

Capítulo 7

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA CRÍA DE ALEVÍN DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) Y CARPA COMÚN (*Cyprinus carpio*)

Resumen

En el desarrollo de la acuicultura, el agua juega un papel sumamente importante, sus características físico – químicas, calidad y cantidad, determinan la especie a cultivar y la factibilidad del cultivo tanto técnica como económica.

Se escogió la etapa de alevín para el objetivo de este proyecto, que fue, diseñar y evaluar un sistema de tratamiento de agua residual acuícola semicerrado que permita el desarrollo adecuado del alevín de trucha arcoiris y carpa común. Para lograr el objetivo, se diseñó un sistema de tratamiento de agua residual acuícola, cuyo tren de tratamiento consto de un filtro parabólico de mallas de 300µm, un filtro biológico (percolador), un filtro de arena, un filtro de carbón activado y una lámpara ultravioleta para desinfección. El sistema se evaluó con dos cultivos en la etapa de alevín de especies dulce – acuícolas, trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y carpa común (*Cyprinus carpio*). Los cultivos se establecieron en seis estanques de 4m³ cada uno, tres para el cultivo de trucha y tres para el de carpa. Cabe mencionar que los estanques se diseñaron para trabajar en dos cascadas, es decir, el efluente del primer estanque sirve de influente para el segundo y su efluente es el influente del tercero, se tuvieron dos cascadas con tres niveles cada una.

Para la evaluación del sistema de tratamiento se establecieron 10 estaciones repartidas entre las operaciones unitarias del sistema, donde se analizaron los parámetros: DBO, DQO, NH₃, NO₂, NO₃, pH, temperatura, conductividad, sólidos, turbidez, cuenta en placa, coliformes totales y fecales. En la evaluación de los cultivos se analizó el incremento de peso y longitud, así como, los parámetros: OD, pH, conductividad y temperatura, para cada una de los seis estanques.

Los resultados encontrados, encontrados para los parámetros analizados fueron: el oxígeno disuelto tiende a consumirse hasta llegar al filtro biológico donde se incrementa, para luego disminuir hasta llegar a la lámpara ultravioleta donde se incrementa nuevamente el oxígeno, también, se observa una disminución de los sólidos disueltos y conductividad, sin embargo al pasar por el filtro biológico se vuelve aumentar la concentración de estos. La eficiencia del sistema en cuanto a la turbidez y los sólidos suspendidos es de 98%, para la DBO₅ es de 96.6%, para NH₃ de 71.4%.

En conclusión se tiene que la planta de tratamiento ha probado ser eficiente en la depuración de agua residual acuícola, en la etapa de alevín de los organismos acuáticos cultivados en este proyecto (trucha arcoiris y carpa común) y el alcance de este proyecto se sitúa en el apoyo de las comunidades con escasez de agua, donde, con sistemas semicerrados de tratamiento de agua residual acuícola para su reuso, les permita establecer cultivos de peces con un éxito asegurado.

Palabras Clave: Acuicultura, Reuso de agua residual acuícola, Sistemas de tratamiento de agua, *Oncorhynchus mykiss*, *Cyprinus carpio*.

Introducción

“El agua constituye uno de los elementos fundamentales para la vida, es seguramente un recurso vital, que hoy en día por su escasez y deterioro adquieren características muy graves y preocupantes a escalas mundiales” (Martínez, 1997).

Las necesidades de agua, como elemento vital para el ser humano, han ido aumentando conforme lo ha hecho la civilización y el crecimiento de la población. El desarrollo de las actividades del hombre relacionadas con el agua han dejado un elemento contaminado que representa una variable crítica para el crecimiento, desarrollo y permanencia de la población.

Como ejemplo de la contaminación del agua, las lagunas de la cuenca alta del Río Lerma, Estado de México, presentaban años atrás actividad económica como cultivo de peces y daphnia; actualmente, la producción de animales acuáticos ha decaído drásticamente, al grado de ya no estar el recurso disponible para su uso.

