

**Sistemas de acuaponia artesanal y eficiencia productiva de trucha en sistemas
de recirculacion en tanques circulares de geomembrana.**

Manuela Mazo Mesa

Trabajo de grado para optar por el titulo de zootecnista

Asesor

Oswaldo Bedoya

I.P MSc

Corporacion Universitaria Lasallista

Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias

Zootecnia

Caldas-Antioquia

2021

Contenido

Resumen.....	7
Introducción	8
Objetivos	11
Objetivo general.....	11
Objetivos especificos	11
Justificación	12
Marco teórico.....	14
Tipos de Cultivos Acuicultura	16
Composición de la Acuicultura en Colombia	17
Sistemas de Producción Acuicultura.....	17
Importancia de la Acuicultura	18
Sistemas de recirculación acuícola (RAS)	22
Partes o Componentes de un Sistema de Recirculación Acuícola (SRA).....	23
Ventajas de los sistemas de recirculación en acuicultura.	25
Desventajas de los sistemas de recirculación en acuicultura.....	26
Los sistemas de recirculación en acuicultura y su tendencia tecnológica en Latinoamérica.	26
¿Qué es un cultivo hidropónico?	28
Ventajas de la hidroponía	28
Desventajas de la hidroponía.....	29

¿Qué es la acuaponía?	31
Ventajas y desventajas de los sistemas de recirculación de Acuaponía	32
Cultivo de Trucha	34
Parámetros fisicoquímicos	42
Metodología.....	59
Materiales	62
Resultados.....	64
Conclusiones.....	73
Referencias	74

Lista de Figuras

Figura 1. Gráfico evolución histórica de la producción de la acuicultura en Colombia. Recuperado de:.....	19
Figura 2. Gráfico producción acuícola total en Colombia (ton). Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es	21
Figura 3 . Producción acuícola en agua dulce, salobre, y marina en Colombia. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es	21
Figura 4. Esquema sistema de recirculación de aguas.	27
Figura 5. construcción del sistema acuapónico artesanal.	60
Figura 6. Tanques de plástico para filtro de 2000L.	60
Figura 7. Tanques y tubería.	60
Figura 8 . Estanque en tierra.	61
Figura 9. Tabla de fecha de siembra, caudal, temperatura y cantidad.....	65
Figura 10. siembra de trucha arcoíris por el propietario en el tanque número dos. ..	65
Figura 11. Alevinos de trucha arcoíris	66
Figura 12. Estanque en tierra antes de la siembra.....	66
Figura 13. Tanque de filtración que pasa del tanque dos al tanque número tres.	66
Figura 14. Alevinos muertos.....	69
Figura 15. Motas blancas adheridas a la piel.	69
Figura 16. Toma de peso y talla de cada tanque.	69
Figura 17. Análisis en el estereoscopio.....	70
Figura 18. Branquias llenas de baba, identificación del hongo, en microscopio	70
Figura 19. Peces en tratamiento con sal.....	71

Figura 20. Lavada de tanques.....	71
Figura 21. Acuapónico con plástico y tubería.....	72

Lista de tablas

Tabla 1	42
Tabla 2	67
Tabla 3	68

Resumen

En este trabajo se habla de un sistema nuevo para mucha gente, que hoy en día se muestra como un trabajo sustentable y sostenible para el medio ambiente y el sector económico campesino, que además se puede construir de muchas maneras con herramientas básicas, siempre y cuando se haga un buen control de la calidad del agua y manejo de todo el sistema.

En el municipio de envigado, la secretaria de medio ambiente y desarrollo agropecuario lanza cada año proyectos nuevos para los campesinos envigadeños y en este año 2020 se lanzó el proyecto de los sistemas hidropónicos y acuapónicos en las veredas perico, pantanillo y el vallano.

En la finca la marta, ubicada en la vereda pantanillo sector los gallegos, el propietario Francisco Javier Gallego cuenta con un área de su propiedad donde se está implementando una producción limpia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en 1 estanque en tierra y 5 tanques circulares de geomembrana con filtración mecánica, se medirán los parámetros fisicoquímicos más importantes de la calidad del agua en los tanques, se hará registro y control de la calidad del agua y de la eficiencia productiva de la trucha arcoíris, acompañado de este sistema se está construyendo un sistema acuapónico artesanal donde se utilizaran las aguas residuales que vienen de los tanques de cultivo analizando el rendimiento y crecimiento de las plantas hortalizas en simbiosis con los peces y los desechos orgánicos de los mismos.

Palabras claves: acuapónico, hidropónicos, medio ambiente, sostenible, recirculación.

Introducción

El mundo de ahora busca mejorar el estilo de vida poco saludable que lleva la mayoría de personas y contribuir a su vez con un planeta más sostenible. La acuaponía es una técnica de producción de alimentos que combina la hidroponía y la acuicultura; la hidroponía es una práctica de cultivos de alimentos sin sustratos, es decir, sin tierra. Donde puede ser sobre el agua o un sustrato que va sostener la planta, estas se pueden cultivar sobre cualquier superficie ya sean piedras, agua, espuma e incluso con la técnica llamada aeroponía, mediante esta técnica se suministran los nutrientes que la planta necesita para poder crecer, por eso se considera que las plantas son orgánicas porque no necesitan pesticidas o agroquímicos proceso que hace un estilo de vida poco saludable, por ciertas toxinas que pueden llegar a ingerir al consumir los alimentos con agroquímicos.

Así mismo, también se utiliza la técnica de acuicultura entendida como el cultivo de peces en estanques o especies acuáticas sean peces, moluscos, algas, anfibios y crustáceos, es una actividad productiva que ayuda a reforzar la seguridad alimentaria de las poblaciones locales, es un generador de ingresos y de empleo; la función de esta técnica son la producción, crecimiento y comercialización de organismos de agua dulce, salobres y salada útiles para el hombre, creando una mayor demanda de bienes y servicios que estimulan la inversión, la descentralización de las actividades económicas, el crecimiento económico regional y el bienestar social.

La acuicultura constituye a un sector que está en constante crecimiento debido a la demanda poblacional se estima que la producción de pescado aumente. La

piscicultura es la técnica más utilizada en la acuicultura ya que con esta técnica se busca disminuir otros tipos de producciones terrestres menos sustentables y así también promoviendo otra fuente de proteína animal más saludable (Somerville et al. 2014).

La escasez de agua resulta de importante relevancia a la hora de la sustentabilidad de los sistemas de producción, por esto se apuesta por la utilización de sistemas que realicen un ahorro de agua para las instalaciones; En los sistemas de recirculación en acuicultura se emplea una tecnología que permite el cultivo de peces a mayor intensidad y una depuración y ahorro de las aguas, utilizando un 90% menos de agua que en los sistemas convencionales, garantizando una buena calidad de agua y que esta sea adecuada para el mantenimiento de los organismos acuáticos, puede resultar una elevada inversión económica que es necesario realizar en los elementos tecnológicos que controlan la calidad de agua, pero se obtienen numerosas ventajas que a largo plazo se compensaran.

Envigado, la ciudad señorial de Antioquia está ubicada en el sur-oriente del valle de aburra, cuenta con un área aproximada de 78.80 km², de los cuales 66.68 km² corresponden al área rural, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 1.575 msnm y una altura máxima de 2.900 msnm, limitando con Medellín en el corregimiento de santa Elena, caldas, sabaneta, Itagüí, rio negro y el retiro. Con un total de 236.114 habitantes, los cuales de 6 veredas en el municipio habitan 10.740 personas en la zona rural, con una temperatura promedio de 18-22°C y humedad relativa del 70% (Alcaldia de Envigado, 2020).

En la finca la marta ubicada en la vereda pantanillo del municipio de envigado, se está realizando un nuevo proyecto para los campesinos envigadeños que es la

acuaponía, una técnica que les ayudara a producir alimentos con una adecuada seguridad alimentaria y alimentos orgánicos sin agroquímicos o fertilizantes que puedan afectar la salud y el ecosistema a largo plazo, además se capacitan a las familias campesinas para generar impactos económicos positivos, dando a conocer sus productos orgánicos y sostenibles en los mercados campesinos contando al público los beneficios de este sistema y de su producto.

La producción que se va cosechar en los sistemas acuapónico y en los tanques circulares de geomembrana en las parcelas de los campesinos envigadeños son principalmente trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como proteína animal y hortalizas como la lechuga en un sistema acuapónico artesanal; además se va llevar un registro del rendimiento de la trucha con sus adecuados parámetros y calidad del agua.

Objetivos

Objetivo general

- Capacitar y acompañar la instalación de un sistema de cultivo acuaponico en el cual los desechos organicos producidos por los peces son fuente de aportes de nutrientes para el crecimiento de las plantas.
- Determinar el rendimiento de la produccion de las hortalizas de hojas de clima frio en las unidades de acuaponia.
- Evaluar el crecimiento de la trucha durante el ciclo productivo para la talla comercial de 250 gr en tanques circulares de geomembrana.

Objetivos especificos

- Crear un ciclo en el que se aprovechan entre si diferentes elementos como las plantas, los peces y los desechos orgánicos de los mismos peces.
 - Implementar nuevas técnicas de producción sostenible.
 - Analizar el crecimiento del cultivo de trucha en tanques circulares de geomembrana.
 - Evaluar los parámetros de calidad del agua durante el proceso de recirculación.

Justificación

Los sistemas tradicionales de producción de alimentos han llevado a problemas como crisis alimentaria, esterilidad de la tierra, escasez del agua, uso masivo de fertilizantes, insecticidas y herbicidas y crisis económicas globales como la que actualmente estamos viviendo por causa de la pandemia por COVID-19. Por eso es importante analizar nuevas estrategias de producción sostenible y sustentable para proteger el medio ambiente, aprovechar más los recursos y los espacios de los predios de los campesinos envigadeños.

La acuaponía es una técnica de cultivo en la cual se obtienen peces y hortalizas en un mismo sistema de producción en el cual tiene muchas ventajas sobre el cultivo tradicional:

- Los nitratos que producen los peces con sus heces sirven para nutrir las plantas.
- Permite aprovechar suelos y terrenos no adecuados para la agricultura.
- La técnica genera un menor consumo de agua sin fertilizantes.
- Es apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- Forma limpia y ecológica de cultivar plantas de manera eficiente en sistemas de recirculación y que se puede poner en práctica en cualquier lugar.
- La producción es intensiva lo que permite mayor número de cosechas al año.
- Son productos de libre contaminación, plagas y de enfermedades.

Uno de los objetivos importantes en el proyecto acuapónico es aumentar la eficiencia productiva de las parcelas agropecuarias de la zona rural del municipio de

envigado con el montaje de los sistemas de acuaponia, creando un ciclo en el que se aprovechan entre si los diferentes elementos del cultivo por ello resulta mas ecologico y eficiente para los campesinos.

Marco teórico

Historia

El origen de la acuicultura comienza en China hace más de 4mil años con los cultivos de mújol o carpa y siendo actualmente el principal productor acuícola. En la actualidad, surge como alternativa a la pesca y en el tiempo su evolución es de gran impacto económico en diversos países.

Son cultivos de cualquier especie vegetal y animal acuático, se crían las especies marinas controlando su medio, sector productivo alimentario con mayor crecimiento, los cultivos se dan en 3 fases como engorde, cría y juveniles inmaduras, los principales sistemas de cultivos son micro algas, artemia, moluscos o crustáceos y diversos de agua dulce o salada, sus profesionales son ingenieros acuícolas, zootecnistas, pesqueros y biólogos (José, 2020).

Es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento, desarrollo económico y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos (FAO, 2016).

