procesos.

Se utilizará de material un alargador el cual estará desde el conectador del hogar hasta el sistema donde se encontrará la bomba para su funcionamiento.

La electricidad en el sistema se utilizará un tiempo de 9 h durante el día, dentro de la hora el bombeo será solo de 15 min, así mismo se hará un presupuesto de gasto de electricidad mensualmente.

5.5. Invernadero

La condición aislante de los invernaderos, permite la manipulación térmica desde el interior, economizando energía, mejorando la eficiencia de calentadores, calderas, etc. Un invernadero para el sistema acuapónico, puede representar una interesante modalidad de enriquecimiento de CO2 en el ambiente atmosférico, liberado por los peces al agua y difundidos hacia el aire, a través de los sistemas de aireación (difusores dentro de los tanques para peces). Niveles elevados de CO2 en el ambiente de estructuras hidropónicas no ventiladas, han demostrado incrementos muy altos en las producciones vegetales (Jensen y Collins, 1985).

Para producir en temporada de invierno es negativo por las bajas temperaturas que se tiene en el municipio de Entre ríos, esto implica diseñar e implementar un invernadero para garantizar la producción, mantener un control eficiente de la temperatura y para así se regulen los procesos fisicoquímicos de las plantas y a su vez puedan protegerse de las radiaciones directas del sol. Al mismo tiempo que servirá para cualquier estado de clima que se encuentre, así como también en temporada de lluvia.

Imagen Nº 5 Modelo del invernadero que se implementará en el sistema acuapónico

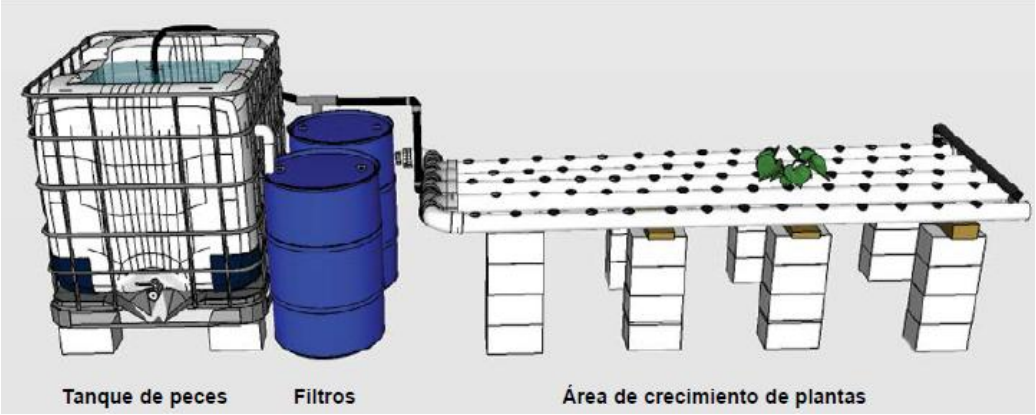
(Fuente: shutterstock)

6. Diseño sistema hidropónico

6.1. Técnica de cultivos en capas de nutrientes (NFT)

La técnica de cultivo de capa de nutriente es un método hidropónico para sembrar plántulas en un tubo ligeramente inclinado, en el que fluye un goteo continuo rico en nutrientes. Las plantas se colocan en agujeros perforados en la parte superior del tubo y son capaces de usar esta delgada película de agua rica en nutrientes. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

Imagen Nº 6 Ilustración de una pequeña unidad con técnica de cultivos en capas de nutrientes



Fuente: (Somerville, 2022)

6.2. Dinámica del flujo del agua

El agua fluye por gravedad desde el tanque de peces, a través del filtro mecánico y a la combinación de biofiltro/sumidero. Desde el sumidero, el agua es bombeada en dos direcciones a través de una "Y" y válvulas. Una parte del agua es bombeada directamente al tanque de peces, mientras el resto es bombeado a un colector que distribuye el agua por igual a través de las tuberías de NFT. El agua fluye, de nuevo por gravedad, hacia abajo a través de las tuberías de cultivo donde se encuentran las plantas. Al salir de las tuberías de cultivo, el agua vuelve al biofiltro/sumidero, donde de nuevo se bombea al tanque de peces o a las tuberías de cultivo. El agua que entra en los tanques de peces hace que ésta se desborde por el tubo de salida y vuelva al filtro mecánico, completando así el ciclo. (Somerville, 2022)

6.3. Tubos de cultivo en la técnica de cultivo en capas de nutrientes (NFT), construcción y siembra

A partir de los métodos de filtración explicados anteriormente, NFT emplea tubos de plástico colocados horizontalmente para cultivar hortalizas utilizando el agua de acuaponia**.** En la medida de lo posible, utilice mejores conductos rectangulares con un ancho mayor que la altura, que es lo común entre los agricultores hidropónicos. Este se debe a que una mayor película de agua estará en contacto con las raíces aumentando la absorción de nutrientes y por ende el crecimiento de las plantas. Una de las ventajas del NFT es que las tuberías /conductos rectangulares es pueden disponerse en muchos patrones, más allá del alcance de esta publicación, y pueden aprovechar el espacio vertical, paredes y cercas, y así como balcones. El agua se bombea desde el biofiltro a cada tubo hidropónico con un pequeño flujo creando una corriente de agua acuapónica rica en nutrientes que fluye por el fondo. Los tubos de cultivo contienen una serie de agujeros a lo largo de la parte superior del tubo en los que se colocan las plantas. Los tubos de cultivo contienen una serie de agujeros a lo largo de la parte superior del tubo en los que se colocan las plantas. A medida que las plantas empiezan a consumir el agua rica en nutrientes, éstas comienzan a desarrollar sistemas de raíces dentro de los tubos de cultivo. Al mismo tiempo, sus tallos y hojas crecen fuera y alrededor de los tubos. La película de agua poco profunda en el fondo de cada tubo garantiza que las raíces reciban grandes cantidades de oxígeno en la zona radicular junto con humedad y nutrición. Mantener un flujo poco profundo permite que las raíces tengan una mayor superficie de intercambio de aire. El flujo de agua para cada tubo de cultivo no debe ser superior a 1–2 l/min. El caudal se controla desde la válvula en Y, y todo el exceso de flujo de agua se devuelve a los tanques de peces. (Somerville, 2022)

6.4. Tubo de cultivo, forma y tamaño

Se recomienda el uso de tubos de PVC al ser de fácil acceso y bajo costo. Se deben usar tubos blancos por cuanto este color refleja los rayos solares, ayudando a mantener el interior de los tubos más frescos. Como alternativa, se sugiere el uso de conductos hidropónicos cuadrados o rectangulares de 10 cm de ancho × 7 cm alto. Los tubos

hidropónicos profesionales para uso comercial tienen esta forma, y también se puede usar postes de valla de vinilo. Siembra en tubos de cultivo, Los agujeros perforados en el tubo hidropónico deben tener entre 7 y 9 cm de diámetro, y deben coincidir con el tamaño de las canastillas disponibles. Debe haber un mínimo de 21 cm entre el centro de cada orificio para permitir un espacio adecuado para las hortalizas de hoja y las hortalizas más grandes. Cada plántula se coloca en una canastilla de plástico, que a su vez se coloca dentro del tubo de cultivo. Esto proporciona un soporte físico a la planta. Las canastillas se llenan con un medio hidropónico de uso general (toba volcánica, lana de roca o LECA) alrededor de la plántula. Si se desea, se puede colocar un tubo de PVC de 5–10 cm de longitud dentro de la canastilla para equilibrar y dar soporte a la planta. Si no se dispone de canastillas de plástico o son demasiado costosos, es posible utilizar vasos de plástico normales para beber, asegúrese de hacer muchos agujeros en el vaso de plástico para que las raíces tengan suficiente espacio en el tubo de cultivo. (Somerville, 2022)

Imagen Nº 7 Diseño de tubo con orificio para cultivo en cultivo hidropónico

Varios tubos de crecimiento mostrando en espaciamento de los orificios

Cuando Nº2 Sistema NFT fortalezas y debilidades

Fortalezas	Debilidades
Más rentables que las camas de cultivo con sustratos a gran escala. Ideal para hierbas y verduras de hoja. Mínima pérdida de agua por evaporación. Sistema liviano. El mejor sistema para azoteas. Métodos de cosecha muy simples. El espacio de los tubos puede ser ajustado por tipo de planta. Bien investigado por empresas hidropónicas comerciales. El menor volumen de agua requerido en comparación con los otros sistemas. Mano de obra mínima para la siembra y la cosecha.	Sistema de filtración más complejo. La bomba de agua y de aire es obligatoria. No se puede sembrar directamente. El bajo volumen de agua magnifica los problemas de calidad de agua. Aumenta la variabilidad de la temperatura del agua y estrés para los peces. Los tubos de ingreso de agua pueden obstruirse fácilmente. Vulnerable a los cortes de electricidad

7. Trabajo de campo

7.1. Instalación del invernadero

para la instalación del invernadero es necesario diseñar y construir la estructura, seleccionar el material tanto para el soporte como para el revestimiento.

El invernadero para el sistema acuapónico se hará con una altura de 2,5 m, con un ancho de 2,50 m de ancho y 5m de largo.

Recolectar todos los materiales necesarios para la construcción	Dia 1
Comenzar limpiando el lugar, para poder sacar mejor las mediciones. Cavar los hoyos para colocar los soportes. Colocar los soportes de bambú para poder enganchar a ellos los tubos que formaran el arco y las cajas huecas.	Dia 2
Colocar el Agrofilm amarillo y proceder a sujetarlo bien. En este caso la puerta será en la parte izquierda de este, al mismo tiempo que en la parte del frente tendrá una parte suelta la cual se podrá levantar hasta cierta parte con el fin de que este no caliente en días de temperatura altas.	Dia 3

Fuente: (Elaboración propia – 2023)

7.2. Instalación del Sistema acuapónico

Para la implementación de este sistema se utilizará un tanque con capacidad de 1000 ℓ de plástico reutilizado del uso de edulcorantes. El cual se iso una gestión para su compra y transportado desde el departamento de santa cruz.