El problema de la contaminación del agua ha sido atacado de diferentes maneras. Antiguamente, la eliminación de las aguas residuales era resuelto mediante la construcción de sistemas de conducción de agua, sistemas de recolección y conducción de aguas residuales hacia una corriente natural de agua, generalmente un arroyo o canal a cielo abierto, localizado en las partes bajas y alejadas de las comunidades (García, 1999). Posteriormente, al incrementarse la cantidad de las aguas residuales fueron un problema de contaminación de las mismas corrientes naturales, por lo que, surge la necesidad de tratar esta agua, llegando a tener sistemas de tratamiento y desinfección de agua. Una vez tratadas, se incorporaban de nuevo a las corrientes naturales. Esta contaminación, sin embargo, sigue trayendo como consecuencia que algunas actividades del ser humano, como la acuicultura, se vean afectadas significativamente, debido a que la calidad del agua es un factor limitante de desarrollo dentro de esta actividad.

La producción en las granjas acuícolas depende directamente de la cantidad de agua y su calidad, es decir, la capacidad de carga de una granja es el balance entre los factores bióticos (animales acuáticos) y los factores abióticos (agua). Para un desarrollo óptimo (crecimiento, salud y conversión alimenticia) de un determinado cultivo, la producción estará en función de un buen soporte de vida (calidad de agua) y la cantidad de agua que puede ser administrada (Klontz, 1991).

Los problemas que actualmente se tienen en granjas acuícolas relacionados con la cantidad de agua son: bajo tiempo de recambio, baja velocidad del agua y sobrepoblación de los espacios de cultivo (Klontz, 1991). Los problemas relacionados con la calidad del agua, generalmente, derivan en enfermedades o en estrés, que no permite el buen desarrollo de los animales acuáticos. Por ejemplo, en los cultivos de ranas (Hipólito, 1999), la mala calidad del agua permite la propagación de enfermedades como lesiones en la piel de las ranas, infecciones bacterianas, envenenamiento por sustancias tóxicas o exceso de nutrientes, lento o nulo desarrollo de los animales, lesiones en las patas y dedos, etc. Otro problema frecuentemente encontrado en algunas granjas es el uso de la misma agua a través de diferentes estanques, esto ha traído como consecuencia que los animales que reciben esta agua, tengan problemas sanitarios o de supervivencia, debido a la baja cantidad de oxígeno disuelto, la alta concentración de sólidos suspendidos, ocasionando generalmente la muerte (Hipólito, 1999; Klontz, 1991).

Una de las soluciones que han encontrado los acuicultores para aumentar la producción, o para disminuir los riesgos de una mala calidad de agua en estanques subsecuentes, es el sistema de reuso del agua, entendiendo esto como: un conjunto de procesos que mejoran la calidad del agua, que permiten una mayor producción (Mayo, 1991).

Sin embargo, el sistema de reuso del agua solamente se ha utilizado cuando el costo del agua tratada es muy inferior al beneficio o al costo del producto, es decir, esto solo se aplica a proyectos acuícolas como los financiados por el gobierno o instituciones educativas, proyectos pequeños como laboratorios de desove o de acuicultura fina (peces de ornato).

La razón de esto es que los costos de tratamiento y recirculación de agua son altos y, muchas veces, el cultivo de los animales acuáticos no aporta un beneficio social o económico mayor al del sistema de reuso. Por lo que, es de suma importancia, el desarrollo de la investigación que tienda a encontrar sistemas de reuso del agua en acuicultura de bajo costo, que permita un mayor beneficio social y económico. Por lo anterior, se considero trabajar con la sección de alevinaje, ya que en ésta, los sistemas de reuso son caros y no accesibles para el productor acuícola en el país, además de necesitar, los alevines, alta calidad y una cantidad grande de agua.

Objetivos

General

Diseñar y evaluar un sistema de tratamiento de agua residual acuícola semicerrado que permita el desarrollo adecuado del alevín de trucha arcoiris y carpa común.

Particulares

Diseñar un sistema de tratamiento de agua residual acuícola de bajo costo y con elementos accesibles en el país.

Evaluar la eficiencia del sistema para la remoción de contaminantes derivados del cultivo de alevines de trucha arcoiris y carpa común.