La acuicultura de agua dulce data de finales de los años 30 con la introducción de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con fines de repoblamiento en aguas de uso público para la pesca deportiva. Se inicia en los años 70 en aguas salobres y marinas con las investigaciones sobre la biología y el cultivo de la ostra de mangle (*Crassostrea rhizophorae*). Continúa en los años 80 con el cultivo de camarón patiblanco (*Penaeus vannamei*) en el Pacífico y en el Atlántico colombiano con fines de exportación, a través del apoyo de la misión China al país por intermedio del INDERENA. A finales de la

década de los 90 e inicios del 2000, se comienzan las investigaciones con la adaptación al cautiverio y la reproducción del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en el Pacífico y posteriormente con la reproducción del Pargo palmero (*Lutjanus analis*) en el Caribe y la reproducción y el cultivo de los pectínidos (*Argopecten* sp y *Nodipecten* sp) también en el Caribe (FAO, 2016).

Los sistemas de producción acuícolas son básicamente cultivos en estanques en tierra y jaulas flotantes para las especies de clima cálido como la tilapia roja (*Oreochromis* sp), en estanques en tierra para la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y el camarón patiblanco (*Penaeus vannamei*). Para clima frío (truchas), se emplean estanques en tierra, recubiertos con geomembrana o contruidos en cemento y también jaulas flotantes. Existen generalmente cultivos semi intensivos e intensivos con recambios de agua, uso de aireadores y en ocasiones oxígeno líquido. Los profesionales y técnicos dedicados a la acuicultura han evolucionado pasando a ocupar cargos de responsabilidad a nivel nacional en Ministerios, Institutos Nacionales, Corporaciones Autónomas Regionales, Universidades, centros de investigación o en sus propias empresas en Colombia o en el exterior. Se ha incrementado el número, los conocimientos y las experiencias en el interior del país y en el exterior.

Los principales hitos en el desarrollo de la acuicultura en Colombia lo constituyen el apoyo de las Agencias y Organismos Internacionales como FAO, AID, BID, JICA, ACCI y KOICA entre otras, al desarrollo de la acuicultura en el país. La introducción de especies exóticas con tecnología desarrollada de otros países, tal es el caso de la trucha, carpas y tilapias, la reproducción de las especies nativas como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el bagre (*Pseudoplatistoma fasciatum*), las cachamas blanca y negra

(*Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum*) y el yamú (*Brycon siebenthalae*) entre las más importantes, para los programas de repoblamiento, fomento, seguridad alimentaria y producción industrial. En los años 80 el desarrollo de la camaronicultura con fines de exportación, en los 90 el desarrollo de la tecnología de cultivo de la tilapia roja en jaulas flotantes y en los últimos años la reproducción de los pargos lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en el pacífico y el palmero (*Lutjanus analis*) en el Atlántico.

De igual manera el cultivo de la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) y la reproducción y el cultivo de los pectínidos (*Argopecten* sp y *Nodipecten* sp). A finales del 90 y comienzos del 2000 los avances en el control de las patologías del camarón marino (síndrome del taura y la mancha blanca). A nivel Institucional la creación del Instituto Nacional de los Recursos Renovables y del Ambiente - INDERENA (1968 - 2003) quien manejó la pesca y la acuicultura en ese periodo, que de allí se originó el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) (1991 - 2003) el cual que se fusionó con otras entidades del sector agropecuario, para crear el Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INCODER), (FAO, 2016).

Tipos de Cultivos Acuicultura

La clasificación de la acuicultura en función de la especie, agua, clima, sistema de cultivos y otros es:

- Acuicultura de moluscos bivalvos; (almejas, ostras, mejillones, vieiras).
- Carpicultura; (cultivo de carpa, Ciprínidos, especies de agua dulce y los más antiguos).
- Salmonicultura; (truchas, salmones y en aguas dulce).

- Especies tropicales de agua dulce; (tilapia, pacú, camarón, langosta, otras especies de peces y crustáceos).
- Maricultura; uso del agua del mar y con especies como moluscos, mariscos, gambas o algas marinas.
- Piscicultura; la más común y consiste en la cría de peces en agua dulce o de mar para la alimentación.
- Camaronicultura; cultivo de camarones en costas.
- Cultivo de algas; especies de algas en micro algas como el fitoplancton, las micrófitas (José, 2020).

Composición de la Acuicultura en Colombia

- Acuicultura Continental: Especies con mayor volumen de oferta: Tilapia, Cachama y Trucha. Especies con volúmenes pequeños de oferta: Bocachico, Carpa, Yamú, pirarucú y algunos peces ornamentales (arawanas).
- Cultivo experimental: algunos bagres y otras especies nativas.
- Acuicultura de Peces Ornamentales: en fase de investigación
- Acuicultura Marina: Cultivo de camarón Cultivo experimental: Pargos, Meros.

Sistemas de Producción Acuicultura

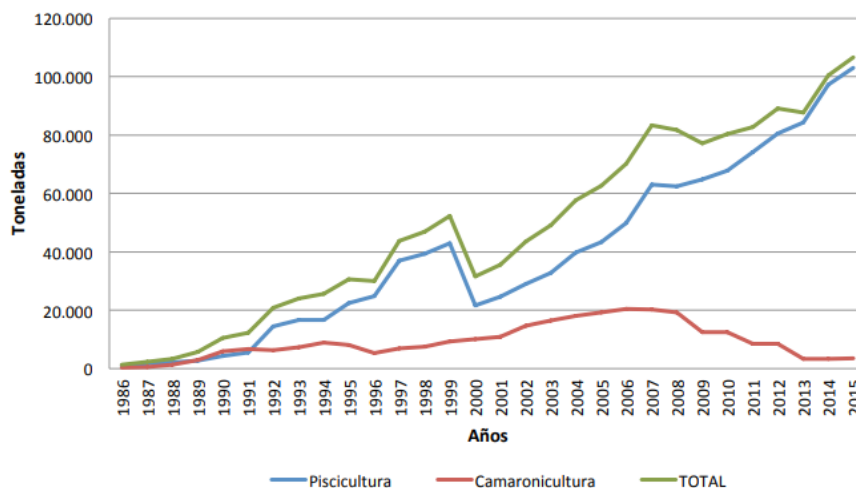
Cultivos extensivos: condiciones naturales favorables, baja intensidad, poca tecnología y ejemplos las otras, almejas, mejillones y macro algas. Son muy utilizados en la producción de fitoplancton y zooplancton.

Cultivos semi-intensiva e intensiva: intervención, tecnología, control y de rendimiento mayor que los extensivos. (Peces en jaulas, cultivos de estanques, piscinas aisladas y otros).

Importancia de la Acuicultura

Los principales beneficios de la acuicultura son: (alternativa de consumo de alimento humano, alimentación saludable, materias primas, farmacéutico, producción de biocombustibles, reducción de déficit del comercio de alimentos marinos, barrera contra la contaminación, reducción de pesca silvestre, conservación de la biodiversidad, reducción de molestias ambientales, generación de empleo, espacios naturales recuperados, garantiza la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible).

Definitivamente, la acuicultura o acuacultura es la práctica, técnica y la actividad que conlleva al conocimiento, crianza y cultivo de organismos acuáticos. Se clasifica en socioeconómica, hidrológica, con base a la biodiversidad y densidad del cultivo. En resumen, los principales países productores de productos acuícolas son: China, Vietnam, Indonesia y Bangladesh (José, 2020).



Fuente: MADR, CCI, Acuanal, AUNAP, Consejo Nacional de la Cadena de la Acuicultura, 2016



Figura 1. Gráfico evolución histórica de la producción de la acuicultura en Colombia. Recuperado de: <https://www.aunap.gov.co/images/convenio/presentacion-tecnica-acuicultura-en-colombia.pdf>

La piscicultura es el campo más desarrollado dentro de la ACUICULTURA. Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente. (Merino & Maria Claudia, 2018).

La piscicultura es una opción productiva bastante interesante ya sea para los mercados locales como para la seguridad alimentaria de las familias, ya que se puede realizar también de manera artesanal. El pescado es una excelente fuente de alimento y su consumo ha ido posicionándose entre los colombianos. El pescado es un alimento que se constituye como alta fuente de proteína. En el pasado, la principal manera de obtener pescado era la pesca de captura, pero esta ha disminuido a nivel mundial, haciendo necesaria el desarrollo de la acuicultura.

En Colombia, las principales especies cultivadas son tilapia, trucha, cachama y camarón, cuyo consumo y producción ha crecido notablemente en los últimos años.

La producción piscícola presenta las etapas de producción de alevinos, levante y engorde. Dentro de la etapa de producción de alevinos se encuentran la reproducción, incubación, larvicultura y pre-cría. Los pequeños y medianos piscicultores generalmente tienen que comprar los alevinos mientras que los grandes productores los cultivan en sus propias instalaciones. (Merino & Maria Claudia, 2018)



Figura 2. Gráfico producción acuícola total en Colombia (ton). Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es

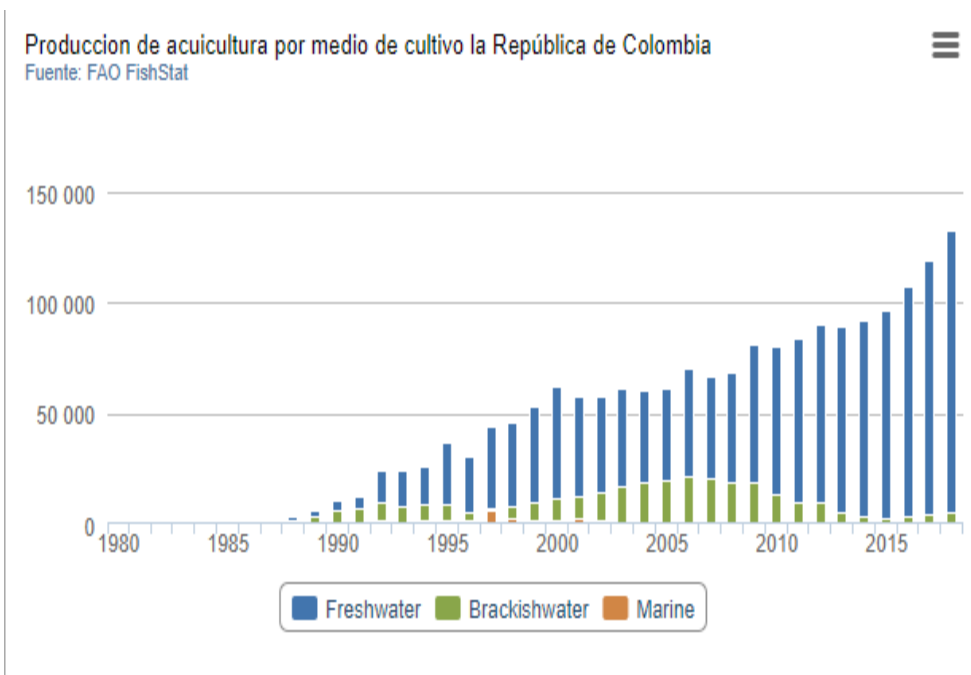


Figura 3 . Producción acuícola en agua dulce, salobre, y marina en Colombia. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es

Sistemas de recirculación acuícola (RAS)

La acuicultura tradicional requiere de grandes cantidades de agua y grandes extensiones de terreno. En muchas áreas de los países de Latinoamérica el agua es un recurso que escasea cada vez más por crecimiento poblacional, cambio climático, entre otras. Por otro lado, la producción mundial de la acuicultura ha ido aumentando constantemente y se ha duplicado más en la última década. Según la FAO las principales cuestiones que deben abordarse en acuicultura son los problemas a la tecnología apropiada y recursos financieros, junto con los impactos ambientales y las enfermedades. (Jimenez, 2002)

Los sistemas de recirculación acuícola son un conjunto de procesos y componentes que se utilizan para el cultivo de organismos acuáticos, donde el agua es continuamente limpiada y re-utilizada (Jimenez, 2002). Los sistemas de recirculación o sistemas cerrados presentan como ventaja, el uso racional del agua ya que el volumen de recambio es menor a un 10% diario del volumen total del sistema. Este tipo de sistemas permite el monitoreo y control de los parámetros fisicoquímicos tales como: la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, el potencial de hidrogeno (pH), la alcalinidad y los metabolitos como el nitrógeno amoniacal, los nitritos y los nitratos.