El tanque será cortado para poder adecuarlo para los peces y al sistema acuapónico.

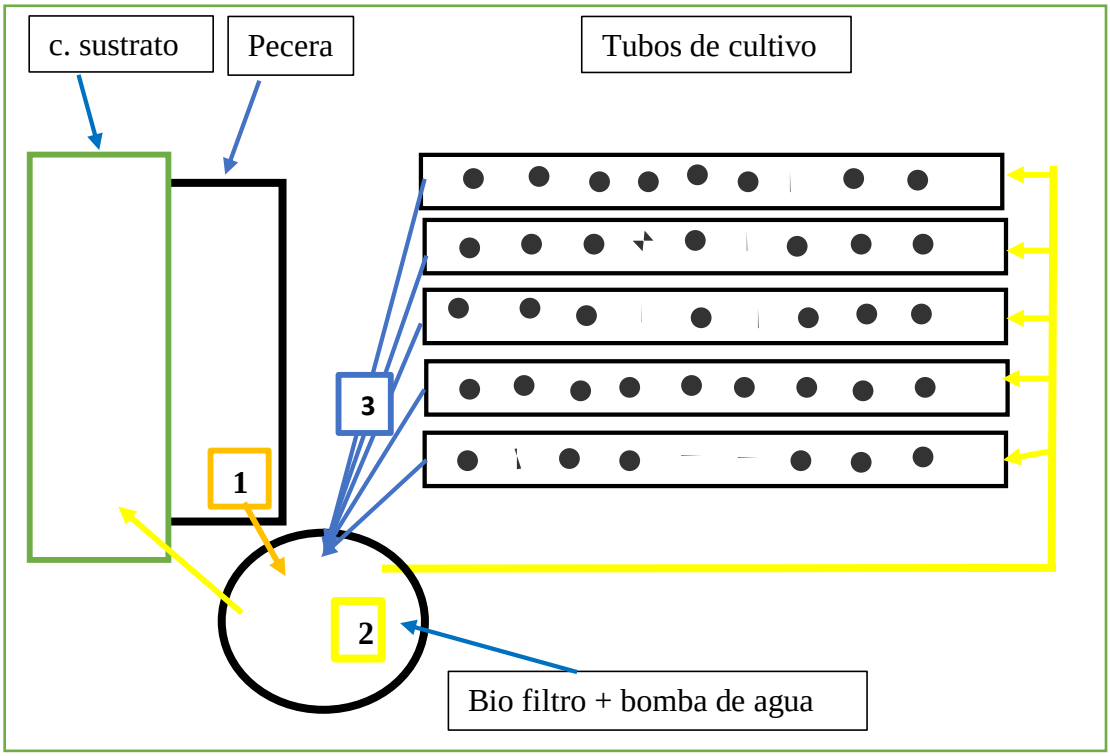
Para la construcción del sistema se comenzará cortando el tanque de 1000 ℓ para esto primero se tendrá que buscar un lugar plano o lugar que facilite el trabajo al momento de utilizar la amoladora, siempre utilizando todas las medidas de seguridad y el respectivo EPP completo para evitar cualquier tipo de accidentes, para un mejor movimiento y manejo de la herramienta usar un alargador a la altura aproximada del primer cuadro que tiene el tanque se tiene que cortar así obteniendo toda la parte de

arriba para poder utilizarla posteriormente para el cultivo de hortaliza con sustratos. Una vez cortado el tanque con la ayuda de una lija, se lija todas las partes que fueron cortadas para que esas partes estén lisas y al mismo tiempo evitar accidentes.

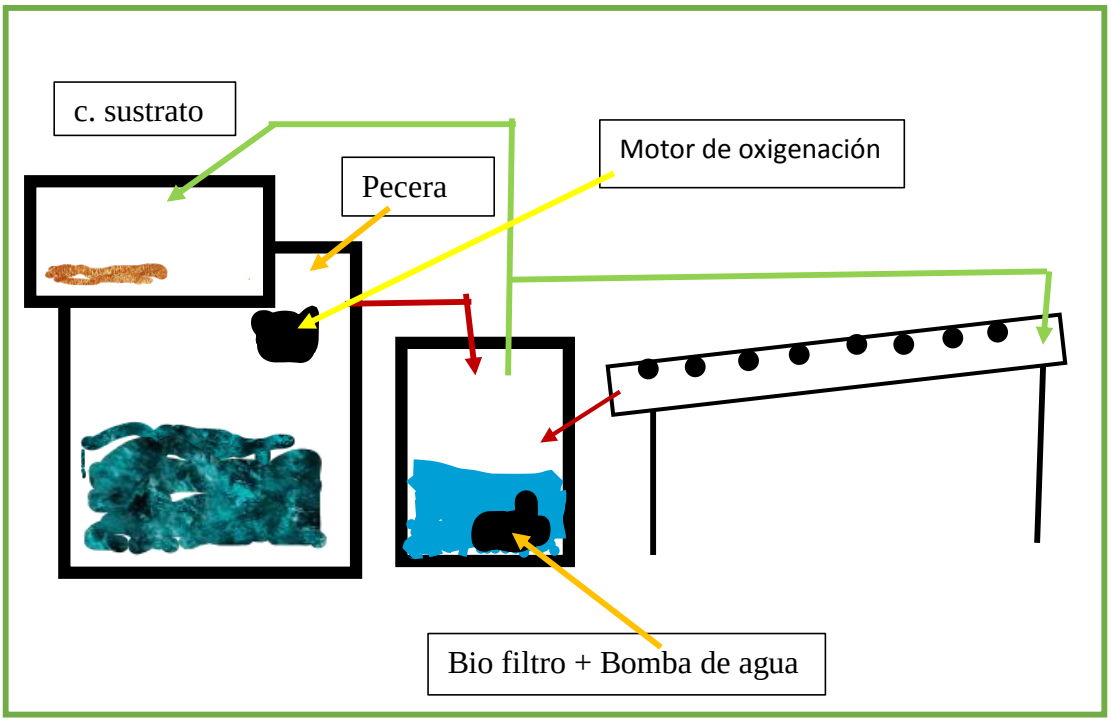
En uno de los lados del tanque a una altura aproximada al tanque de 200 ℓ marcar una medida para un tuvo pvc de 2 plg. Cortar utilizando un taladro y un adaptador copa cierra de 2 1/8 – 54mm. Esto para colocar la tubería de bombeo del tanque.

Cortar el tanque de 200 ℓ a una altura de 20cm de la tapa esto para colocar el filtrador

7.2.1. Plano completo del sistema acuapónico unifamiliar



Fuente: (Elaboración propia – 2023)



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

Estos planos muestran de como quedo el sistema acuapónico una vez terminada su instalación y sin inconvenientes mostrando así cada parte de ellos.

7.2.2. Acuaponía a pequeña escala/doméstica

La acuaponia con unidad de tanque de peces con 1000 ℓ y un espacio para cultivo de 3 m2 son considerados de pequeña escala, y son de tamaño apropiados para la producción doméstica para una familia. Las unidades de este tamaño han sido probadas con gran éxito en muchas regiones del mundo. El propósito de estas unidades es la producción de alimento para la subsistencia y uso doméstico, por cuanto las unidades pueden tener varios tipos de vegetales y hierbas creciendo al mismo tiempo. (Somerville christopher, 2022)

7.3. Instalación sistema para bombeo del tanque:

Desde el fondo del tanque donde estarán los peces simplemente por nivel va rebasar el agua por el tubo lateral de esa manera saldrá toda el agua con los sólidos del tanque hacia el filtrador. El tubo pasara a través del tanque.

Para el cual se necesitará:

- 1Tubo PVC de desagüe 2 plg de 50cm
- 1tubo PVC 2 plg De 58cm
- 1 tubo PVC 2plg de 15cm
- 2codos de 90 grados de 2plg.
- 1 T de 2plg.
- 1 poxilina

Cortar la parte de la entrada del tanque de 200L a una altura aproximada de 15 cm con una cierra de mano para luego lijarla con una lija.

7.4. Instalación sistema para el bombeo de biofiltro:

La bomba de agua es el motor del sistema acuapónicos, dirige el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de estos la reenvía de vuelta al tanque en un sistema cerrado de recirculación. La circulación del agua generada por la bomba, garantiza que las plantas y las bacterias reciban sus nutrientes, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque.

La bomba de agua se activa manualmente o a través de un "timer" el cual se programa según las necesidades y características del sistema. El mercado ofrece una gran variedad de bombas de agua, desde sumergibles o externas, de diferentes potencias, caudales y alturas máximas de bombeo, por lo que la escogencia del tipo de bomba dependerá de las particularidades del sistema acuapónicos (Colagrosso. 2014).

Dentro del tanque se introducirá una bomba sumergible de agua de 2000 ℓ/h el cual ayudará a que el agua pueda impulsarse desde el tanque de los peces al sistema NFT.

Se utilizo para colocar en la bomba sumergible y cual sirve para recircular el agua, agua que ira en dirección de la cama de hidroponía, al tanque de peces y subir hasta la cama de sedimentos.

- Se utilizará 1Tubería PVC de ½ plg de presión de 70 cm
- 1 tubería de ½ plg de 30cm
- 1 tubería de ½ plg de 4cm y 1 de 7cm

- 3 codos de 90 grados de ½ plg
- 1T de ½ plg
- 1 llaves de paso de media plg

Se nivelará el lugar donde estará el tanque de 1000 ℓ. y para el tanque de 200 ℓ se cavará un hoyo de aproximadamente de 35cm de profundidad hasta ver que la parte de arriba este nivelada a la entrada del sistema de bombeo del biofiltro.

Se cargará una cantidad de 100 ℓ de agua la misma que será recolectada de lluvia para el sistema cada semana que repondrá de la cantidad gastada de la absorción de la lechuga y por el gasto de la evapotranspiración.