Evaluar el desarrollo del alevín de trucha arcoiris y carpa común en un sistema de recirculación de agua residual acuícola.

Metodología

Para determinar los criterios de diseño del sistema se llevó a cabo una recopilación de información bibliográfica, con verificaciones puntuales de campo sobre la calidad del agua en granjas trutícolas y de carpa, con el fin de conocer las características del agua residual acuícola. Con estos datos se determinó mediante una revisión bibliográfica el tren de tratamiento de aguas residuales que mejor eliminen la contaminación indicada según los parámetros obtenidos.

El tren básico de tratamiento propuesto consto de un sistema de filtración (mallas en arco), unidad biológica (percolador) y desinfección (ultravioleta). El caudal utilizado para en el prototipo fue de 0.7 L/s, con un recambio del 250% diario.

Evaluación de los procesos

Sistema prototipo

Se establecieron 10 estaciones de muestro en el tren de tratamiento del sistema (*Figura 1*), donde se analizaron los parámetros listados en la *Tabla 1*.

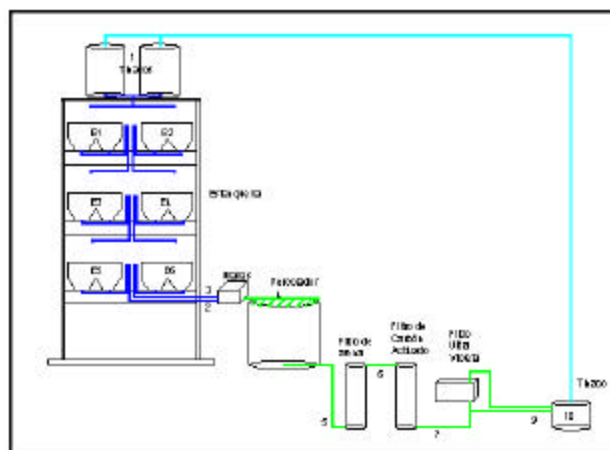


Figura 1. Esquema de ubicación de estaciones en el proyecto.

Los análisis de la siguiente tabla se llevaron a cabo según las normas mexicanas, y según los estándares internacionales APHA, AWWA y WPCF, 1992.

Tabla 1. Parámetros analizados en los diferentes puntos de muestreo.

Parámetro	Frecuencia	Estaciones
DBO ₅	Cada 5 días	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9
DQO	Cada 5 días	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9
NH ₃	Cada 5 días	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9
NO ₂	Cada 5 días	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9
NO ₃	Cada 5 días	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9
pH	Diario	Todas
Conductividad	Diario	Todas
Temperatura	Diario	Todas
Sólidos suspendidos	Diario	Todas
Sólidos disueltos	Diario	Todas
Turbidez	Diario	Todas
Oxígeno disuelto	Diario	Todas
Coliformes totales	Cada 7 días	7 y 9
Coliformes fecales	Cada 7 días	7 y 9
Cuenta en placa	Cada 7 días	7 y 9

Cultivos Acuícolas

Los organismos que se utilizaron para este trabajo fueron: trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y carpa común (*Cyprinus carpio*). Estos organismos fueron seleccionados por su alta sensibilidad frente a aguas contaminadas o aguas sin la calidad necesaria para su crecimiento apropiado. La densidad de siembra de los cultivos es la siguiente: para la carpa 75 org/m³ y para el cultivo de la trucha será de 125 org/m³ (1 trucha por cada 8 litros, Klontz, 1991). Con lo cual se tiene que se necesitarán 900 carpas y 1,500 truchas.

La evaluación de los cultivos se realizaron llevando un seguimiento diario de la mortalidad, así como un análisis mensual de parámetros biométricos (longitud y peso). El seguimiento del cultivo y del prototipo de tratamiento se realizaron por un periodo de 8 semanas (Klontz, 1991) (Lima, 1992).

Resultados

Se observó que la variación en la concentración de oxígeno disuelto en los diferentes estanques, tiende a ser constante respecto al tiempo, sin embargo en cada nivel de la cascada, la concentración disminuye conforme baja el agua por el sistema de estanques (siendo mayor en el estanque 1 y menor en los estanques 3 y 5).