Los controles de los parámetros fisicoquímicos permiten la producción continua a lo largo del año, además si se mantiene los parámetros fisicoquímicos adecuados los organismos cultivados pueden presentar mejores tasas de crecimiento y conversión alimentaría. (Jimenez, 2002)

Partes o Componentes de un Sistema de Recirculación Acuícola (SRA)

Para que un sistema de recirculación sea eficiente y provea un ambiente adecuado deben poseer cinco procesos o características:

a) Remoción de sólidos que consiste en remover los desechos producidos en los sistemas tales como las heces y el alimento no consumido,

b) Biofiltración que tiene la función de controlar los compuestos nitrogenados producto del metabolismo de los organismos,

c) Aireación u oxigenación que consiste en adicionar aire u oxígeno al agua, d) Desgasificación que es el proceso de eliminar el dióxido de carbono acumulado en el sistema, y e) Circulación del agua. (Jimenez, 2002)

a) Remoción de sólidos: Se dividen en Sólidos Sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos finos.

-Sólidos Sedimentables: son generalmente los más fáciles de remover de las tres categorías y debe ser eliminado en el tanque de cultivo con la mayor rapidez como sea posible. Esto se logra fácilmente dando pendiente suave a un desagüe central, con un modelo de flujo circular o efecto de taza de té. Los sólidos sedimentables se deben quitar desde el centro del tanque en una forma continua o por lo menos todos los días. Otra alternativa externa, al tanque de cultivo, es usar un componente que se conoce como hidrociclón o remolino de separación. En este diseño los sólidos del agua y las partículas entran al separador de manera tangencial, la creación de un flujo circular o remolino patrón en un tanque de forma cónica.

-Sólidos Suspendidos: Desde un punto de vista de Ingeniería la diferencia entre sólidos suspendidos y sólidos sedimentables es netamente práctico, los sólidos

suspendidos no están dentro de la columna de agua mientras que los sedimentables sí. Para remover estos tipos de sólidos se usa la filtración mecánica que incluye la Filtración por Pantalla y los filtros de medio granular expandible.

-Sólidos Finos: Muchos de los sólidos finos se acumulan dentro del cultivo intensivo y no pueden ser removidos por los sistemas anteriormente mencionados. Para remover los sólidos finos se utiliza el fraccionador de espuma o Skimmer (siglas en Inglés) es un proceso que se refiere como el aire- stripping o espumado de proteína, se emplea a menudo para eliminar y controlar la acumulación de estos sólidos. (Jimenez, 2002)

b) Biofiltración: La nitrificación tiene la función de controlar el nitrógeno amoniacal total (NAT) el cual debe ser removido del sistema a una tasa igual a la que es producido para mantener niveles seguros para el crecimiento de los organismos. La nitrificación es un proceso aeróbico que se lleva a cabo en dos partes, la primera, en la cual el amonio es oxidado a nitrito mediante la acción de bacterias del género Nitrosomonas. La segunda parte consiste en la oxidación de nitrito a nitrato, realizado por bacterias del género Nitrobacter. Dentro de los mecanismos de remoción de compuestos nitrogenados tenemos los siguientes: Contactador Biológico Rotatorio (RBC), filtros de medio expandible, Filtros de cama Fluidizado, filtros de torre empacada. El diseño del Biofiltro es básico en un sistema de Recirculación por ello es indispensable saber diseñarlo haciendo un buen Balances de masas determinando el flujo óptimo (Jimenez, 2002).

c) Aireación u Oxigenación: Es el primer factor limitante en la calidad de agua en Acuicultura. El mantenimiento de OD en concentraciones superiores a 6mg/l y las concentraciones menores a 20mg/l contribuirá a reducir el estrés en la mayoría de

especies cultivadas y mejorar las tasas de crecimiento. Dentro de los sistemas de Recirculación Acuícola están los cultivos de Baja Densidad hasta 40kg/m³ con aireación y Alta densidad hasta 120kg/m³ con oxígeno puro.

La Aireación se utiliza el termino presente a la disolución del oxígeno de la atmosfera en el agua opuesto a la adición de oxigeno como oxígeno puro. El proceso de la transferencia de oxígeno puro al agua se le conoce como Oxigenación. Para aireación se utiliza tecnologías como: Agitadores, sopladores, tubos Venturi. Para oxigenación se utiliza dos tipos de tecnologías tales como: Oxigeno no presurizado, (oxigenado de cono y tubos en U) Oxigeno presurizado (Torre presurizada con aspensor y columna empacada presurizada). (Jimenez, 2002)

d) Desgasificación: El dióxido de carbono es un elemento importante en la calidad del agua. Hasta hace poco, la mayoría de los sistemas eran generalmente de baja densidad (menos de 40kg/m³) y se basaban en la aireación como el medio principal de suministro de oxígeno. Por ello, hay relativamente poca información sobre los efectos crónicos de Co₂ en Sistemas de Recirculación Acuícola. (Jimenez, 2002)

Ventajas de los sistemas de recirculación en acuicultura.

- Reduce la transmisión y propagación de Enfermedades.
- Disminuye en forma considerable los contaminantes al medio ambiente.
- Optimización en el uso de recursos, tales como agua, alimentos, energía, terrenos, personal, etc.
- Niveles más altos de Factor de Conversión Alimenticia.
- Programación más eficiente en la Producción.

- Se puede utilizar para los diferentes estadios en organismos acuáticos en agua dulce como en agua de mar tanto en peces, crustáceos y moluscos.
- Mejor conservación de la temperatura y calidad del agua.
- Por su relativa independencia de las fuentes de agua, permiten instalarse en cualquier parte (cerca de los mercados).
- Se consigue una producción optimizada durante todo el año (no hay estacionalidad).

Desventajas de los sistemas de recirculación en acuicultura.

- Inversión inicial de alto costo.
- Personal Calificado. (Jimenez, 2002)

Los sistemas de recirculación en acuicultura y su tendencia tecnológica en Latinoamérica.

Los sistemas de recirculación están siendo utilizados para la producción comercial de organismos, esto ha hecho que cada componente de los SRA sea importante en estos sistemas. El reto para los países de Latinoamérica es desarrollar estas tecnologías utilizando materiales que sean fáciles de conseguir en su región de tal manera que maximicen la capacidad de producción por unidad de capital invertido. Este concepto refleja la necesidad por desarrollar Sistemas de Recirculación de Bajo costo y eficientes de acuerdo a la necesidad del cliente. Por ejemplo, la viabilidad de criar peces de agua dulce en sistemas de recirculación ha sido demostrada. Cuando se habla que en los países de Latinoamérica existe una necesidad de desarrollar estos sistemas de Recirculación a Bajo costo estamos hablando de desarrollar estas tecnologías fabricándolo con materiales que se puedan encontrar en la región, por ejemplo,

fabricando Biofiltros con materiales de PVC y material filtrante como cuentas flotantes de polietileno, que podrían reducir tremendamente los costos de importar estas tecnologías desde EEUU que resulta de muy alto costo. (Jimenez, 2002)



Figura 4. Esquema sistema de recirculación de aguas. Recuperada de: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-gil/acuicultura-ahorro-y-reutilizacion-de-agua-sistemas-de-recirculacion-y-acuicultura-integrada>

Otra tendencia tecnológica es la Integración de las plantas (cultivo secundario) en los SRA minimiza el recambio de agua, impactando de manera positiva en la reducción de costos de operación, principalmente en el recurso hídrico (Zonas Áridas) y calefacción. Como producto final de la nitrificación realizada por los filtros biológicos en los SRA se obtiene el nitrato. Este metabolito se considera la principal fuente de nitrógeno absorbido por las plantas, por lo que no tiene por qué ser desperdiciado, canalizándose hacia cultivos secundarios, los cuales en pueden tener un valor económico y de manera indirecta benefician la producción primaria (peces) al depurar el agua. Los cultivos vegetales o secundarios cuando son bien diseñados y dimensionados pueden llegar en

ocasiones a sustituir el uso de los filtros biológicos. A este tipo de cultivo combinado entre la agricultura y la recirculación acuícola se denomina “Acuaponía”. (Jimenez, 2002)

¿Qué es un cultivo hidropónico?

En la hidroponía, las raíces de las plantas se mantienen en suspensión en una especie de soporte que, en lugar de tierra, son soluciones acuosas con nutrientes y minerales. Y si a esto, le añades luz, ya tendrás un cultivo hidropónico en condiciones y trabajando.

La hidroponía es especialmente productiva en plantas herbáceas y especies de huerto. Además, funciona tanto en interior como en exterior, por lo que ofrece numerosas posibilidades de cultivo. (todohusqvarna, 2019)

Ventajas de la hidroponía

Ahorro de agua: A pesar de que el agua es la base para los cultivos, ella se utiliza de manera eficiente en la hidroponía. Esto ayuda a que no se desperdicie y a que incluso se pueda recircular. En el caso de la agricultura tradicional, el agua que se usa para el riego de las plantas no se utiliza al cien por ciento.

Hace posible producir en condiciones ambientales limitantes: La hidroponía permite cultivar en lugares donde hay condiciones ambientales limitantes tales como escasez de agua o falta de suelos aptos para cultivos.

No se usan herbicidas: En la hidroponía se elimina la necesidad de utilizar herbicidas ya que no hay tierra donde puedan crecer hierbas intrusas y con ello se ahorra dinero, tiempo y esfuerzo.

Cultivos de alta calidad: Puesto que la hidroponía te permite controlar con mayor precisión la cantidad de agua y nutrientes que se utilizan en los cultivos, esto redundará en productos de mayor calidad en comparación con aquellos cultivados en campo abierto.

Ahorro en abonos y fertilizantes: La hidroponía permite que ahorres en abonos y fertilizantes pues su tecnología está diseñada para distribuirlos de manera precisa. (Prfarmcredit, 2020)

Desventajas de la hidroponía

Inversión inicial alta: Esta es la desventaja principal de la hidroponía. Al comenzar un sistema hidropónico será necesario que hagas una inversión alta pues supone comprar muchos materiales muy importantes como bombas, contenedores, sustratos, tubería, filtros y llaves de paso, entre otros.

Cuidado indispensable de la planta: La hidroponía es una tecnología agrícola que requiere muchos detalles y atenciones particulares que se minimizan en la agricultura en tierra. De esto también dependerá el éxito o fracaso de los cultivos.

No es apta para todas las especies: La hidroponía no está disponible para todas las especies de plantas, como por ejemplo los árboles frutales o los vegetales de fruto subterráneo como las papas, las zanahorias y otros tubérculos.

Las plantas son susceptibles a los cambios: En los diferentes sistemas hidropónicos las plantas no cuentan con el suelo, que en la agricultura tradicional funciona como amortiguador en momentos de cambios bruscos. Además, hay que ser muy cuidadoso con la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica y la concentración de nutrientes.

Pocas personas expertas en el tema: Al ser una tecnología menos utilizada que la agricultura en tierra, hay menos personas expertas en el tema o empresas especializadas en hidroponía y los que hay suelen ser muy costosos. Además, por lo general se tiende a no resaltar las desventajas y por ello es importante conocerlas. (Prfarmcredit, 2020)

Lo primero que debes hacer a la hora de llevar a cabo el cultivo hidropónico es decidir la ubicación de este sistema. Lo ideal es que lo coloques en una zona que reciba como mínimo 6 horas de luz al día. Además, debe estar resguardado de la lluvia y el viento. (todohusqvarna, 2019). El sustrato que uses debe ayudar a la planta a crecer y éste es el sustituto real de la tierra. A siembra de las plantas puedes hacerla mediante semillas o mediante trasplante. Si te has decantado por semillas, éstas deben germinarse primero.