7.5. Instalación Bomba de aireación

Los peces necesitan la presencia de oxígeno disuelto en el agua para su sobrevivencia y desarrollo. También las raíces de las plantas se ven beneficiadas por la presencia de oxígeno disuelto en el agua del sistema, ya que previene la pudrición de las raíces al estar sumergidas durante el paso de esta a través del sistema hidropónico. La concentración mínima de oxígeno disuelto varía según la especie cultivada (Colagrosso. 2014).

Para este sistema se utilizará un motor aireador con una capacidad de 1400 ℓ/h esto ayudará a que el agua pueda estar con oxigenación.

7.6. Instalación y construcción del sistema hidropónico (cama NFT)

Los tubos PVC de 3 plg. Con una medida de 4 m de largo cortar a la mitad obteniendo así una medida de 2 m cada uno, obtener 5 piezas de ese tamaño cada uno de los tubos tendrá 9 hoyos los cuales estarán cortados con taladro y adaptador copa de cierra de 2 1/8 – 54mm estos estarán a una distancia de 20 cm cada uno.

Con la ayuda de una lija, lijar cuidadosamente cada uno de los hoyos de cada tubo para que estos queden lisos.

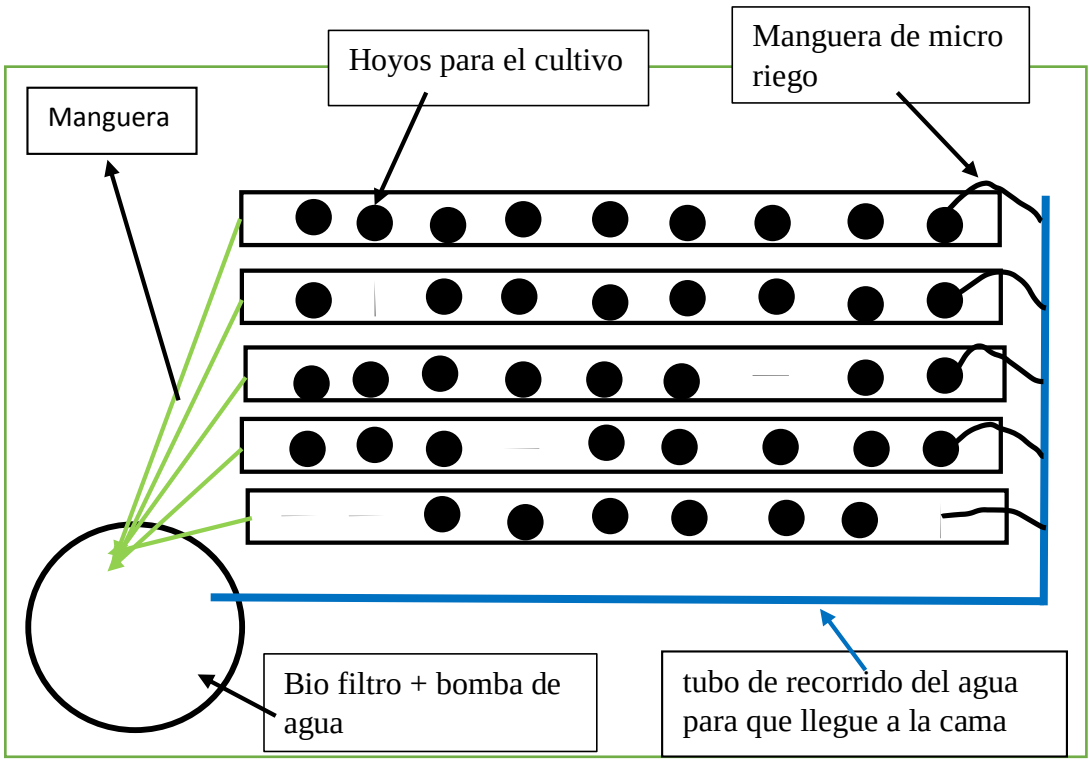
En la salida derecha de cada uno de los tubos se hará un hoyo en cada una de las tapas de estos para colocar la manguera de jardín las cuales estarán pegadas con la ayuda del pegamento poxilina y así ayudar a que el agua de la cama llegue al tanque de filtración.

Medidas de largo de cada manguera del tubo PVC al tanque de filtración:

1) 1.29 m
2) 1.10 m
3) 89.5 cm
4) 95cm
5) 61cm

En la parte derecha de cada tubo se hará un pequeño hoyo para colocar la manguera de riego esto para que el agua circulada con la tubería del biofiltro llegue a la cama NFT.

7.6.1. Plano de sistema hidropónico NFT



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

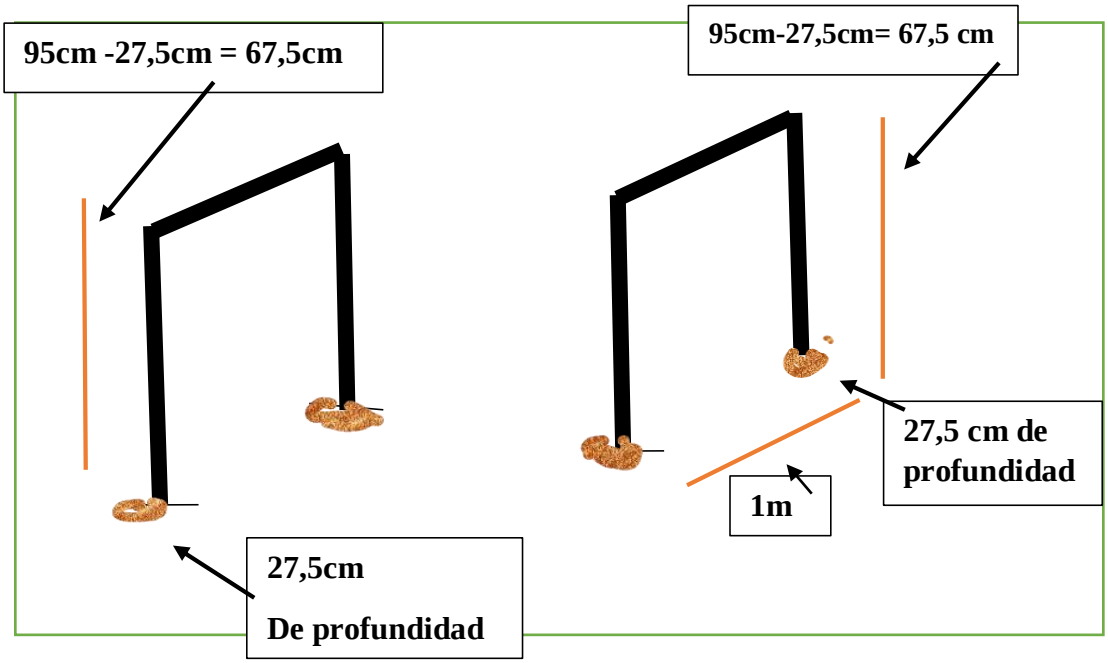
Este plano muestra los resultados de cómo se implementó y resulto sin ningún inconveniente el cual cuenta con 45 orificios para los cuales se usó para cultivo de lechuga.

7.6.2. Caballetes

Los caballetes tendrán una altura de 95cm y 1m de largo, el que ira en la parte derecha se metió a un hoyo en el suelo a una profundidad de 27,5 cm y el de la parte que se encontrara en la izquierda a una profundidad de 23 cm.

Cada tubo se colocará encima de los caballetes para formar la cama NFT amarrados con un sujetador de plástico para evitar movimiento y este bien estático los cuales estarán a una distancia de 10 cm cada uno, con una distancia de 40 cm al tanque donde se encontrarán los peces.

7.6.2.1. Plano de los caballetes



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

7.7. Componente hidropónico (NFT)

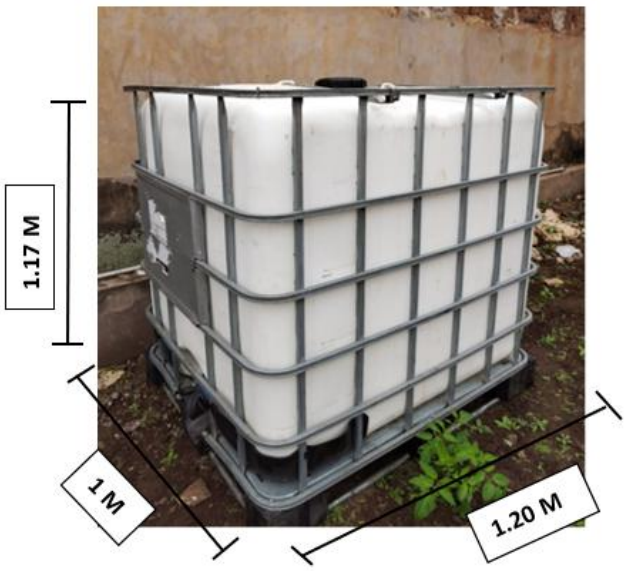
Los sistemas NFT dentro de la acuaponia, son de los más difundidos en el rubro hidropónico. Esto se debe a una instalación práctica y a su amplia versatilidad a la hora de configurarlos en el espacio, ya que pueden ser ubicados de tal forma que ocupen muy poco espacio. A su vez, al ser tan delgada la película de agua que corre por los canales, ésta siempre se encontrará bien oxigenada, lo que permite que solo deba oxigenarse el agua del contendor de los peces (Colagrosso. 2014).

7.8. Instalación de los tanques para los peces

Los tanques de peces son un componente crucial en cada unidad. Como tal, los tanques de peces pueden representar hasta el 20 % del costo total de una unidad acuapónica. Los peces requieren ciertas condiciones para sobrevivir y prosperar, y por lo tanto el tanque de peces debe ser elegido sabiamente. Hay varios aspectos importantes a considerar, incluyendo la forma, el material y el color. Es importante elegir un tanque que se adapte a las características de las especies acuáticas criadas porque muchas especies de peces prefieren la parte inferior del tanque y muestran un mejor crecimiento y menos estrés con un espacio horizontal adecuado (Carruthers, 2015).