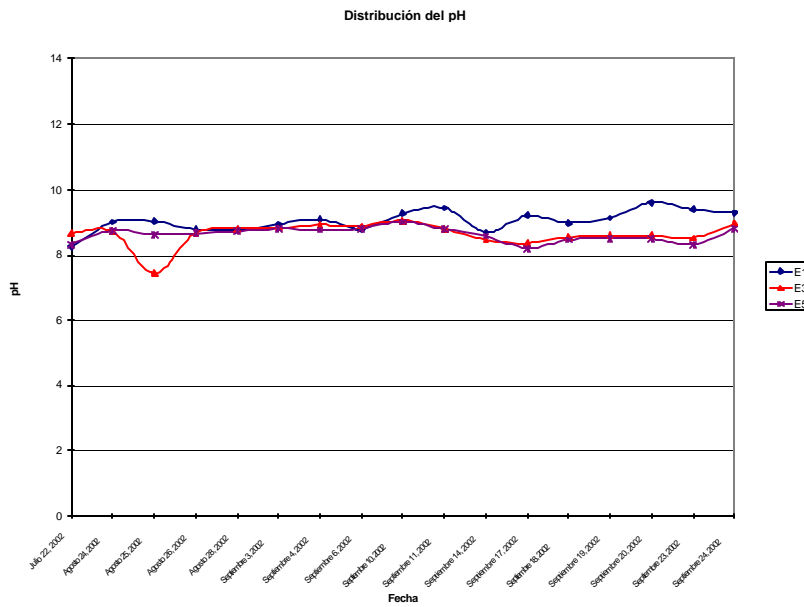


Figura 2. Gráfica de distribución del pH en los estanques.

El pH se mantiene constante en la totalidad del sistema de cascada (Figura 2). Los valores de pH son elevados en el agua de alimentación que proviene de un pozo profundo local.

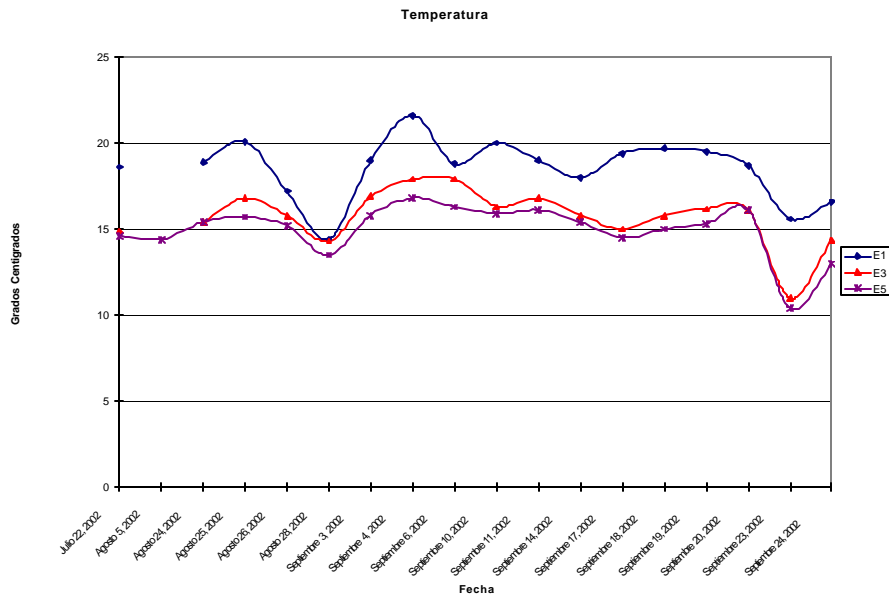


Figura 3. Gráfica donde se observa la temperatura en los estanques de la cascada 1.

La temperatura en la cascada es más alta en el estanque superior, mientras se mantiene hasta 5°C más bajo en los niveles inferiores (ver *Figura 3*).