Por el contrario, si realizas el trasplante, usarás los semilleros para la germinación y luego, trasplantarás las raíces al lugar donde vayas a cultivarlas. (todohusqvarna, 2019)

Necesitarás cuatro elementos para el cultivo hidropónico:

- Soporte para que la planta crezca
- Soporte para sujetar la planta
- Depósito de agua
- Bomba para lograr que el agua circule y se recicle. (todohusqvarna, 2019)

Algunas especies de plantas para cultivo hidropónico como:

Lechugas, tomate, pimienta, espinacas, menta, ajo, salvia, cebollín, albahaca, orégano, valeriana, jengibre, lavanda, perejil, ajo, fresas, acelga, pepino etc.

¿Qué es la acuaponía?

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que incluye la incorporación de dos o más componentes peces y vegetales o plantas, en un diseño basado en la recirculación de agua. El principio básico radica en el aprovechamiento de la energía del sistema para utilizar diferentes formas por los componentes comerciales que desean producirse. Sólo una fracción del alimento para los peces 20 a 30%, se metaboliza e incorpora como tejido, mientras que el resto (excreción, alimento no consumido y diluido), se utiliza como nutriente para el crecimiento de las plantas; éstas pueden ser vegetales, frutas o flores. Un componente extra que debe encontrarse en el sistema, está constituido por las colonias de bacterias nitrificantes en el sustrato de las plantas para realizar dos funciones: degradar los compuestos nitrogenados en su forma peligrosa para los peces (amonía y nitritos), y proveer de nutrientes a las plantas.

La acuaponía presenta varias ventajas sobre los sistemas convencionales de producción de alimentos: reduce la cantidad de nitrógeno peligroso en las descargas, reduce la cantidad de agua por su reutilización, reduce los costos de operación por acarreo de agua, produce vegetales con un valor agregado porque pueden ser considerados como “productos orgánicos”, y elimina el uso de químicos como plaguicidas y fertilizantes. Los principales problemas que enfrenta este sistema de producción de alimentos son la extensa área superficial que requiere para su instalación, la necesidad de personal calificado en el mantenimiento de todos los componentes, el control de plagas que debe ser estrictamente biológico, y el poco conocimiento y dominio sobre el tema. Por estas razones, la acuaponía se presta también como una herramienta de carácter didáctico. (García-Ulloa, León, Hernández, & Chavéz, 2005)

En Colombia se ha introducido varias especies exóticas, más no se ha dejado de un lado las especies nativas, las cuales se reproducen evitando su extinción y también para repoblar cuerpos de agua público y reactivar la pesca., una de ellas es la trucha. (García-Ulloa, León, Hernández, & Chavéz, 2005)

Ventajas y desventajas de los sistemas de recirculación de Acuaponía

Ventajas

- Los sistemas de recirculación acuapónicos son un medio eficaz para reducir y aprovechar los residuos que normalmente son vertidos al ambiente.
- Debido a que las plantas recuperan un porcentaje sustancial de los nutrientes disueltos, la tasa de intercambio de agua se puede disminuir. Esto reduce los costos de operación en los sistemas acuapónicos en los climas áridos y los invernaderos con calefacción donde el agua representa un gasto importante.
- Reduce los costos de operación por acarreo de agua, produce vegetales con un valor agregado porque pueden ser considerados como “productos orgánicos”, y elimina el uso de químicos como plaguicidas y fertilizantes. según.
- La rentabilidad es una de las principales preocupaciones cuando se considera el uso de un sistema de recirculación. A menudo estos sistemas son caros de construir y de operar. Sin embargo, mediante la incorporación de un cultivo secundario de plantas, que recibe la mayoría de los nutrientes necesarios sin costo adicional, el beneficio del sistema de cultivo puede mejorar.
- Las plantas utilizadas en el sistema acuapónico purifican el agua de cultivo y, con un adecuado diseño, pueden eliminar la necesidad de biofiltros separados y

costosos. Es así como en sistemas de acuaponía, el componente hidropónico puede proporcionar biofiltración suficiente para el cultivo de organismos acuáticos y por lo tanto evitar el costo de compra y operación de un biofiltro separado.

- Producción de alimentos en áreas reducidas.
- Rendimiento igual o superior al de sistemas hidropónicos.
- Reducción de la cantidad de nitrógeno en descargas de agua.
- No hay que preparar soluciones nutritivas.
- La producción de peces es orgánica y de gran calidad.
- Ambas producciones son amigables con el ambiente.
- Genera dos fuentes de ingreso diferentes: plantas y peces. (Vergaray, 2015)

Desventajas

- La proporción entre el área de cultivo de plantas y el área superficial para la cría de los organismos acuáticos. La gran proporción para el cultivo de las plantas se necesita para lograr un sistema equilibrado donde los niveles de nutrientes se mantengan relativamente constantes.

- En esencia, los sistemas de acuaponía hacen énfasis en el cultivo de plantas; sin embargo, es importante tener en cuenta que hay dos tipos de producciones, la vegetal y el animal. Por esta razón, es indispensable que se tengan conocimientos suficientes en las áreas de acuicultura y horticultura para poder ofrecer soluciones y mejoras a los sistemas de producción.

- Por último, los sistemas de producción acuapónico deben utilizar métodos de control biológico en lugar de pesticidas para proteger las plantas de plagas y

enfermedades. Esto se debe a que los químicos empleados en la producción normal de plantas pueden alterar las características del agua y por ende afectar el componente acuático utilizado en el sistema. Sin embargo, esta restricción puede ser vista como una ventaja, ya que los productos de origen vegetal pueden ser ofrecidos en el mercado como “libres de pesticidas”.

- La necesidad de personal calificado en el mantenimiento de todos los componentes, el control de plagas que debe ser estrictamente biológico, y el poco conocimiento y dominio sobre el tema.
- Uso de bombas, filtros y energía. (Vergaray, 2015)

Cultivo de Trucha

Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre común: Trucha arco iris

Origen: Estados Unidos

Familia: Salmonidae

Generalidades:

La trucha arco fue introducida al país en 1938 debido a un plan de repoblamiento del lago de tota en Cundinamarca, siendo la primera especie exótica, en la actualidad se cultivan en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Nariño, Boyacá, Santander, Risaralda, y Quindío entre otros, con un gran desarrollo a nivel industrial y artesanal se cuenta con aproximadamente 87 granjas industriales dedicadas a la truchicultura de alta producción, el cuarto renglón ocupa esta especie en importancia dentro de la acuicultura, en Colombia el 11.36% corresponde a la producción de trucha arco iris, debido al avance en infraestructuras y tecnologías desarrolladas han

aumentado la productividad y la competitividad y así se suplen mercados externos. La producción y comercialización de la trucha cuenta con un sistema dentro del cual intervienen diferentes agentes económicos como son: producción el abastecimiento de ovas y alevines de la especie es nacional o importada, en cuanto al levantamiento y engorde en el país no existe diferenciación entre estas dos actividades, las cuales son desarrolladas de manera secuencial por el piscicultor, ya sea en el sistema de estanque o de jaulas flotantes, cuando la especie tiene un tamaño deseado, es procesada, obteniéndose el producto entero, en filetes congelados o vivo para reproducción o pesca deportiva, en reproductores es comercializado distribuido en todo los canales de venta del país o en mercado internacional, los mayores costos de producción se dan durante el levante y engorde por los altos precios del alimento concentrado, siendo en promedio el 64% con respecto a los costos totales. (Sanabria, 2012)

La trucha pertenece a la familia de los salmónidos, grupo de peces que comprenden siete géneros y aproximadamente 35 especie, todos con orígenes en las altas latitudes del norte, en donde la temperatura acuática al nivel del mar es inferior a 20°C, en su medio natural, durante la época de reproducción, remonta las corrientes para desovar en las partes altas de las quebradas.

Su nombre científico es *Oncorhynchus mykiss* (que significa mandíbula ganchuda, características que permitan identificar los machos en la época de reproducción, cuando su mandíbula inferior se desarrolla más. (Sanabria, 2012)

En Colombia, dadas las características geográficas y ambientales, la especie encuentra condiciones óptimas para su desarrollo en tierra alta y con temperaturas bajas. Para el cultivo de la Trucha, se requiere condiciones ambientales (calidad de agua y de

suelo) y de manejo que garantice el éxito de la explotación ya que inciden de manera sustancial en los procesos intermedios de crecimiento y por ende en la producción final.

Las condiciones ambientales hacen referencias directas a la calidad del agua en cuanto a su origen, temperatura y permanencia o estabilidad de caudal, mientras que las condiciones de manejo se refieren las técnicas de selección que establecen criterios de uniformidad de tallas, que se reflejan en el consumo de alimento. (Sanabria, 2012)

Las truchas son peces muy estrictos en cuanto a las condiciones del agua y con muy pocas capacidades para adaptarse a otras situaciones lo cual restringe su existencia a aguas muy limpias, de flujo rápido y baja temperatura. Su supervivencia depende principalmente de que no se modifiquen sustancialmente las condiciones naturales donde vive. El caudal disponible va a definir el volumen de la instalación y en último término la producción total. Las fluctuaciones anuales de los caudales, tanto en ríos como en manantiales, son fenómenos que se presentan constantemente, siendo importante realizar su medición en épocas de sequías ya que la producción del cultivo se encuentra limitada por los caudales mínimos.

La calidad de agua que se utiliza en el cultivo de la Trucha arco iris, depende principalmente del conjunto de sus propiedades físicas, químicas, y biológicas, las propiedades físicas pueden estar sometidas a variaciones bruscas ocasionados por factores externos o ambientales fundamentalmente cambios atmosféricos y climáticos, las propiedades químicas son más estables y sus variaciones son mínimas, salvo casos excepcionales de contaminación que producirá efectos letales; las condiciones biológicas están condicionadas a la presencia o ausencia de agentes patógenos. La temperatura va a condicionar la maduración de las gónadas de los reproductores, el tiempo

de incubación de los huevos hasta la eclosión; así como el ritmo de crecimiento de los alevinos y adultos. (Sanabria, 2012)

En condiciones naturales, la trucha puede vivir en aguas con temperaturas entre 4°C y 25°. Sin embargo, en cultivo, la temperatura más adecuada para la trucha, es de 15°C a 18°C. Entre más se aleje la temperatura del agua de este rango, menor ganancia en peso se puede obtener, pues el crecimiento es más lento. A medida que la temperatura aumenta el contenido de oxígeno disminuye y hay mayor probabilidad de formación de amoníaco tóxico para los peces. En cuanto al contenido de oxígeno disuelto las truchas son muy exigentes este oscila entre 5.5 y 9 mg/lit, el oxígeno disuelto varía con la cantidad de materia orgánica proveniente de alimento no consumido y de las heces fecales, de la temperatura del agua. El valor óptimo de pH para el cultivo de la trucha oscila entre 6.5 y 9. Cuando las aguas son ácidas los peces presentan branquias con moco y a largo plazo estas se presentan tan deterioradas que no permite la fijación de oxígeno.