Para este trabajo se utilizará un taque de proporción de 1000 ℓ con la capacidad de alojar a 40 unidades de alevines de carpa común, material de plástico con una forma cubica de color blanco que reflejara la luz del sol y mantendrá al agua del tanque fresca y para que se tenga una mejor vista de los peces durante su desarrollo, verificar su comportamiento y la cantidad de desechos depositados en el fondo del tanque así también poder observar la calidad y color del agua

Imagen Nº 8 Tanque para los peces



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

En la imagen se ve las medidas del tanque donde se encontrarán los peces (carpa común).

Volumen tanque = largo x ancho x altura

Volumen tanque = 1,20m x 1m x 1,17m

Volumen tanque = 1,40 m3

7.8.1. Tapa y sombra

El tanque deberá estar siempre cubierto así ayudará a evitar el crecimiento de algas el ingreso de hojas u algún tipo de basura y más que todo que los peces salten y se salgan de él, al mismo tiempo esto evitará el acercamiento de algún gato, pájaro, etc. Que pueda dañar a los peces.

7.9. Las Bacterias

Las bacterias son un aspecto crucial y fundamental de la acuaponia, sirviendo como el puente que conecta el residuo de los peces con el fertilizante de la planta. Este motor biológico elimina los desechos tóxicos transformándolos en nutrientes de las plantas accesibles.

El papel vital de las bacterias nitrificantes con respecto al proceso acuapónico en general. Las bacterias nitrificantes convierten los residuos de peces, que entran en el sistema principalmente como amoníaco, en nitrato, que es fertilizante para las plantas (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación FAO, 2014).

En un sistema acuapónico se puede detectar la presencia de esas bacterias, o mejor dicho su actividad, a través de un análisis del agua. Una vez liberados los peces en el tanque, las excretas que ellos producen aumentan el nivel de amonio, siendo las bacterias Nitrosomonas sp. Las primeras en colonizar el sistema y las encargadas de transformar el amonio en nitrito. De esta forma, la concentración de amonio tiende a bajar y aumenta el nivel de nitritos; a este punto comienzan a aparecer las bacterias Nitrobacter. Que trasforman los nitritos en nitratos (Colagrosso, 2014).

Cuadro Nº 3 Cultivo de bacterias

PROCESO	INSUMO	CONTROL
Compra de las bacterias		Observación a calidad e investigación sobre las bacterias
cultivo de las bacterias al tanque de biofiltro	Guante de látex	Forma manual abrir la capsula y echar al agua 3 capsulas cada 2 días. Terminada las 12 capsulas hacer el mismo procedimiento con el Stability
Alimentación de las bacterias	Pan molido	Echar el alimento manualmente
Final de maduración	Maletín set completo de amonio, nitrito y nitrato	Forma visual observar el color del agua que llegue a un color un poco turbio claro Medir parámetros para ver la calidad del agua

Fuente (Elaboración propia - 2023)

Antes de iniciar el cultivo en el sistema acuapónico se realizó un proceso de maduración del filtro biológico utilizando capsula de bacterias (Neo cap bacter) y el producto stability del fabricante seachem. El cual actuaron bacterias aerobias, anaerobias y facultativas en el sistema aproximadamente 2 semanas. En la primera semana se utilizó en capsulas cada 2 días, en la siguiente semana el stability 100 ml cada 2 días.

Para calcular la cantidad de ml del stability se realizó una regla de 3, el cual indica que debe utilizar 5ml por cada 40 ℓ.

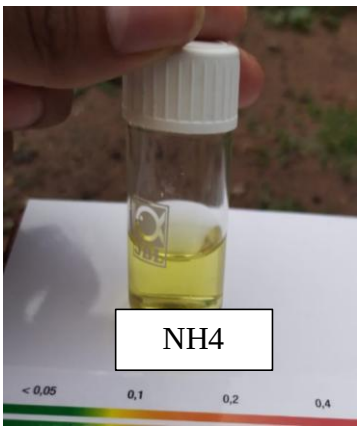
Tanque de peces trabajo con 600 ℓ de agua, 130 ℓ tanque de biofiltro y aproximadamente 70 ℓ de agua en la cama de sustrato, llegando así a trabajar el sistema en total con 800ℓ.

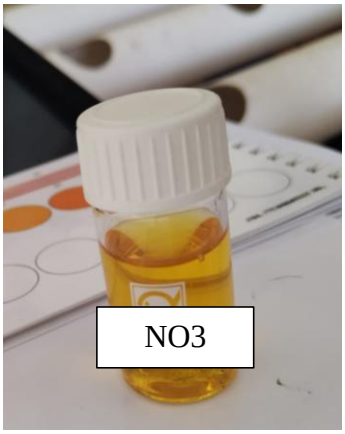
5ml …… 40 ℓ

X ……. 800 ℓ

$$X = \frac{800x5}{40} = \mathbf{100ml}$$

se tomaron medidas de amonio, nitrito y nitrato por medio de test de colorimetría usando el kit de maletín (Pro aquatest jbl). Una vez presentando los niveles adecuados





se procedió a realizar el cultivo de lechuga y alevines de carpa común, amonio con 0.08, nitrito 0,6 y nitrato 40 ppm. Medidas comparadas con el cuadro Nº 7 según la ODS.

7.10. Instalación de la cama para cultivo en sustrato

La cama de cultivo con sustratos puede ser hecha de plástico, fibra de vidrio o una estructura de madera con láminas de caucho o polietileno impermeables en la base y en el interior de las paredes. Las camas de cultivo con sustratos más populares están

hechas de contenedores de plástico, recipiente intermedio para graneles (RIG) modificados o incluso tinas de baño. Es posible usar todos los tipos de arriba mencionados si cumplen con estos requerimientos:

- Son fuertes para mantener agua y sustrato de crecimiento sin romperse;
- Pueden soportar condiciones climáticas extremas;

- Fabricado con material de calidad alimentaria seguro para peces, plantas y bacterias;
- Puede conectarse fácilmente a otros componentes de la unidad a través de simples piezas de fontanería; y pueden colocarse cerca de los demás componentes de la unidad. (FAO589 Organizacion de la alimentacion y agricultura, Naciones Unidas, 2022)

Para la construcción de la cama de sustrato en este sistema se utilizó la tapa cortada del tanque de 1000 l y llenado con sustrato del mismo rio de donde se extrajo el agua para los pescados.

fotografía de la cama de sustrato como base piedra del rio

PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO PRODUCIR HORTALIZAS Y PECES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE DOS MÉTODOS DE CULTIVO COMO LA ACUICULTURA Y LA HIDROPONÍA SE REALIZARÁ LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

8. Descripción de cada uno de los productos y sus características

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN DESCRIPTIVA
Lechuga Crespa	Son grandes, rectas y compactas. Las hojas por lo general son de color verde claro, pero también existen con tonalidades rojas, onduladas y de bordes muy crespos. Por cada 100g de lechuga, encontramos: • Calorías: 18 kcal • Proteínas: 1,3 g • Grasas: 0,2 g • Hidratos de carbono: 1,4 gr Fibra: 1,5 gr	
Pez carpa común	La carpa común puede llegar a medir 1,2 m de largo y pesar hasta 40 kg, aunque normalmente, en estado adulto, mide de 60 a 90 cm, y su peso ronda los 9 kg. Nada formando cardúmenes; es omnívora, y resistente a una gran variedad de condiciones climáticas. **Composición por 100gr de porción comestible - Datos 2019 / BEDCA** Calorías 116 Proteínas (gr) 17,75 Grasas (gr) 4,95 Hierro (mg) 1,05 Potasio (mg) 340 Fósforo (mg) 277,5 Magnesio (mg) 33 Selenio (mcg) 12,6 Zinc (mg) 1 B2 o Riboflavina (mg) 0,06	

	B6 o Piridoxina (mg)	0,17	
	B12 o cianocobalama (mg)	1,75	
	Vitamina A (mcg)	44	
	Vitamina E (mg)	0,56	

Fuente: (Dirección de promoción y desarrollo económico productivo ``Eco Fish``)

8.1. Procedimiento de cultivo de lechuga

Cuadro. Nº4 Procedimiento de cultivo de la lechuga

PROCESO	INSUMOS	EQUIPO/ HERRAMIENTA	CONTROL
Compra de Plántulas	Bandejas plásticas	Vehículo de transporte	La observación visual de la calidad de acuerdo a su porte, tamaño, color, raíz.
Trasplante al sistema re circulatorio nft.	Canastillas de vasos descartable y espuma plast. De 2cm de grosor cortadas 3x3 cm	Tuberías perforadas sistema nft	Trasplante y adecuación. Manipulación y observación del crecimiento de tallo y raíces.
Control de calidad de agua ph, nitritos-nitratos, amonio)	Vaso de Erlenmeyer de 100 mg. Maletín de test completo.	Medición de la calidad de agua ph (Digital) Amonio Nitritos Nitratos Temperatura	Control semanal
Control de color de raíces, color de las hojas		Regla	Manipulación y observación de las raíces de las plántulas para ver el color y conocer su salud. De la misma manera con las hojas de las hortalizas para ver deficiencias

Fuente (Elaboración propia - 2023)

Imagen Nº 9 Proceso de plantación, medición y observación de las lechugas a la cama hidropónica.

Foto Nº 1

Plántulas de lechuga listas para colocar a los canotillos realizados con vasos de plástico.