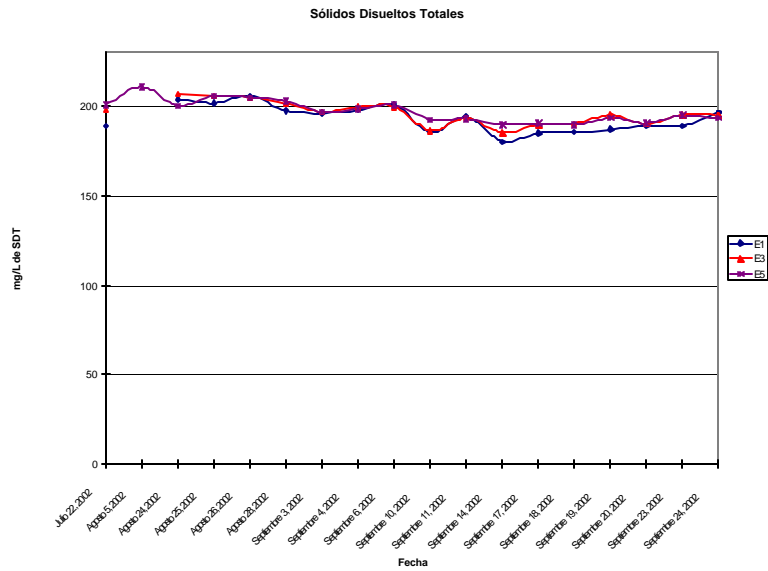


Figura 4. Concentración de sólidos disueltos totales en los estanques de una cascada.

En la *Figura 4* se observa que los sólidos disueltos totales se comportan de manera independiente del nivel del estanque en la cascada, como una concentración alrededor de 200 mg/L.

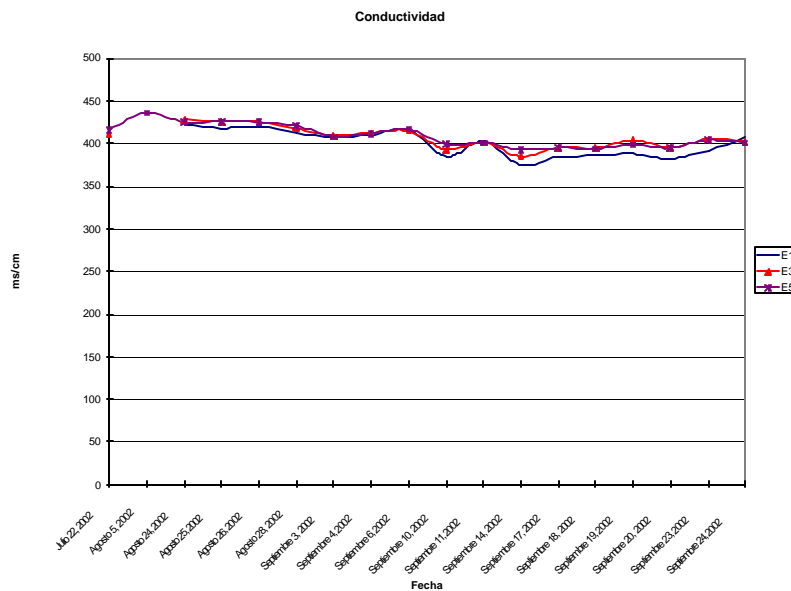


Figura 5. Gráfica de conductividad presente en la cascada 1.

La conductividad tiene un comportamiento directamente relacionado con los sólidos disueltos totales en los estanques (Figura 5), con un nivel alrededor de 400 mg/L.

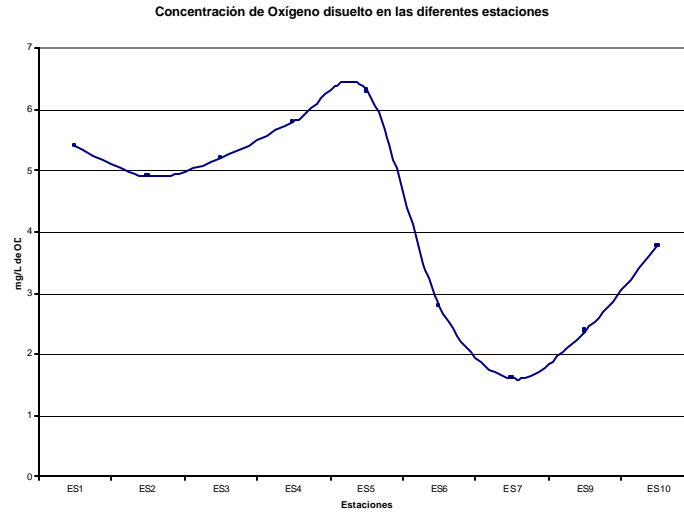


Figura 6. Oxígeno disuelto presente en las estaciones del sistema de tratamiento de agua residual acuícola.