Los recambios permanentes de agua en sistemas industriales y semi industriales dos o tres veces por horas es suficiente para auto limpiar el estanque reduciendo los riesgos de mortalidad, para sistemas artesanales, el recambio puede ser considerablemente menor, tres o cuatro veces por día es suficiente, teniendo en cuenta que las cargas del estanque no son muy altas. Se debe medir las concentraciones de oxígeno en el estanque para ajustar la capacidad de carga de los mismos teniendo en cuenta la temperatura y el peso de los animales. La temperatura para engorde está en el rango óptimo entre 15 y 18°C y para la reproducción esta entre 8 y 10°C. (Sanabria, 2012)

En la etapa de alevinaje en la cual se mantiene a los jóvenes durante los primeros meses de vida hasta que alcancen una longitud aproximada de 5 a 8 cm. Talla a la cual cambia su nombre a deinos, considerándose que ya debe iniciarse la fase de engorde, en esta fase se espera una mortalidad del 10 al 15%, durante esta fase es importante realizar la limpieza diaria de las paredes y fondos del estanque una o dos veces al día, limpieza permanente de los filtros previos al estanque, retiro diario de animales muertos, aplicación de medicamento preventivos.

Es importante tener una adecuada densidad de siembra para garantizar el buen desarrollo y salud de los individuos, existen diferencias en el crecimiento de los alevinos que pueden persistir durante toda la vida, se presentan ejemplares más desarrollados que otros, los cuales son llamados cabezas y que corresponden a un 25% de la población, normalmente representados por hembras, un 50% viene hacer el centro y los más pequeños o colas (machos) constituye el 25% restantes. (Sanabria, 2012)

El canibalismo se presenta en esta época por lo cual deben separarse por tallas buscando que no exista una diferencia en tamaños superior al 30%, la primera separación se realiza cuando el animal tiene una talla de 4 cm.

El alimento a suministrar debe ser de un alto contenido proteico 45% a 50%, cuando los alevinos alcanzan un tamaño de 7 y 9cm se inicia el proceso de engorde o ceba, que finaliza con el sacrificio cuando alcanza el peso comercial de 270 a 300 gr, la duración de esta etapa está condicionada a la calidad de agua, en especial a la temperatura y el tipo de manejo dado durante el periodo (Sanabria, 2012).

Principales enfermedades en la trucha arco iris

La aparición de una enfermedad en una población en cultivo se debe principalmente a factores de orden fisiológico, químico o biológico, que pueden ser desencadenadas de forma natural o inducido por las malas condiciones ambientales en el lugar en donde se realiza el cultivo. Las altas densidades de cultivo favorecen el surgimiento y la diseminación de las enfermedades. (Mejía, 2010)

Las enfermedades en las truchas pueden surgir como consecuencia de una mala calidad del agua, como consecuencia del exceso de excretas o alimento no consumido; a deficiencias nutricionales o traumatismos (golpes) sufridos por los peces. (Mejía, 2010)

Algunos de los cambios en el comportamiento del pez cuando sufre enfermedades u otras aflicciones físicas son: bajo apetito, distribución anormal en el estanque, pérdida del equilibrio y debilidad, no tolera el manejo durante la clasificación y transporte. En adición a cambios de comportamiento, la enfermedad puede producir síntomas, los que pueden ser externos e internos, o una combinación de ambos. (Mejía, 2010)

Síntomas que evidencian alguna enfermedad

Síntomas externos:

- 1) áreas descoloridas en el cuerpo.
- 2) áreas erosionadas o inflamadas en la superficie del cuerpo, cabeza y aletas.
- 3) hinchazón del cuerpo o agallas.
- 4) ojos saltones.
- 5) hemorragias.
- 6) cistos conteniendo parásitos.

Síntomas internos:

1) cambios de color de órganos o tejidos (hígado pálido o riñón u órganos aglomerados,

2) hemorragias en órganos u otros tejidos.

3) hinchazón o lesiones semejantes a tumores.

4) cambios en la textura de órganos y tejido.

5) acumulación de fluido en cavidades del cuerpo.

6) cistos que contienen parásitos. (Mejía, 2010)

Cuidados sanitarios

El piscicultor tiene que ser capaz de detectar algunos de los problemas de carencia nutricional o de enfermedades infecciosas más comunes en el cultivo de trucha. Se debe aprovechar los muestreos periódicos para hacer una revisión de los peces en cultivo; debe examinarse las branquias y los peces para tratar de detectar anomalías. (Mejía, 2010)

Enfermedades comunes

Víricas

Las enfermedades víricas más importantes de la trucha son la necrosis pancreática infecciosa (NPI), la septicemia hemorrágica viral (SHV) y la necrosis hematopoyética infecciosa (NHI). El diagnóstico se basa en las manifestaciones clínicas, y en el aislamiento vírico en cultivos celulares. (Mejía, 2010)

Bacterianas

- *Boca roja (Yersiniosis)*: Todos los salmónidos del mundo son potencialmente susceptibles al microorganismo *Yersinia ruckeri*.

- *Enfermedad del agua fría (Enfermedad del pedúnculo)*: Las bacterias Myxobacterium, Flavobacterium y Chondrococcus se han asociado en varios procesos patológicos.
- *Síndrome de mortalidad de alevines (“Síndrome de la anemia de los alevines”)*: El agente causante es Cytophaga psychrophila.
- *Enfermedad el columnaris*: Todas las especies de peces de agua dulce de todo el mundo son susceptibles a Chondrococcus columnaris.
- *Enfermedad bacteriana renal (BKD)*: el agente causal es Renibacterium salmoninarum.
- *Streptococosis*: Afectan a peces tanto de agua dulce como salada.
- *Furunculosis*: El agente causal es Aeromonas salmonicida spp.
- *Septicemia por Aeromonas móviles*: La Aeromona móvil más virulenta pertenece a la especie Aeromonas hydrophila.
- *Septicemia por Pseudomonas*: Pseudomonas spp., P. fluorescens, son comunes en todo el mundo.
- *Vibriosis*: Vibrio anguillarum, tiene difusión mundial. (Mejía, 2010)

Infecciones

Fúngicas

Hay pocas enfermedades micóticas importantes que afecten a la trucha arcoíris. La infección por Saprolegnia, infección por Ichthyophonus. (Mejía, 2010)

Tabla 1

Parásitos más importantes de trucha arcoíris.

Partes del cuerpo	Parásitos
	Protozoos: <i>Ichthyobodo (Costia) necatrix</i> <i>Ichthyophthirius multifiliis</i> <i>Trichodínicos (Trichodina, Trichodinella, Tripartiell</i>
	a)
Piel y Branquias	<i>Chilodonella</i> <i>Paramoeba</i> Metazoos: <i>Gyrodactylus</i> <i>Dactylogyrus</i> <i>Argulus</i> <i>Lernaea</i>
Intestino	Protozoos: <i>Hexamita (Otomitus)</i>
Sistema esquelético	Protozoos: <i>Myxosoma cerebralis</i>
	Protozoos: PK"x" <i>Ceratomyxa shasta</i>
Vísceras y musculatura	Metazoos: <i>Diplostomum spathaceum</i> <i>Diphyllbothrium</i>

Recuperado de: <https://www.aquahoy.com/informe/11630-principales-enfermedades-en-la-trucha-arco-iris>

Parámetros físicoquímicos

La calidad del agua es uno de los factores determinantes en el éxito de una producción piscícola. Los peces requieren condiciones mínimas para realizar sus

funciones vitales, por tal razón se hace necesario un control permanente de los parámetros físicos y químicos del agua (Vides, 2013).

Físicos

Temperatura

Se debe partir de que los peces no tienen capacidad propia de regulación de su temperatura corporal y ésta depende del medio acuático en que viven.

La temperatura rige algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como la evaporación y la solubilidad de los gases. Dentro de los biológicos están los procesos metabólicos como la respiración, nutrición, actividad de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica, etc. de ahí la necesidad de conocer y evaluar los cambios de temperatura del agua. (Vides, 2013) Advierte los grupos de factores que afectan la temperatura del agua:

Aumenta la temperatura del agua Reduce la temperatura del agua

- Radiación solar Radiación devuelta
- Calor atmosférico Conducción de calor a la atmósfera
- Condensación de vapor de agua Conducción de calor al fondo
- Calor de reacciones químicas
- Calor de fricción producido por movimiento de las partículas del agua
- Conducción de calor del fondo

La principal fuente de energía calórica en el estanque es el sol, ésta es absorbida por el agua y se convierte en calor, por consiguiente, cualquier factor que influya sobre la penetración de los rayos solares (Ej. Materia en suspensión) afectará el calentamiento del agua, lo cual causará diferencias térmicas entre los estanques en un mismo sitio y a

su vez afectará la composición del plancton, la distribución de los organismos en la columna de agua y la productividad del estanque.

En estanques poco profundos no se presentan diferencias marcadas de temperatura en la columna de agua, debido a que la brisa puede mezclar el agua y distribuir la temperatura absorbida. En cambio, en los grandes lagos existe una gran diferencia entre la temperatura superficial del agua y la profunda. (Vides, 2013)

La temperatura influye sobre la biología de los peces e invertebrados, condicionando los siguientes procesos:

- La maduración gonadal;
 - El tiempo de incubación de las ovas;
 - El desarrollo larval;
 - La actividad metabólica; y, el ritmo de crecimiento de las larvas, alevinos y adultos.
- Por lo general las reacciones químicas y biológicas se duplican cada vez que hay un aumento de 10°C en la temperatura del agua, por lo tanto, un organismo acuático consume el doble de oxígeno a 30°C que a 20°C.

Por esto deben considerarse las siguientes situaciones:

- El aumento de temperatura disminuye la concentración de oxígeno.
- Temperaturas altas y P.H básico, favorecen que el amoníaco se encuentre en su forma tóxica.
- El consumo de oxígeno causado por la descomposición de la materia orgánica, se incrementa en la medida que aumenta la temperatura.

- A mayor temperatura los fertilizantes se disuelven más rápido y los herbicidas son más efectivos.
- Las diferentes especies de peces tienen sus rangos óptimos de temperatura (Truchas: menores a 18°C; Carpa: 18-24°C; Mojarra, Cachama, Camarón de agua dulce y Bagre: más de 25°C.)
- Los peces presentan poca tolerancia a los cambios bruscos de temperatura.
- Cuando los organismos no están en su rango óptimo de temperatura, no rinden productivamente porque disminuyen drásticamente el consumo de alimento. (Vides, 2013)

Salinidad

En aguas continentales la salinidad corresponde a la concentración de todos los iones disueltos en el agua, especialmente el contenido de cloruros.

Debe considerarse lo siguiente:

- La presión osmótica del agua se incrementa proporcionalmente con la salinidad.
- A medida que aumenta la concentración de iones, aumenta la conductividad.
- El agua de las áreas de alta precipitación, donde los suelos son lavados constantemente, tiene una baja salinidad (150 a 250 mg/l).
- En zonas de poca lluvia donde la evaporación es mayor que la precipitación, la salinidad del agua está en un rango de 500 a 2500 mg/l.

- El agua de pozos profundos tiene valores altos de salinidad que generalmente está dada por la concentración de iones sulfato. (Vides, 2013)

Luz

Sin lugar a dudas el sol juega un papel determinante en el proceso fotosintético desarrollado por los vegetales dentro del agua. Sin embargo, una muy alta intensidad lumínica (80 kiloluz) presenta una marcada disminución de la actividad fotosintética, debido a que la radiación ultravioleta afecta los cloroplastos. De igual manera, la disminución en la intensidad lumínica, afecta notablemente dicha actividad (Vides, 2013).

Evaporación

La evaporación del agua consiste en el cambio de su fase líquida a vapor, por la acción del calor (sol). Esta, aumenta la concentración de sales y actúa como regulador de la temperatura. El viento ejerce un papel importante al causar turbulencia, aumentando de esta manera el área de evaporación y reduciendo la humedad relativa sobre la superficie del agua.

A mayor concentración de sales, menor evaporación. El agua de mar se evapora menos que el agua dulce (2 a 3% veces) (Vides, 2013).