Foto Nº2

Medición tamaño de la lechuga

Foto Nº 3

Lechuga colocada en esponja

Foto Nº4

Medición de la raíz

8.2.Proceso de cultivo y adecuación del pez Carpa Común

Cuadro Nº 5 Proceso de adecuación y control de los peces

PROCESO	INSUMOS	EQUIPO/ HERRAMIENTA	CONTROL

Compra de alevines	Bolsa plástica de transporte	Vehículo de transporte	Observación visual de la calidad de acuerdo al tamaño y color de los peces
Adecuación de los alevines al sistema	Agua con ph de 6.5 a 8. Temperatura de calidad de 20ºc. Presencia de fitoplancton en el tanque	Tanque de plástico de 1000 lt con agua oxigenando	Control de ph y temperatura del agua del tanque
Control de calidad de agua (ph, nitritos-nitratos, amonio)	Vaso de Erlenmeyer de 100 mg. Maletín de test completo.	Medición de la calidad de agua ph (Digital) Amonio Nitritos Nitratos Temperatura	Control semanal
Pesaje y control de salud de peces.	Recipientes plásticos	Balanza digital Rede mediana de mano.	Pesaje cada 15 días de acuerdo a peso y tamaño.
Pesaje y control de salud de peces	Recipientes plásticos	Balanza digital Red mediana de mano	Pesaje cada 30 días de acuerdo a peso y tamaño

Fuente (Elaboración propia - 2023)

Imagen Nº 10 Proceso de transporte, observación, medición de los peces carpa común al sistema

Foto Nº1

Embolsamiento de los peces listos para tu traslado con un promedio de 4,5 cm de tamaño.

Foto Nº2

Proceso de medición de los peces

8.3. Medición de parámetros (Amonio, Nitrito, Nitrato)

Cuadro Nº 6 Procedimiento de las mediciones de parámetros del agua

Reactivo	procedimiento
Amonio	Enjuagar el frasco del test varias veces con el agua que se va a analizar. Vertir una muestra de agua de 5ml con una jeringa. Añadir 4 gotas del reactivo 1,4 gotas del reactivo 2 y 5 gotas del reactivo 3, mezclar agitando el recipiente y dejar reposar unos 10 min. Hasta que el color re revele completamente Comparar con la tabla de escala de colores, la concentración debe ser <1
Nitrito	Enjuagar el frasco del test varias veces con el agua que se va a analizar. Vertir una muestra de agua de 5ml con una jeringa. Añadir 5 gotas del reactivo 1 y 5 gotas del reactivo 2 agite el recipiente para mezclar y dejar reposar 5 min. Hasta que el color se revele completamente Comparar con la tabla de escala de colores, la concentración debe ser un Rango de 0 a 0.5 ppm o 1<
Nitrato	Enjuagar el frasco del test varias veces con el agua que se va a analizar. Vertir una muestra de agua de 10 ml con una jeringa. Añadir 1 una cucharada del reactivo 1 y 6 gotas del reactivo 2 agitar bien hasta que no queden restos de polvo gris. Comparar con la tabla de escala de colores, la concentración debe ser 150 ppm

Fuente (Elaboración propia - 2023)

PARA EL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO ANALIZAR LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS Y PECES BAJO EL SISTEMA ACUAPÓNICO DE MANERA UNIFAMILIAR SE REALIZARÁ LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

9. Monitoreo

9.1. Monitoreo al crecimiento de los peces.

Se realizó el monitoreo frecuentemente al crecimiento de los peces para:

- Identificar problemas que pueden presentar durante el crecimiento, como enfermedades, presencia de depredadores y competidores de oxígeno y alimento.
- Déficit de crecimiento

El monitoreo se realizó en el mismo lugar cada 30 días, se evalúa el 5 – 10% de la población de peces. La captura se realiza con una red de arrastre luego procedemos a sacar el peso, tamaño promedio de los peces para calcular cantidad de alimento.

En el cuadro se muestra el promedio de su peso y tamaño tomados durante su crecimiento.

Tabla Nº1 Control de crecimiento de los peces

PESO g	TAMAÑO cm	PROCESO
8	4,50	Mes inicial
15	8,20	Segundo mes
26	11	Tercer mes
32	14,25	Cuarto mes
41	16,75	Quinto mes

Fuente: (Elaboración propia – 2023)

A comparación con otras bibliografías se vio que se obtuvo resultados menores, mostrando un peso casi normal para el tamaño, pero un crecimiento lento. Esto

pudiendo ser por estrés, calidad del alimento o cantidad inadecuada por incumplimiento de alimento en los días previstos.

9.2. Frecuencia de muestreo de la calidad del agua

La primera muestra que se realizara será a las 08:00 h de la mañana para conocer en que parámetros de calidad de agua se encuentre para saber si se lo tiene que modificar o no y una vez observando que esta todo bien recién se procederá dar el alimento a los peces.

La segunda muestra se realizará a las 17:00 h de la tarde para conocer qué tipo de calidad de agua estamos dejando al momento de apagar el sistema

En total se trabajará 9 h al día en que recircula el agua una vez apagada el sistema el resto de las horas solo quedará en funcionamiento la bomba de aire y luego las muestras tomadas serán comparadas con las del día siguiente y así ver cómo va el sistema con la calidad de su agua en cuanto a sus parámetros.

Tabla Nº2 Mediciones de (amonio, nitrito y nitrato) para la calidad del agua

Tipo de Organismo	ph	Amoniaco (mg/ℓ)	Nitrito (mg/ℓ)	Nitrato (mg/ℓ)
Peces de agua fría	6-8,5	<1	<0,1	<400
Plantas	5,5-7,5	<30	<1	-
Bacterias	6-8,5	<3	<1	-

Fuente: ODS 2020

En las mediciones realizadas en el proceso del sistema se fue haciendo un monitoreo el cual se esperó hasta obtener los indicados para su posterior cultivo de la hortaliza (lechuga) y pez carpa común.

Luego del cultivo se siguió haciendo el monitoreo de los parámetros el cual en los primeros 2 meses se obtuvo un rango normal para el sistema de acuerdo al rango

indicado en el cuadro Nº7, a partir del tercer mes en amonio se mantuvo a <1 el nitrito a 0,7 y nitrato 30 ppm. En el cuarto mes nitrato subió a 60 ppm y último mes el amonio a 0.8, nitrito 0,3 y nitrato 55 ppm.

Estos cambios que se vieron en los análisis de los parámetros del agua en el sistema se deben a causa de un fallo en la filtración, falta de agua en el tanque de bombeo así evitando la circulación.

Tabla Nº 3 Horario de funcionamiento de la bomba y filtración

HORA DE ENCENDIDO (am)	HORA DE APAGADO (pm)
08: 00	08:15
09:00	09:15
10:00	10:15
11:00	11:15
12:00	12:15
13:00	13:15
14:00	14:15
15:00	15:15
16:00	16:15

Fuente: (Elaboración propia – 2023)

9.3. Monitoreo de las lechugas

El seguimiento que se lo va dar a las lechugas será de manera visual en los primeros días o semanas depende como va su crecimiento, formación de hojas y color, asimismo controlando los parámetros del agua.

Cuadro Nº 7 Control de proceso de crecimiento de la lechuga

Tamaño de Hoja	Raíz	Tiempo de Crecimiento	Imagen de referencia
5 – 6.5 cm	Raíz: 3cm	Semana Inicial	
8 – 10 cm	Raíz: 5cm	Segunda semana	
9 – 12 cm	Raíz: 6 – 7,5 cm	Tercera semana	
10,5 – 14,5 cm	Raíz: 7 – 9 cm	Cuarta semana	
16,5 – 17	**Raíz: 8**	Quinta semana	

17,3 – 17,6	**Raíz: 9**	Sexta semana	

Fuente (Elaboración propia - 2023)

En el proceso de crecimiento de las lechugas se pudo observar un color adecuado que no hubo cambios desde el principio, asimismo con la raíz, únicamente con algunos cambios realizados en los parámetros ocasionó un pequeño crecimiento de tallo en algunas de ellas asimismo demorando un mes más de su crecimiento previsto.

9.4. Cultivo lechuga en suelo

Se realizó el cultivo en suelo de hortaliza (lechuga) con el propósito de poder hacer una comparación de las mismas monitoreando así su crecimiento, color, y las semanas que terminan su crecimiento total para consumo.

Pero bien se sabe que la cosecha de lechuga cultivada en suelo tarda 2 a 3 meses aproximadamente para su consumo.

Foto de cultivo de lechuga en suelo después de 2 semanas de su trasplante de plántula con un tamaño de hoja de 3 – 4,5 cm

Imagen Nº 11 Cultivo de lechuga modo tradicional

foto de una semana luego de su siembra con un tamaño promedio de 4 cm.

Foto de lechuga en sus 7 semanas luego de su cultivo. Aclarando que algunas lechugas tuvieron más lento su crecimiento durante las semanas mencionadas.

Foto de lechuga a sus 3 meses lista para su cosecha con una altura de 17,5

Imagen Nº 12 Control de lechuga en cultivo en cama como sostén piedras del rio

Cultivo de lechuga luego de 1 semana de su trasplante en plántula con un tamaño de sus hojas de 6,5 – 8cm

En el procedimiento de su crecimiento de lechuga en cultivo de cama como sostén piedra del rio se obtuvo un crecimiento de hoja moderadamente, únicamente con crecimiento de tallo el cual a pesar de los cambios de los parámetros se debió al uso de un solo sustrato, concluyendo así Asus 6 semanas con un promedio de 15 cm de altura.

Foto de lechuga en cultivo en sustrato con crecimiento de tallo en su cuarta semana.

9.5. Alimento de los peces

La cantidad de alimento que se suministrará diariamente a los peces se realizó considerando la relación del peso del pez. Castañon et al., (2001), menciona que la cantidad debe ser el 5% del peso total de los peces.

Para calcular la cantidad de alimento se procederá a pesar y determinar el peso promedio de los peces en una fuente, este resultado será multiplicado por el número total de peces que se tiene en el tanque.

Posteriormente mediante una regla de tres se calculará la cantidad de alimento que se proporcione a los peces diariamente.

Para un promedio de peso de 8 gr del pescado y una cantidad de 37 peces se les dio 14,8 gr de alimento.

Conforme iban amentando su tamaño y peso se fue haciendo los cálculos para darle la cantidad de alimento.

9.6. Calidad de alimento para los peces

El alimento que se dará a los alevines de carpa común será alimento balanceado y alimento en copos o escama ya que ellos necesitan un alimento blando el cual tiene muchas ventajas para este, contiene grasas, escama de pesado, harina de pescado, vitaminas y proteínas necesarias para su alimentación y buen crecimiento.