El oxígeno disuelto (Figura 6) en el sistema de tratamiento tiende a consumirse hasta llegar al filtro biológico donde se incrementa, para luego disminuir hasta llegar a la lámpara ultravioleta donde se incrementa nuevamente el oxígeno.

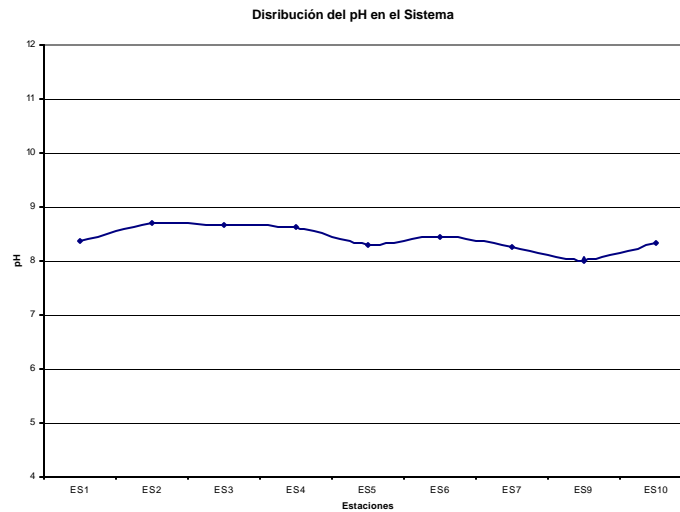


Figura 7. Gráfica de pH observado en las diferentes estaciones del sistema de tratamiento.

El pH se mantiene constante durante todo el proceso, los incrementos o decrementos de este parámetro son despreciables (Figura 7).

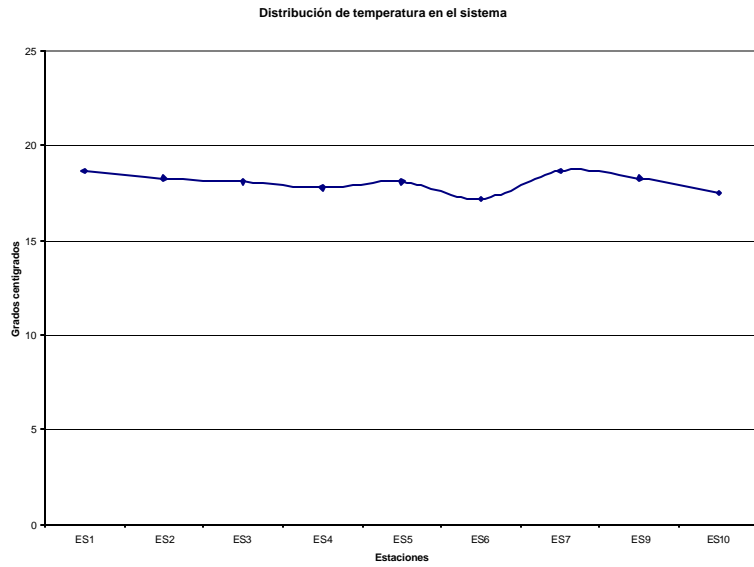


Figura 8. Temperatura en las estaciones.

La distribución de la temperatura se presenta de manera constante dentro del sistema de tratamiento (ver *Figura 8*).