Turbidez

Está dada por el material en suspensión en el agua, bien sea mineral u orgánico. El grado de turbidez varía de acuerdo a la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas suspendidas. La turbidez originada por el plancton es una condición necesaria en acuicultura. Entre más plancton, mayor turbidez. Este parámetro se mide mediante el Disco Secchi, estructura de 30 cm de diámetro que posee cuadrantes pintados

alternadamente en blanco y negro, amarrado a una cuerda calibrada y tiene un peso en el lado opuesto, para que se pueda hundir fácilmente en el agua sin perder la horizontalidad.

La turbidez causada por partículas de arcilla en suspensión que actúa como filtro de los rayos solares afecta la productividad primaria del estanque y por consiguiente la actividad fotosintética del fitoplancton y su producción de oxígeno.

La turbidez limita la habilidad de los peces para capturar el alimento y por consiguiente éste irá al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica en descomposición lo que va en detrimento del oxígeno disuelto (Vides, 2013).

Color

Está dado por la interacción entre la incidencia de la luz y las partículas suspendidas en el agua. Las aguas incoloras en días soleados toman tonalidades azulosas. La mayoría de los florecimientos de fitoplancton tienden a dar una coloración verdosa. Aguas con altos contenidos de hierro tienden a ser rojizas. El color más común del agua está dado por el material vegetal en descomposición, el cual produce un color café claro muy característico del alto contenido de humus.

Además, estas aguas por lo general son ácidas. El color en sí no afecta a los peces, pero restringe la penetración de los rayos solares y disminuye de esta manera la productividad primaria del estanque, centrada en el proceso fotosintético (Vides, 2013).

Parámetros químicos

Oxígeno Disuelto

Corresponde al parámetro más importante en la calidad del agua. Si hay déficit se afecta el crecimiento y la conversión alimenticia de los peces y demás organismos acuáticos.

Deben considerarse los siguientes aspectos:

- El oxígeno es disuelto en el agua por difusión desde la atmósfera (por vientos o medios artificiales) y por la fotosíntesis.
- El oxígeno es consumido del agua por la respiración de los organismos lo cual es esencialmente lo inverso al proceso fotosintético.
- Durante el día con la fotosíntesis se produce oxígeno que es removido del agua por la demanda respiratoria de los animales y de las plantas.
- En la noche, tanto plantas como animales continúan respirando sin que haya nuevos aportes de oxígeno al agua; de ahí los críticos niveles de oxígeno en los estanques en las horas de la madrugada, cuando no se dispone de una entrada de agua fresca que corrija tal situación.
- El oxígeno también se remueve del agua como un resultado de ciertas reacciones químicas inorgánicas, lo que se conoce como demanda química de oxígeno (DQO).
- La saturación de oxígeno disuelto depende de la temperatura, la salinidad y de la altitud.

La concentración de oxígeno en un estanque puede variar de acuerdo con las siguientes características:

- Iluminación solar; sin esta no es posible la fotosíntesis y por consiguiente la producción de oxígeno.
- A mayor temperatura del agua más rápido el proceso de degradación de la materia orgánica y por consiguiente mayor consumo de oxígeno.
- Cantidad de fitoplancton que libera oxígeno durante el día y lo consume por las noches.
- Cantidad de zooplancton y otros organismos que consumen oxígeno durante el día y la noche.
- La materia orgánica y las poblaciones bacterianas que consumen grandes cantidades de oxígeno entre la capa superficial y la columna de agua.
- La producción de oxígeno en los días nublados es menor que la de días despejados.
- El viento, que, al crear olas y turbulencia en el agua, permite intercambio de oxígeno entre la capa superficial y la columna de agua.

Las fluctuaciones regulares de oxígeno disuelto en un estanque durante un día, son las siguientes:

- Los niveles más bajos de oxígeno se darán en las primeras horas de la madrugada y la mañana e irán incrementándose a medida que es mayor la intensidad solar.
- Los niveles máximos de oxígeno se darán en las primeras horas de la tarde y con el ocaso van disminuyendo gradualmente con la intensidad de luz.
- Es común observar en los estanques densos florecimientos de plancton como una nata de algas en la superficie, que, al morir repentinamente en su proceso de

descomposición, se consumen gran cantidad de oxígeno. Por esto debe tenerse la precaución de remover del estanque todo tipo de materia orgánica en descomposición, para no comprometer la disponibilidad de oxígeno disuelto (Vides, 2013).

Potencial de Hidrógeno (pH)

El valor del pH está dado por la concentración del ion hidrógeno e indica si el agua es ácida o básica y se expresa en una escala que varía entre 0 y 14. Si el valor es de 7 hablamos de un pH neutro.

Los cambios de pH dentro de un mismo cuerpo de agua están relacionados con la concentración de dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido. Los organismos vegetales demandan dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal forma que este proceso determina en parte la fluctuación de pH y es así como se eleva durante el día y disminuye en la noche.

La estabilidad del pH viene dada por la llamada reserva alcalina o sistema de equilibrio (tampón) que corresponde a la concentración de carbonato o bicarbonato.

Los extremos letales de pH para la población de peces en condiciones de cultivo, están por debajo de 4 y por encima de 11. Además, cambios bruscos de pH pueden causar la muerte.

Las aguas ácidas irritan las branquias de los peces, las cuales tienden a cubrirse de moco llegando en algunos casos a la destrucción histológica del epitelio. La sobresaturación de dióxido de carbono acidifica aún más el agua causando alteraciones de la osmorregulación y acidificando la sangre.

La peligrosidad de las aguas ácidas ricas en hierro, al producirse un precipitado de hidróxido férrico en las branquias de los peces, tornándose estas de un color marrón

oscuro y causando la muerte de los peces por asfixia. P.H alcalinos pueden ocasionar lesiones de córnea y cristalino causando ceguera y también necrosis de las aletas dorsal y caudal en truchas. El amoníaco en pH ácido se transforma en ion amonio, forma ionizada no tóxica, pero en pH básico se torna altamente tóxico (Vides, 2013).

Dióxido de carbono

El CO₂ es esencial para la fotosíntesis e influye grandemente sobre el pH del agua. Pude llegar a ser tóxico causando problemas de equilibrio en los peces, seguido de adormecimiento y disminución de la frecuencia respiratoria; además los peces no permanecen en la superficie.

La concentración de CO₂ en el agua está determinada por:

- La respiración de los organismos acuáticos; la fotosíntesis; y, descomposición de la materia orgánica.
- Durante el día, a través del proceso de fotosíntesis, hay consumo de CO₂ y a su vez hay producción del mismo producto de la respiración de los organismos animales. En los estanques ricos en fitoplancton, el consumo de CO₂ puede ser tan alto que puede llegar a cero. Durante la noche cesa la fotosíntesis, no se consume más CO₂, pero continúa la respiración, y por consiguiente la liberación de CO₂ al agua de modo que vuelve a subir su concentración, alcanzando el mínimo en las primeras horas de la tarde y el máximo en la noche. El CO₂ al mezclarse con el agua produce ácido carbónico (Vides, 2013).

Alcalinidad total y Dureza total

La alcalinidad corresponde a la concentración total de bases en el agua expresada como mg/l de carbonato de calcio equivalente y está representado por iones de

carbonato y bicarbonato. La capacidad amortiguadora del pH en el agua está dada por estos iones.

La dureza total se define como la concentración de iones, básicamente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y se expresa en mg/l de carbonato de calcio equivalente.

Otros iones divalentes contribuyen a la dureza, pero son menos importantes.

Dureza (mg/l)

Clasificación

0 – 75 Blanda

75 – 150 Moderadamente dura

150 – 300 Dura

Mayor a 300 Muy dura

Los mejores niveles de alcalinidad total y dureza total para acuicultura están entre 20 y 300 mg/l. Si los valores de estos dos parámetros son bajos se pueden corregir mediante encalamiento de los estanques. (Vides, 2013)

Compuestos nitrogenados

Estos se originan en los estanques como producto del metabolismo de los organismos bajo cultivo y son liberados durante la descomposición que hacen las bacterias sobre la materia orgánica animal y vegetal.

Este proceso se debe a la acción de bacterias aeróbicas, como Nitrosomonas, responsables del paso de amoníaco a nitritos, y la bacteria Nitrobacter es la responsable del paso de nitrito a nitrato. La desnitrificación de nitratos a nitrógeno y salir del agua como un gas disuelto, puede llevarse a cabo por una variedad de bacterias como Pseudomonas, Achrobacter, Bacillus, Micrococcus y Corynebacterium.

Si se sospecha de intoxicación por nitritos, se recomienda sacrificar un animal y observar su sangre y si su coloración es achocolatada, es debido a la formación de metahemoglobina. Además, los peces mueren con la boca abierta y los opérculos cerrados.

El aumento del pH y de la temperatura incrementa el porcentaje de amoníaco no ionizado y por consiguiente su toxicidad.

La presentación del amoníaco en el agua se da bajo dos formas: Amoníaco no ionizado (NH_3) que es tóxico; y, el ion amonio (NH_4) que no es tóxico, a menos que la concentración sea demasiado alta. (Vides, 2013)

Piscicultura en tanques de geomembrana

Como una alternativa productiva, rentable y amigable con el medio ambiente que requiere del acompañamiento y asesoría técnica de un experto, se define la tendencia a la que hoy en día más piscicultores le apuntan: acuicultura en tanques en geomembrana. Con este tipo de material, derivado del petróleo y altamente impermeable, están construyéndose estanques circulares que van desde los 3 hasta los 30 metros y que son utilizados para intensificar la producción del cultivo de peces. (Contexto Ganadero, 2016)

“La geomembrana, como parte de la infraestructura del cultivo, se utiliza para intensificar la producción en los sistemas de recirculación, acuaponía y el biofloc”, aseguró Hermes Mojica, profesional especializado de la AUNAP.

La ventaja de esta alternativa, es que mientras en los sistemas tradicionales se siembran entre 1 y 5 peces por metro cuadrado, si se cosechan de una libra, se obtendrían de 2 a 3 kilos por metro cúbico; mientras que en tanques de geomembrana,

con un diseño técnico adecuado y unos equipos de óptima calidad pueden lograrse hasta 100 kilos por metro cubico. Se necesita poco espacio, no hay necesidad de hacer excavaciones en tierra, pueden caber perfectamente 10 estanques circulares en menos de 1.000 metros cuadrados.

Lo anterior, sin contar con el ahorro de agua, pues como es un sistema cerrado, solo se necesita hacer el recambio de la que se pierde, que en promedio es de 1 % diario y no causa vertimientos al medio ambiente. (Contexto Ganadero, 2016)

Usos:

Los usos son variados, ya que permiten cultivar cualquier tipo de especies acuícolas, tales como pescado, camarón, cangrejos, entre otros. Hasta el momento la implementación de estos proyectos ha tenido gran aceptación en los sistemas de cultivo acuícola en el país, potenciando su desarrollo y opciones económicas rentables para los acuicultores (Sistemasacuicolas, 2017).