Una vez las carpas con unos meses de crecimiento se le cambiara el alimento a uno en grano de igual manera saludable.

10. Cálculo de alimento

10.1. Cálculo de alimento de los peces en su etapa alevines

Peso promedio de los peces: 8 gr

Nº total de peces en el tanque: 37 peces etapa alevín

Mortalidad: 3

Peso total de peces: 296 gr

Nivel de alimentación: 5%

296gr …….. 100% del peso total de los peces

X …… 5% del peso total de peces

X= 14,8 gr

El alimento que se proporcionó a los peces en etapa alevín es de 14,8 gr.

10.2. Cálculo de alimento de los peces en su etapa de juvenil

Peso promedio de los peces: 26 gr

Nº total de peces en el tanque: 35 peces etapa juvenil

Mortalidad: 2

Peso total de peces: 910gr

Nivel de alimentación: 5%

910gr ……..100% del peso total de los peces

X ……. 5% del peso total de peces

X= 45,5gr

El alimento que se proporcionó a los peces en su etapa juvenil es de 45,5gr.

A partir de su cuarto mes y quinto los peces de carpa comen tuvieron un crecimiento muy bajo por el cual se les fue dando la misma cantidad de alimentación. Esto por algunas fallas en el sistema y parámetros que no se controlaron bien en el momento.

11. Costos del sistema propuesto

Tabla Nº 4 Materiales y costos del sistema Acuapónico unifamiliar

Activos	Cant.	Precio Ud. Bs.	Monto total Bs.	Imagen Referencial
Tanque de 1000 l	**1**	**1.000**	**1.000**	
Tanque de 200 l	**2**	**200**	**400**	
Bomba sumergible 2000 l/h	**1**	**350**	**350**	

Timer	**1**	**115**	**115**	
Higrómetro digital	**1**	**115**	**115**	
Bomba de aireación	**1**	**75**	**75**	
Manguera de jardín	**5m**	**2,50**	**12,50**	
Tubo pvc de desagüe de 3 pulg.	**3**	**42**	**112**	
Tapas de tubo 3 pulg.	**10**	**3,50**	**35**	
Tubo pvc de desagüe de 2pulg.	**1**	**35**	**35**	

Tubo pvc de ½ pulg.	**2**	**32**	**64**	
Codos de 2 pulg.	**2**	**3**	**6**	
T 2 pulg.	**1**	**4,50**	**4,50**	
Codos de ½ pulg.	**3**	**2**	**6**	
T ½ pulg.	**2**	**2,50**	**5**	
Llave de paso de ½ pulg.	**2**	**10**	**20**	
Pegamento de tubo	**1**	**6**	**6**	

Nitro bacterias	**1**	**45**	**45**	
Estabilizador	**1**	**170**	**170**	
Medidor digital 7 parámetros	**1**	**520**	**520**	
Canotillos (vasos de plástico)	**45**	**3,50**	**3,50**	
Malla o red de pesca	**1**	**45**	**45**	
Cesto de plástico (colador)	**1**	**35**	**35**	
Micro tubo de 6x5 mm	**5**	**9**	**45**	

Rieldin 10 cm	**1**	**18**	**18**	
Térmico 20 amperios	**1**	**20**	**20**	
Total			**Bs. 3262,50**	

Fuente (Elaboración propia – 2023)

Tabla Nº 5 Costo de materia Prima (insumos):

Activos	Cant.	Precio Unid. Bs	Monto Total Bs.	Imagen Referencial
Alevines de carpa común	40 u cada 5 meses	2	80	
Plántulas	45 u cada 6 semanas	5	10	
Alimento balanceado	4 bolsas de 1 kg	100	400	

Alimento en copos o escama	1 bolsa 250gr	75	75	
Maletín de test de NO2, NO3, NH4, CO2, KH	1	750	750	
Total			**Bs. 1315**	

Tabla Nº 6 Costo de electricidad

Activos	Cant.	Precio Unid. Bs.	Precio Bs/KW. 0.93	Monto Total Bs.
Bomba sumergible 2000 ℓ/h	**1**	**KW/mes**	**30 KW/5 meses x 0,95 bs**	**142,50**
Motor aireador 1400 ℓ/h	**1**	**KW/mes**		

Tabla Nº 7 Costo de material de invernadero

Material	Costo (Bs.)
Agrofilm 6x8 250 micrones	**510**
Alambre	**10**
3 tubos ½ plg	**96**
Total	**616**

Costos

CT= MP+E+I+SA

CT=Materia Prima+ Electricidad+ Invernadero+ Sistema Acuapónico

CT= 1315+ 142,50+616+3262,50

CT= 5336Bs

RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Cultivo de plantas

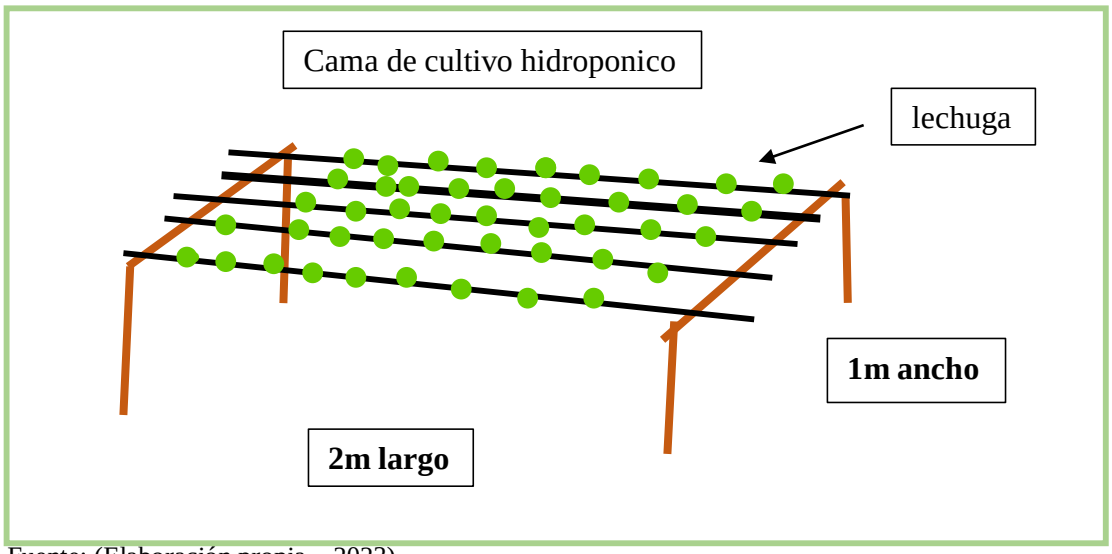
Se desarrollo dos tipos de cultivo de lechuga el primero en un sistema hidropónico de cama NFT, y el segundo cultivo con cama como base de sostén piedras del rio, las cuales llegaron a su tiempo con un crecimiento normal en 6 semanas con un promedio de 17,45 cm de altura, la cual durante toda su etapa de crecimiento no se observó ninguna amenaza de plaga logrando que esta crezca sana.

2. Cultivo de peces

El cultivo de peces tuvo una duración de 5 meses, el cual inicio con 40 alevines, el tercer mes con 35 peces hasta su final. esto debido a estrés o poca alimentación que tuvieron los peces, Al llegar los alevines se iso una cuarentena de media hora para su acoplamiento con la temperatura y estado del agua, cada mes 5 a 6 peces fueron retirados para su toma de medidas y peso llegando al quinto mes con un crecimiento de 16,75 con un peso de 41 gr.

3. Rendimiento de cultivo

Finalizando la cosecha en el cultivo de la cama hidropónica se sacó el rendimiento del mismo.



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

Área = largo * ancho

A = 2m *1m

A= $2m^2$ 1ha = $10.000m^2$

$2m^2$……. 45 lechugas

$10.000m^2$…… x → 225.000 $^{lechuga}/_{ha}$

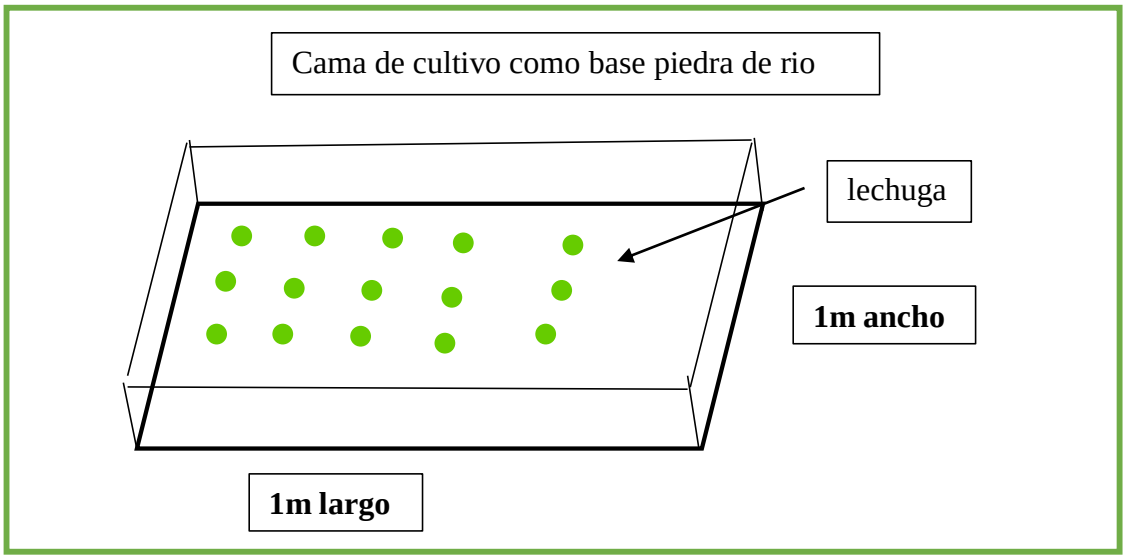
1 lechuga → 3 Bs

1 lechuga…….3 Bs

225.000 $^{lechuga}/_{ha}$……..x → 675.000 $^{Bs}/_{ha}$

Dando un resultado en su rendimiento de 675.000 Bs por hectárea.