Los cultivos de tilapia (o cualquier otra especie) bajo ambientes de recirculación presenta grandes ventajas frente a las prácticas tradicionales (estanques de tierra), entre ellos: (Tilapiacenter, 2016)

Ventajas

- *Alta carga productiva/rentabilidad:* En condiciones normales se puede manejar densidades de cultivo desde 20 Kg/m³ de agua en adelante; frente a 2 a 5 Kg en estanque de tierra. Con técnicas muy avanzadas y disciplinadas se pueden lograr densidades entre 80-150Kg/m³ de agua. La alta carga productiva da como resultado la rentabilidad económica, luego de todos los gastos que se genere (alimentación, energía, mano de obra, administración, etc.) (Tilapiacenter, 2016)

- *Velocidad de desarrollo del pez:* Debido a un buen ritmo de alimentación y control de calidad de agua (sanidad), se puede lograr aceleración de crecimiento entre 20-35% más rápido que en estanques de tierra. De esta manera se puede considerar ciclos de cultivo de 4 meses por tanque para obtener peces de talla comercial (250-300gr). Así también, los peces se desarrollan de manera uniforme, y si se evidencia desfases se puede reclasificarlos con comodidad (Tilapiacenter, 2016).
- *Control de enfermedades:* aunque la tilapia no adquiere fácilmente enfermedades (si las condiciones climáticas son las aceptables: especialmente oxígeno y temperatura superior a 21°C), al encontrarse en cautiverio es manejable llevar a cabo acciones de cuarentena (Tilapiacenter, 2016).
- *Baja mortalidad:* La mortalidad en estos sistemas puede llegar al 1-2%, mientras que en los tradicionales entre el 8-15% (Tilapiacenter, 2016).
- *Calidad del producto:* es un factor muy importante, que mejora la economía, pues los peces al no estar en contacto con el lodo o sustancias extrañas, se logra un pez muy sano sin sabores/olores desagradables, que finalmente tiene mejor apreciación por el cliente. Esto vendría a ser el "establecimiento o construcción de un mercado sostenible" (Tilapiacenter, 2016).
- *Cuidado ambiental:* Sea desde el punto de vista ético o legal, al momento no se puede pensar en acuicultura sostenible si no se tiene un plan de manejo ambiental (incluso si se dispone de abundantes caudales de agua). Sabemos que los sistemas abiertos (sin recirculación), inevitablemente contaminan las fuentes de agua, ya que en la fase de cultivo se genera residuos metabólicos de los peces. Ante esto, los sistemas de recirculación dan la posibilidad del manejo adecuado de los residuos (o lo que es lo

mismo: materia prima para otros subproductos), como por ejemplo destinándolo como subproducto para fertilización de suelos o cultivo de lombrices, que, a su vez, esta proteína puede alimentar otros animales, etc. generando más economía en el sistema (Tilapiacenter, 2016).

- *Optimización de recursos naturales:* Considerando que los recursos principales son AGUA y TIERRA (espacio). En cuanto al recurso agua, al permanecer en recirculación, se logra un ahorro total, siendo necesario reponer solamente el 1-5% (por evaporación y mantenimiento de limpieza de filtros). Así, el cultivo en recirculación es factible sea en áreas urbanas o rurales, con agua potable (tratada), agua lluvia o de río. Por otro lado, el recurso tierra, significa un gran ahorro de espacio de terreno, pudiendo ser esto dedicado para otras actividades. Si se hace una relación: en una hectárea (10.000m²) se puede cultivar 30 toneladas métricas por año (30.000 kg.) en estanques de tierra, mientras que en una hect. de instalaciones de recirculación con tanques circulares de geomembrana se puede producir entre 500 y 1200 Tm/año, a esto se suma el bajo impacto ambiental que causaría si se realiza excavaciones de estanques de tierra.

Esto da la pauta que en un solar pequeño tranquilamente se puede establecer un negocio rentable de acuicultura.... Un ejemplo de impacto ambiental y una clara evidencia de desperdicio de recursos son el uso que se le da a los manglares para hacer acuicultura extensiva, allí se sacrifica gran parte del ecosistema natural y sus efectos (manglares, pobreza para los lugareños, etc.) para lograr poca productividad (ineficiencia) sea de camarón o tilapia por metro cuadrado. Analógicamente este mismo impacto a escalas relativas al llevar a cabo la construcción de estanques de tierra en otras partes del país (Ecuador) (Tilapiacenter, 2016).

- *Desarrollo del conocimiento y tecnología y aporte social:* esta actividad da la posibilidad de involucrarse en tantas disciplinas de la ciencia, y, por lo tanto, hacerlo más interesante, fomenta el impulso creativo para los actores directos e indirectos. Si bien una ama de casa o familia puede cuidar de esta actividad, o un empresario puede lograr beneficios redituables, también puede tomarse como un canal de investigación para fines educativos o proyectos pilotos de acuicultura tecnificada, por parte de organismos públicos, para futuras transferencias de tecnología hacia el entorno de interés (Tilapiacenter, 2016).

Desventajas

- *Alta inversión:* inevitablemente, si se quiere cambiar la cultura productiva (mentalidad) y transitar hacia métodos más eficientes (lograr más con menos) o lo que es lo mismo, "El cambio de la Matriz Productiva" es necesario dejar de llamarlo desventaja a la alta inversión, que requieren estas implementaciones. Por lo general la recuperación de la inversión se da a un año en acuicultura tecnificada, tiempo prudente como para dedicar capital propio, financiado o por asociación (Tilapiacenter, 2016).
- *Dedicación y trabajo constante:* Es común escuchar "mucho trabajo". Aunque suene duro, estamos programados (cultura, aprendizaje, tradición..) para elegir trabajos que no requiere mucho esfuerzo, podría llamarse a esto facilismo o muy cómodos, esto también es entendible ya que nuestro país todavía no sufre una crisis (ej. Japón) que nos haga reflexionar, valorar y por lo tanto, aprovechar de mejor manera nuestros recursos (que es evidente, escasean día a día) mientras se desarrolla tecnología y conocimiento, que es una de las razones de Ser de una comunidad (humanidad). No es nuevo, que preferimos soltar ganado en el potrero y crezcan a la

suerte, a cambiar por la implementación de sistemas estabilizados, que con poco espacio se podrá lograr grandes producciones. Bajo este mismo patrón reflexivo, sería mejor excavar extensiones de tierra y cultivar organismos acuáticos (ej. tilapia, camarón), sin un previo análisis de los impactos negativos, principalmente porque no resulta rentable desde varias esferas (económico, ambiental, social, etc.).

Preferiremos hacer actividades que se vienen practicando por generaciones, sin mucho riesgo y por lo tanto sin ningún carácter de innovación... En contraste a esto, aplicar tecnología a un proceso productivo (ej. acuicultura) demanda de esfuerzo, presencia permanente de personas para vigilar el buen funcionamiento de todo el sistema. En función del volumen del negocio, requiere organización y planificación de actividades, en fin, si el negocio cubre todos los costos operativos, y queda una utilidad, aunque sea pequeña, ya es significativo el aporte que se ha hecho a la sociedad, porque en el proceso se ha generado empleo, conocimientos, alimentación, y es el apalancamiento para seguir mejorando y promoviendo mejores ideas de desarrollo, no solo para el iniciador sino para su grupo o entorno. No está por demás recordar que cualquier negocio que se emprenda, analógicamente, se tomaría como un niño que nace, éste inicialmente requiere todos los cuidados, sacrificios, paciencia, constancia, etc. para después de unos años (5, 10 o incluso 20 años) poder ver los frutos de aquel esfuerzo (Tilapiacenter, 2016).

Metodología

Envigado, la ciudad señorial de Antioquia está ubicada en el sur-oriente del valle de aburra, cuenta con un área aproximada de 78.80 km², de los cuales 66.68 km² corresponden al área rural, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 1.575 msnm y una altura máxima de 2.900 msnm, limitando con Medellín en el corregimiento de santa Elena, caldas, sabaneta, Itagüí, río negro y el retiro. Con un total de 236.114 habitantes, los cuales de 6 veredas en el municipio habitan 10.740 personas en la zona rural, con una temperatura promedio de 18-22°C y humedad relativa del 70%. (Alcaldía de Envigado, 2020)

Con la secretaria de medio ambiente y desarrollo agropecuario del municipio de envigado en la vereda pantanillo, se está realizando un nuevo proyecto para los campesinos envigadeños que es la acuaponía, una técnica que les ayudara a producir alimentos con una adecuada seguridad alimentaria y alimentos orgánicos sin agroquímicos o fertilizantes que puedan afectar la salud y el ecosistema a largo plazo, además se capacitan a las familias campesinas para generar impactos económicos positivos, dando a conocer sus productos orgánicos y sostenibles en los mercados campesinos contando al público los beneficios de este sistema.

En la finca la marta ubicada en la vereda pantanillo sector los gallegos, el propietario Francisco Javier Gallego cuenta con un área de su propiedad donde se está implementando una producción limpia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en 1 estanque en tierra y 5 tanques circulares de geomembrana con filtración mecánica, se medirán los parámetros fisicoquímicos más importantes de (Alcaldía de Envigado, 2020) la calidad del agua en los tanques, se hará registro y control de la calidad del agua y de

la eficiencia productiva de la trucha arcoíris, acompañado de este sistema se está construyendo un sistema acuapónico artesanal donde se utilizaran las aguas residuales que vienen de los tanques de cultivo analizando el rendimiento y crecimiento de las plantas hortalizas en simbiosis con los peces y los desechos orgánicos de los mismos.



Figura 6. construcción del sistema acuapónico artesanal.



Figura 5. Tanques de plástico para filtro de 2000L.



Figura 7. Tanques y tubería.



Figura 8 .Estanque en tierra.

Materiales

- Tanques circulares de geomembrana de 4 metros diámetros
- Tubería y accesorios PVC de 3" y 4"
- Llave de bola de 2"
- Poli sombra 75% de radiación
- Tanques plásticos de 1000 y 2000 L de agua.
- Tanques plásticos para filtro mecánico de 200 L.
- Gravilla para filtro.
- Malla para filtro.
- Plástico negro calibre 8 (6x100).
- Guadua del Quindío de 6 metros de largo
- Manguera niveladora.
- Motosierra.
- SERRUCHO.
- Lápiz.
- Alambre o cable para amarrar guadua.
- Bomba periférica 370 W, 0.5 HP y de 30l/min de caudal
- Fotómetro Hanna Instrumens 83300.
- Reactivos para el fotómetro 83300.
- Concentrado cipa y finca trucha iniciación, levante y ceba.
- Semilla de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)
- Estereoscopio y telescopio.
- Placa de Petri.

- Pinzas.

Resultados

Los tanques y tubería en la finca la marta ya estaba instalados y algunos ya con producción en sus tanques, pero ya en etapa de finalización; el proceso de preparación para iniciar con una nueva siembra en los tanques de geomembrana fue el siguiente:

1. Se vaciaron los tanques
2. Se realizó proceso de lavado y desinfección de los tanques.
3. Se dejó toda una noche vacíos los tanques y al día siguiente se colocaron a llenar.
4. El agua tuvo un proceso de maduración de 8 días.
5. Se vaciaron los tanques de filtros y se lavaron.
6. Se agregó material nuevo de filtración (gravilla y malla).
7. Se realiza la correcta conexión entre la tubería y los accesorios, los filtros y el tanque.

El 10 de noviembre del 2020 se realizó la siembra de la semilla de trucha arcoíris y se distribuyó la siembra de la siguiente manera:

1. la siembra se realizó en los 5 tanques de geomembrana y en el estanque en tierra.
 - En el estanque en tierra se sembraron 250 alevinos.
 - En el tanque número 1, 2 y 4 se sembraron 250 alevinos.
 - Y en el tanque número 3 y 4 se sembraron 500 alevinos.



Figura 9. Tabla de fecha de siembra, caudal, temperatura y cantidad.



Figura 10. siembra de trucha arcoiris por el propietario en el tanque número dos.



Figura 11. Alevinos de trucha arcoíris



Figura 12. Estanque en tierra antes de la siembra.



Figura 13. Tanque de filtración que pasa del tanque dos al tanque número tres.

El 30 de noviembre del 2020 se encontró en la finca la marta un porcentaje alto de mortalidad en los tanques número 4 y 5. En el tanque número 4 se sembraron 500 alevinos y se encontró una mortalidad del 28% un total de 140 alevinos muertos, pesando 2.1 gr y con una talla de 6 cm.

Análisis de agua de los parámetros más importantes.

Tabla 2

Análisis de agua tanque # 4.

Tanque # 4	
Parámetro	Resultado
Amoniaco(mg/l)	0,00 mg/l
Nitrito (ppm)	0 ppm
Nitrato (mg/l)	0,0 mg/l
Oxígeno disuelto (mg/l)	10 mg/l
Alcalinidad (mg/l)	9 mg/l
Dureza total (mg/l)	16 mg/l
PH	7.3
Fosfato (mg/l)	0.03mg/l

En el tanque número 5 se sembraron 250 alevinos y se presentó una mortalidad del 30% un total aproximado de 75 alevinos muertos, con un peso promedio de 2 gr y una talla de 6 cm.

Análisis de agua

Tabla 3.*Análisis de agua tanque # 5.*

Tanque # 5	
Parámetro	Resultado
Amoniaco (mg/l)	0,00 mg/l
Nitrito (ppm)	0 ppm
Nitrato (mg/l)	0,0 mg/l
Oxígeno disuelto (mg/l)	10 mg/l
Alcalinidad (mg/l)	0 mg/l
Dureza total (mg/l)	20 mg/l
PH	7.2
Fosfato (mg/l)	0.03mg/l

Analizando la mortalidad ocurrida en los tanques, se observó el comportamiento extraño de los peces, se encontraban apartados, pegados al tubo, nadando en la superficie del agua, respirando lentamente, y sin apetito, además se detallaron unas motas o copos blancos que tenían adheridas a su piel; los alevinos muertos algunos se encontraban reventados o con laceraciones, y con sus branquias llenas de babaza lo cual significaba el grado de estrés y lo enfermas que se encontraban.

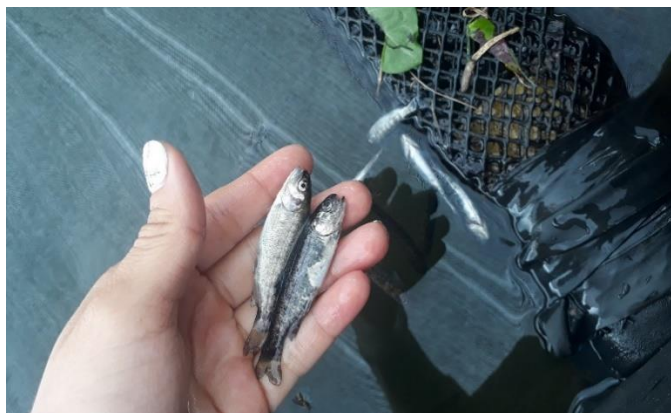


Figura 14. Alevinos muertos.

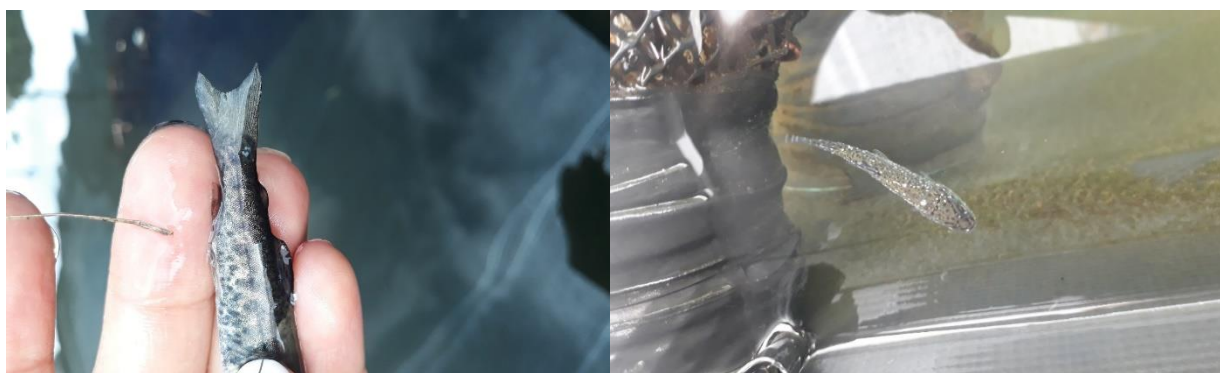


Figura 15. Motas blancas adheridas a la piel.



Figura 16. Toma de peso y talla de cada tanque.

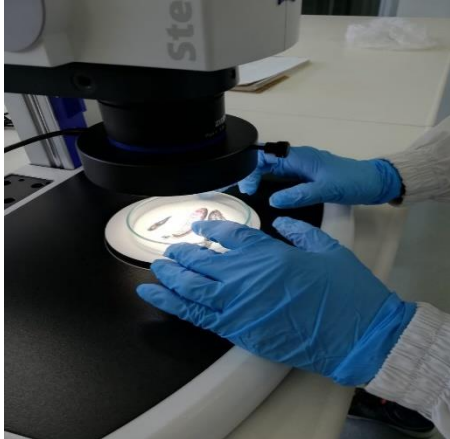


Figura 17. Análisis en el estereoscopio.

Se recogió muestra de los peces de cada tanque y se llevaron para el laboratorio de microbiología de la corporación universitaria lasallista, allí se observaron, se realizó raspado de la piel y branquias y se analizaron en el estereoscopio y microscopio.

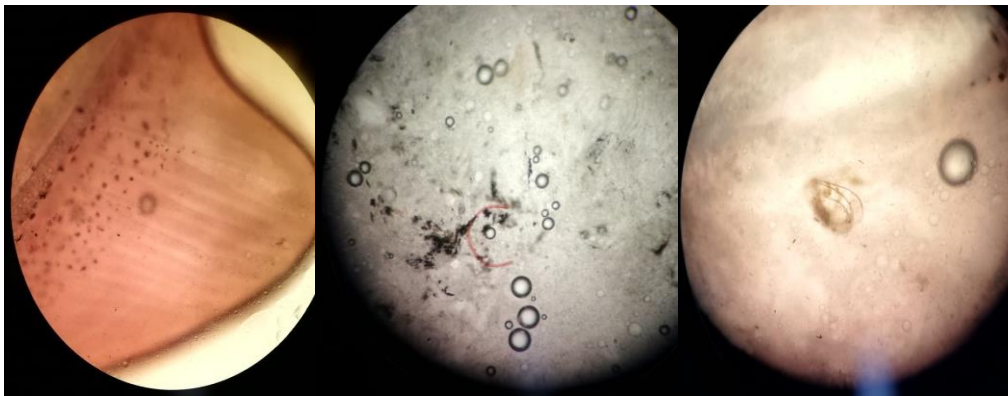


Figura 18. Branquias llenas de baba, identificación del hongo, en microscopio

Se encontró un hongo llamado Saprolegniasis (saprolegnia) es uno de los más importantes agentes fúngicos que ataca los peces de agua dulce, y se presenta más que todo por mortalidades en el agua, materia orgánica en el suelo, densidades altas

de peces, falta de nutrientes, o por temperaturas muy bajas la respuesta inmunológica de los peces a las infecciones es disminuida.

Se aislaron los peces vivos y se realizó tratamiento con sal, los tanques se lavaron, los desagües, tubos y filtros también. El hongo se manifestó por bajas temperaturas en la zona, por temporada alta de lluvias, corrientes de aire fuertes y por falta de higiene en tuberías y desagües, así sea que los parámetros hayan salido bien en el fotómetro 83300.



Figura 19. Peces en tratamiento con sal.



Figura 20. Lavada de tanques.

La construcción del sistema acuapónico en la finca la marta se realizó de la siguiente manera:

- Se preparó y se midió el terreno.
- Se llevaron los materiales de construcción como la guadua, plástico, tubería y accesorios, manguera niveladora, motosierra, serrucho, alambre para amarrar las guaduas, lápiz.
- Su medida es de 4 tanques cada uno con una medida de 6 metros de largo x 1.10 de ancho x 60 cm de profundidad (6x1,10x60).
- Se realizó el montaje de la guadua y se amarraron.
- Se procedió a poner la tubería, accesorios y el plástico en los tanques.
- La hortaliza con la cual se va empezar el proyecto es la lechuga, a medida que evoluciona el sistema se sembraran más variedades de hortalizas.
- Para el año 2021 este proyecto sigue en pie hasta el desarrollo y funcionamiento del sistema acuapónico.



Figura 21. Acuapónico con plástico y tubería.

Conclusiones

- Los campesinos se benefician económicamente con los proyectos e insumos que lanza y brinda la secretaria de medio ambiente y desarrollo agropecuario de envigado anualmente.
- la finca la marta se está convirtiendo en pequeña productora y comercializadora de trucha arcoíris.
- Los sistemas de recirculación acuapónicos son un medio eficaz para reducir y aprovechar los residuos que son desechados al ambiente.
- Las plantas utilizadas en el sistema acuapónico purifican el agua de cultivo y, con un adecuado diseño, pueden eliminar la necesidad de biofiltros separados y costosos. Es así como en sistemas de acuaponía, el componente hidropónico puede proporcionar biofiltración suficiente para el cultivo de organismos acuáticos y por lo tanto evitar el costo de compra y operación de un biofiltro separado.
- La trucha arcoíris es un pez de cuidado por eso es importante tener un control de los parámetros de calidad de agua y observar su comportamiento.

Referencias

- Alcaldía de Envigado. (2020). *Ubicación de Envigado*. Obtenido de <https://www.envigado.gov.co/#/ubicacion/contenido/ubicacion>
- Contexto Ganadero. (2016). *La geomembrana, una opción para la piscicultura*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/agricultura/la-geomembrana-una-opcion-para-la-piscicultura>
- FAO. (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Visión general del sector acuícola nacional: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es
- García-Ulloa, M., León, C., Hernández, F., & Chavéz, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 9(1), 2-3. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>
- Jimenez, A. (2002). *Sistemas de recirculación en acuicultura*. Obtenido de http://www.industriaacuicola.com/PDFs/Sistemas_de_recirculacion.pdf
- José, P. (2020). *Acuicultura*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/acuicultura/>
- Mejía, C. R. (2010). *Principales enfermedades en la trucha arco iris*. Obtenido de <https://www.aquahoy.com/informe/11630-principales-enfermedades-en-la-trucha-arco-iris>

- Merino, & Maria Claudia. (2018). *Acuicultura en Colombia*. Obtenido de <https://www.aunap.gov.co/images/convenio/presentacion-tecnica-acuicultura-en-colombia.pdf>
- Prfarmcredit. (2020). *Ventajas y Desventajas de los cultivos hidropónicos*. Obtenido de <https://prfarmcredit.com/ventajas-y-desventajas-de-los-hidroponicos/>
- Sanabria, Y. A. (2012). *Historia de la Acuicultura en Colombia*. Obtenido de [.https://www.monografias.com/trabajos102/sistema-acuicola-acuicultura-tipos/sistema-acuicola-acuicultura-tipos.shtml](https://www.monografias.com/trabajos102/sistema-acuicola-acuicultura-tipos/sistema-acuicola-acuicultura-tipos.shtml)
- Sistemasacuicolas. (2017). *Tanques en Geomembrana: Una solución para la piscicultura*. Obtenido de <https://sistemasacuicolas.com/tanques-geomembrana-solucion-piscicultura/>
- Tilapiacenter. (2016). *Ventajas modulos TIL AP*. Obtenido de <http://tilapiacenter.com/index2/recursos/blog-y-experiencias/77-cual-es-la-ventaja-de-cultivar-tilapia-en-sistemas-de-recirculacion-que-ahorran-agua-y-espacio>
- todohusqvarna. (2019). *Conoces la hidroponia*. Obtenido de <https://www.todohusqvarna.com/blog/hidroponia/>
- Vergaray, P. (2015). *Comportamiento productivo de 2 densidades de siembra* . Obtenido de <http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/109/1/TESIS%20DE%20SISTEMA%20ACUAPONICO.pdf>
- Vides. (2013). *parámetros físicos químicos*. Obtenido de <https://consideraciones-acuicolas2.webnode.com.co/news/parametros-fisico-quimicos/>