Para la cosecha realizada en el cultivo de la cama como sostén piedra del rio se sacó su rendimiento.



Fuente: (Elaboración propia – 2023)

Área: largo * ancho

A: 1m*1m 1ha = 10.000m^2

A: 1 m^2

$1m^2$……15 lechugas

10.000m^2……..x ⟶ 150.000 $^{lechuga}/_{ha}$

1 lechuga ⟶ 3Bs

1 lechuga…….3 Bs

150.000 $^{lechuga}/_{ha}$……..x ⟶ 450.000 $^{Bs}/_{ha}$

Dando así un rendimiento de 450.000 Bs por hectáreas

4. Costo aproximado de cultivo en el sistema

Se sabe que el costo inicial de inversión en el sistema fue de 5336 Bs.

sacando con una duración mínima del nylon Agrofilm de 250 micras de 10 años, cada año se tendría un valor de 533,6 Bs. para llegar al costo inicial de la inversión.

si el sistema obtuvo el cultivo durante 6 semanas, llegaría a tener 6 cultivos al año.

poniendo al precio del mercado de la lechuga de 3 Bs. sabiendo que la cama hidropónica tiene una capacidad de 45 y cama con sustrato de 15 unidades:

45+ 15 = 60 lechugas en el sistema

60 lechugas * 3Bs. = 120 Bs. cada cultivo

120 BS. * 6 meses = **720 Bs.** de ganancia al año de lechuga

trabajando con una capacidad de 37 peces al precio del mercado de 10 Bs.

37*10 = 370 Bs serian la ganancia cada 5 meses

suponiendo que se cultive 2 veces al año los pescados carapa común, se obtendría

370 * 2 = 740 Bs. al año

sumando en total la ganancia del sistema acuapónico de lechuga 720 Bs. y de peces 740 Bs. nos daría un total de **1.460 Bs** al año.

El cual en unos 4 años aproximados ya se recuperaría la inversión inicial tomando en cuenta los 10 años mínimos de duración del Agrofilm quedando así los 6 años restantes de ganancia.

5. Altura de hoja de lechuga

Se utilizo una regla plástica para la medición de altura de la lechuga la cual se tomó como punto cero el tallo y se midió hasta la parte final de la hoja.

5.1. Ganancia de altura

A partir de los resultados de altura final y altura inicial se determinó la ganancia de altura en centímetros y ganancia de altura porcentual utilizando la siguiente ecuación.

$$\textbf{Ganancia de altura (cm)} = Hf - Hi$$

$$\textbf{Ganancia de altura (\%)} = \frac{Hf - Hi}{Hf} x100$$

Donde Hf corresponde a la altura registrada el día de la cosecha y Hi la altura registrada el día inicial.

Se calculó la longitud de la hoja de lechuga con un promedio inicial de 5,75 cm y al finalizar su ciclo de cultivo de duración de (6 semanas), se obtuvo un promedio de 17.45 cm.

Tabla Nº 8 Control semanal del crecimiento de lechuga

TAMAÑO DE LA HOJA (cm)	TAMAÑO DE LA RAIZ (cm)	SEMANAL
5,75	3	1
9	5	2
10,5	6,75	3
12,5	8	4
16,75	8	5
17,45	9	6

Fuente:(Elaboracion propia - 2023)

5.1.1. Resultado de la ganancia de longitud de la lechuga

Ganancia de altura (cm) = Hf - Hi

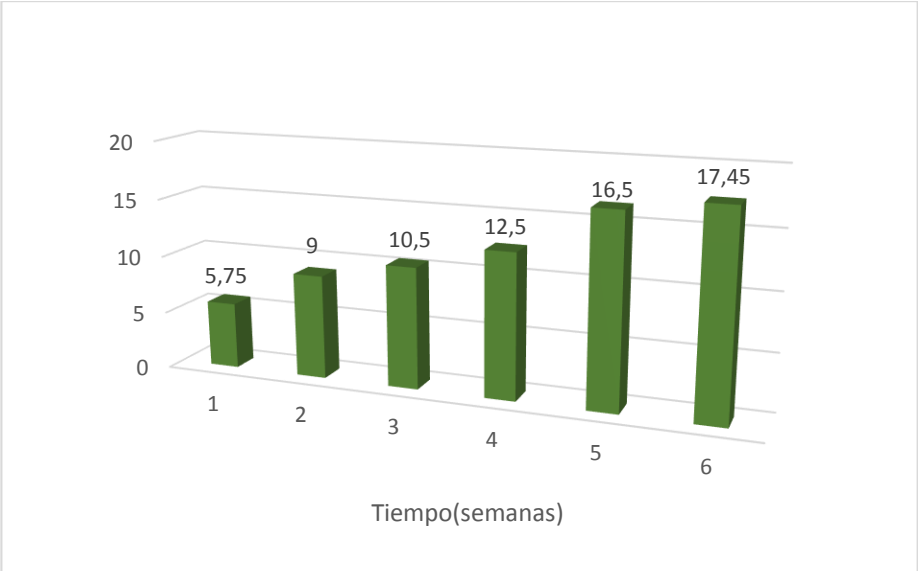
Ga (cm) = 17, 45 – 5,75 = **11,7 cm**

Ganancia de altura (%) = $\frac{Hf-Hi}{Hf}$ x100 %

Ga (%) = $\frac{17,45-5,75}{17,45}$ x100%

Ga (%) = **67%**

Grafico Nº1 Crecimiento de altura de las hojas de lechuga (cm)



Fuente (Elaboracion propia - 2023)

En el grafico 1 elaborado con los datos obtenidos, se puede observar el proceso que fue obtuviendo la lechuga iniciando con una altura de 5,75 cm teniendo romedio de crecimiento de 2 a 4 cm por semana, concluyendo con 17,45cm de altura.

5.2. Altura raiz

Se utilizo una regla plastica en su medicion de longitud de la raiz en la cual se comenzo con un tamaño inicial de 3 cm de raiz la misma que al completar su periodo de tiempo termino con un promedio de altura de 9 cm.

Ganancia de altura (cm) = Hf – Hi

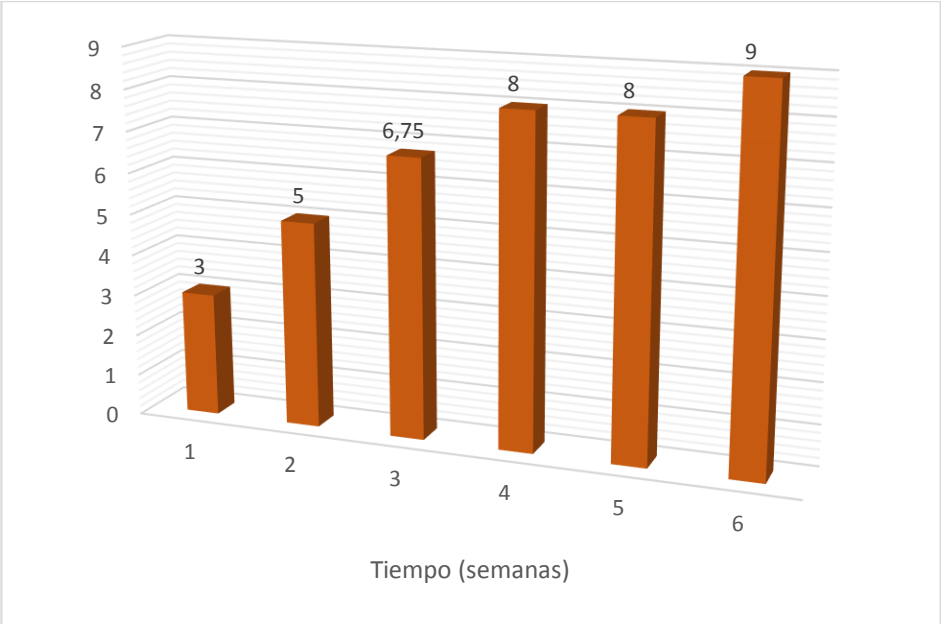
$$Ga\ (cm) = 9 - 3 = 9\ cm$$

Ganancia de altura (%) = $\frac{Hf-Hi}{Hf}$ x100 %

$$Ga\ (\%) = \frac{9-3}{9} \times 100\%$$

$$Ga\ (\%) = 66{,}7\%$$

Grafico Nº2 Crecimiento de longitud de la raiz (cm)



Fuente (Elaboracion propia - 2023)

En el grafico 2 se puede observar el crecimiento que fue obtuviendo la raiz de la lechuga, iniciando con un promedio de 3cm siguiendo de 1 a 2 cm de promedio de crecimiento por semana, concluyendo con 9cm.

5.3. Ganancia de peso del pez carpa común

Para su pesaje del pescado carpa común se utilizó una balanza digital, se colocó el pescado sobre ella y posteriormente con el uso de una cámara capturar en una foto el resultado ya que estos en su momento se mueven mucho al mismo tiempo para evitar que se encuentre más tiempo de lo inesperado evitando así también que se estresen.

partir de los resultados que se obtuvieron con del peso inicial y final se determinó la ganancia de peso en gr y porcentual utilizando la siguiente ecuación. El cual empezó con un peso promedio de 8 y termino con un peso de 41 gr.

Ganancia de peso (gr) = Pf – Pi

Gp (gr) = 8-41 = 33 gr

Guanacia de peso porcentaje (%) = $\frac{Pf-Pi}{Pf}$*100 %

Gp (%) = $\frac{33}{41}$*100%

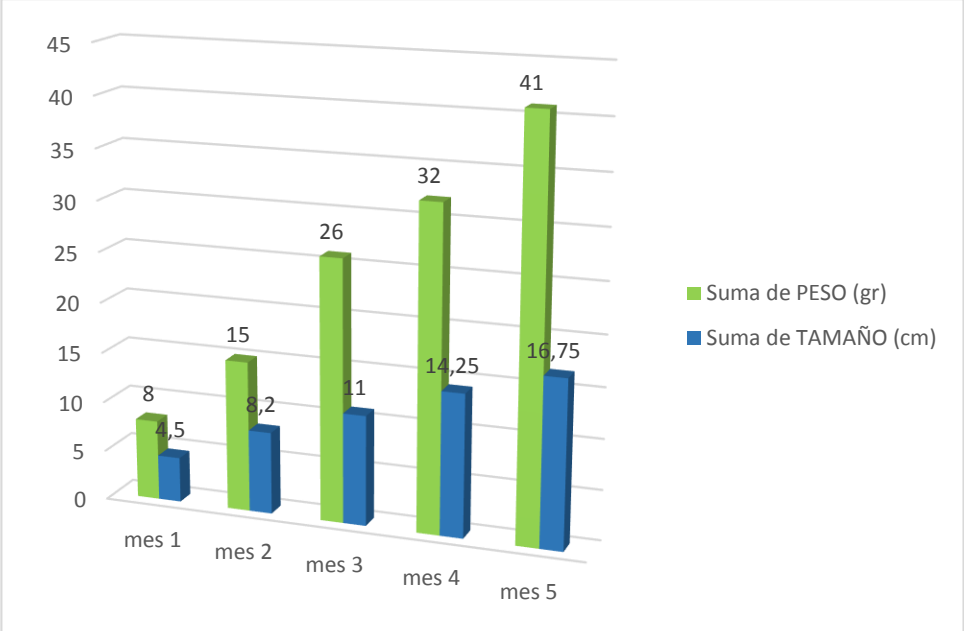
Gp (%) = 80 %

Tabla Nº 9 Control de peso y tamaño de los peces

TAMAÑO (cm)	PESO (gr)	SECUENCIA
4,50	8	primer mes
8,20	15	segundo mes
11,00	26	Terser mes
14,25	32	Quarto mes
16,75	41	quinto mes

Fuente: (Elaboración propia - 2023)

Gráfico Nº3 Medidas mensual, pesaje y crecimiento del pez carpa común



Fuente (Elaboracion propia - 2023)

En el grafico 3 se puede apresiar las medidas mensuales tanto de su peso como el crecimiento del pez carpa comun, el cual inicio con con un tamaño de 4,5cm pesando 8 gr, e3l cual fue teniendo un proceso normal tanto en crecimiento como peso concluyendo a los 5 meses con 16,75 cm en crecimiento con 41 gr.

5.3.1. Ganancia de longitud de la carpa comun

Se utilizo una regla plástica para su medición de longitud de la carpa común, al mismo tiempo de su respectivo pesaje se aprovechó de su medición así evitar también estar sacándolos de nuevo del tanque.

Se comenzó con un promedio de 4,50 cm y después de 5 meses termino con 16,75 cm.

Ganancia de longitud (cm) = Hf – Hi

$$Gl\ (cm) = 16{,}75 - 4{,}50 = 12{,}25\ cm$$

Ganancia de longitud (%) = $\frac{Hf-Hi}{Hf}$ x100%

$$Gl\ (\%) = \frac{16{,}75-4{,}50}{16{,}75}x100 \qquad Gl\ (\%) = 73{,}1\ \%$$

6. Discusion de la investigacion con otros estudios realizados

Según los resultados obtenidos del trabajo de investigacion titulado "rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo**"** (DIAZ, 2018) se pudo interpretar lo siguiente:

En el presente trabajo se planteó una alternativa de producción de alimentos frescos, saludables y libres de químicos con un rediseño de sistemas acuapónicos unifamiliares para centros urbanos como el Distrito Metropolitano de Quito, mediante la producción de tilapias rojas (*Oreochromis niloticus*), y lechugas (*Lactiva Sativa*), controlando a las variables del sistema acuapónico en 60 días producción.

Temperatura del agua de los peces 24ºC, se controló la temperatura del estanque gracias a un calefactor sumergible el cual trabajo 24 horas al día. se calculó una longitud de las hojas en promedio inicial entre 4,69 cm. En los primeros 15 días del proyecto se obtuvo en promedio en las longitudes de las hojas de 10,9 cm y 27,22 cm a los 60 días al finalizar el proyecto.

En este caso para hacer la diferencia de altura se trabajará solo con 45 días el cual proyecto alcanzó un promedio de 15 cm a los 45 días. El cual da como ganancia un 68,7 %.

En este trabajo realizado se inició con un promedio inicial de 5,75 cm en los 15 días se obtuvo un promedio de 9,75 cm, así como 17,45 cm en los 45 días. el cual tuvo una ganancia de 67%.

Se puede comprobar que la diferencia de altura de lechuga fue la mínima, viendo que el proyecto de comparación inicio con un promedio menor de altura logrando ganar con un 1,7 % esto porque el mismo trabajó bajo una sola temperatura ambiente el cual le ayudo más al sistema a comparación de este proyecto que fue bajo una variación de temperatura natural.

Según el trabajo de Quito se empezó con un promedio de talla de 2,56 cm por Tilapia al entrar en el tanque de agua del sistema acuapónico al inicio del proyecto, llegando a los 60 días se obtuvo un promedio de 10,9 cm por pez. con una ganancia de 76,51%.

En este trabajo de acuaponía se comenzó con un promedio de 4,50 cm, llegan do así con un promedio de 8,20cm de longitud al completar los 60 días. con ganancia de 45,1%.

En la comparación entre los dos trabajos se obtuvo un resultado de diferencia del 31,41% del trabajo en Quito.

EN cuanto a la ganancia de peso según el trabajo de comparación tuvo un promedio inicial de 1,72 gr por pez, a los 60 días al finalizar el proyecto se registraron pesos de 75,76 gr en promedio por pez con una ración de comida de al 5% de la biomasa total.

En el trabajo realizado se trabajó con un promedio inicial de 8gr al completar los 60 días pudo llegar a un peso promedio de 15 gr.

En la comparación entre los dos trabajos se obtuvo un resultado de diferencia del 51,03% así ganando con un porcentaje del 97,73 en cuanto a la ganancia de peso del pez, el trabajo de Quito y el trabajo de acuaponia realizado en la provincia de Entre Ríos con un resultado menor de 46,7%.

Si bien el crecimiento de las plantas del sistema de quito tuvo mejores resultados y los de Entre Rios no, por falta de técnicas, vemos que ambos sistemas comparten eficiencia en producción, aunque sean climas diferentes y especies diferentes.

En otro trabajo de comparación de tesis, sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia (Perú) ((UNT), 2014) se obtuvo los siguientes resultados:

En la experimentación sobre el sistema acuapónico del crecimiento de L. sativa con efluentes de cultivo de tilapia se obtuvo una longitud de hoja de 2,8 cm a los quince días y de 7,5 cm a los 45 días a diferencia del crecimiento de la raíz que inició con 1,8 cm y alcanzó 10,4 cm a los 45 días de cultivo.

A comparación con este trabajo de tesis, el sistema implementado en Entre Ríos se trabajó con 35 peces carpa común y 45 lechugas empezando estas con un promedio de 5,75 cm de longitud concluyendo a los 45 días con 17 ,45 cm.

Se obtuvo una diferencia del 4% de diferencia, ganado este trabajo producción en Entre Rios en la longitud demostrando que tuvo un mejor procedimiento en su crecimiento durante los 45 días.

El sistema de Perú a pesar de un clima casi similar y más cantidad de peces se notó un bajo crecimiento de lechuga en comparación de Entre Rios que se notó una buena altura.

1. CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos podemos concluir, que en la implementación del sistema acuapónico, se debe realizar una correcta instalación de los equipos para evitar fallas en su funcionamiento, se debe realizar las pruebas al vacío para verificar el correcto funcionamiento; Es fundamental el mantenimiento periódico del mismo, de manera que nos permitan realizar los monitoreos de los peces, cultivo y la solución nutritiva (amonio, nitritos y nitratos), que afectaría el funcionamiento correcto y alteración de los parámetros, poniendo, en riesgo la salud de los peces, del cultivo y el sistema.
- La implementación del sistema acuapónico unifamiliar, se puede concluir que el mismo se presenta como una alternativa viable de producción, ya que se ha demostrado producir lechuga y peces, con un desarrollo normal, como se puede observar en los cuadros de control e ilustración de las fotografías.
- Podemos decir que es una producción efectiva sin el uso de suelo (sustrato), siendo una nueva alternativa de producción ya que se trabaja en un ambiente controlado, diferente a los sistemas tradicionales, donde los agroquimicos se reducen al requerimiento del sistema acuapónico, siendo un sistema más amigable con el medio ambiente, y no requiere de grandes extensiones y no se contaminan los recursos dando más y mejor producción.

2. RECOMENDACIONES

- En la implementación de los sistemas de acuaponía se recomienda considerar dentro de la planificación del sistema, las fuentes de agua con ph (6.5 – 8.5) la cual es eficaz para las plantas como los peces, en zonas donde la energía eléctrica no es estable se recomienda implementar una alternativa viable como sistemas fotovoltaicos para mantener el funcionamiento constante de los equipos y de esa manera evitar problemas que pueden repercudir en el funcionamiento del sistema.
- Es concluyente garantizar un mantenimiento para evitar la acumulación excesiva de sedimentos de materia orgánica en el sistema acuapónico el cual ayudará a mantener la calidad del agua, evitando afectar negativamente la salud de los peces y el crecimiento de las plantas.
- En el proceso de planificación de un sistema acuapónico se recomienda realizar los cálculos de las dimensiones, como así también el número de alevines, que muy importante para la producción de los nutrientes que requiere el cultivo en este caso de la lechuga para que pueda desarrollar todo su potencial agronómico y demostrar su rendimiento.
- También es recomendable continuar con este tipo de investigaciones, para ajustar algunos parámetros que nos permitan validar los sistemas acuapónicos como una estrategia alternativa de producción de doble propósito como es la producción de hortalizas y la cría del pez carpa, y de esa manera incrementar proteína en la dieta de las familias campesinas