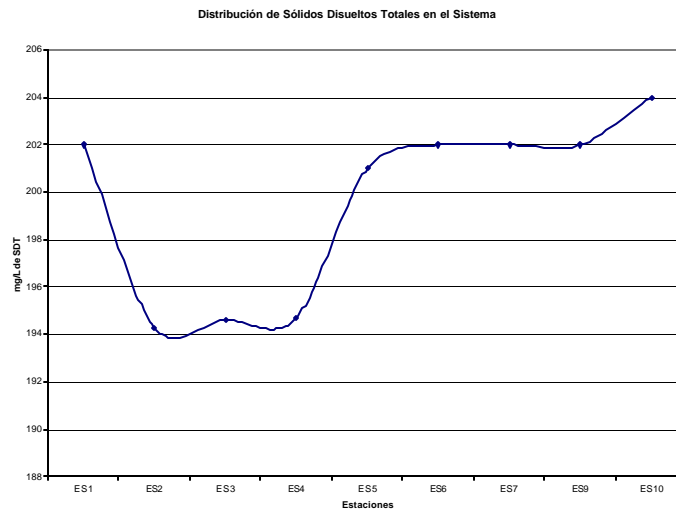


Figura 9. Gráfica de concentración de sólidos disueltos totales en el tratamiento.

En la *Figura 9* se puede observar una disminución de los sólidos disueltos, sin embargo al pasar por el filtro biológico se vuelve a aumentar la concentración de estos.

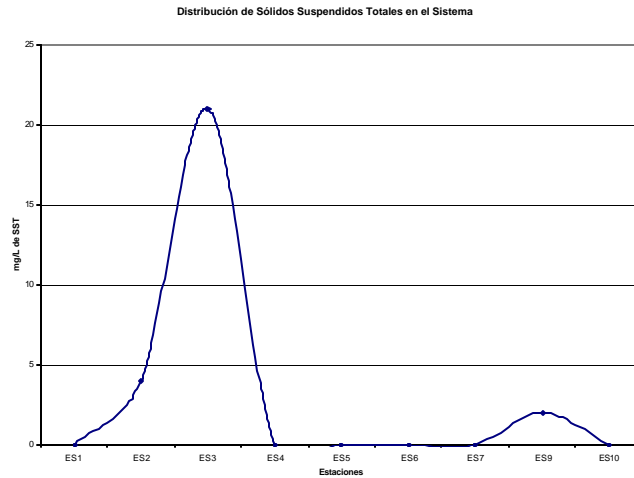


Figura 10. Sólidos suspendidos totales en estaciones del sistema de tratamiento de agua residual acuícola.

Antes del sistema de remoción de sólidos de la planta piloto (filtro de arena) se tiene una cantidad de sólidos suspendidos mayor, al pasar por este sistema, se disminuye considerablemente la concentración, quedando inclusive por debajo de las normas establecidas (ver *Figura 10*).

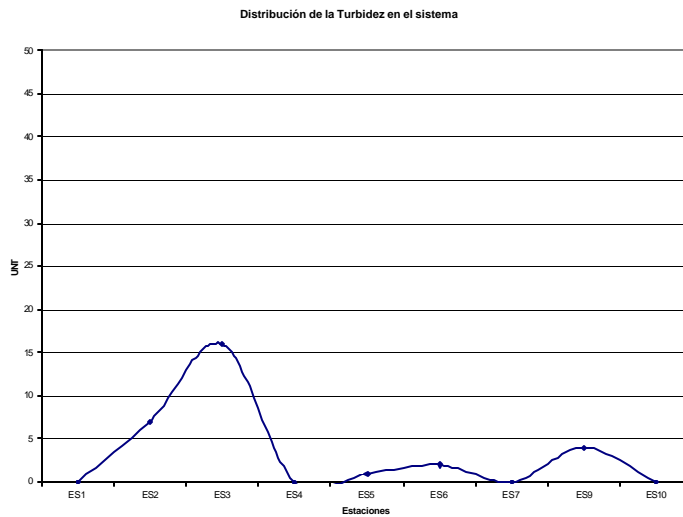


Figura 11. Gráfica de turbidez presente en el agua de cada estación.

El mismo comportamiento se presenta con la turbidez, donde sólo antes del sistema de remoción de sólidos se tienen concentraciones relativamente altas de turbidez (*Figura 11*).

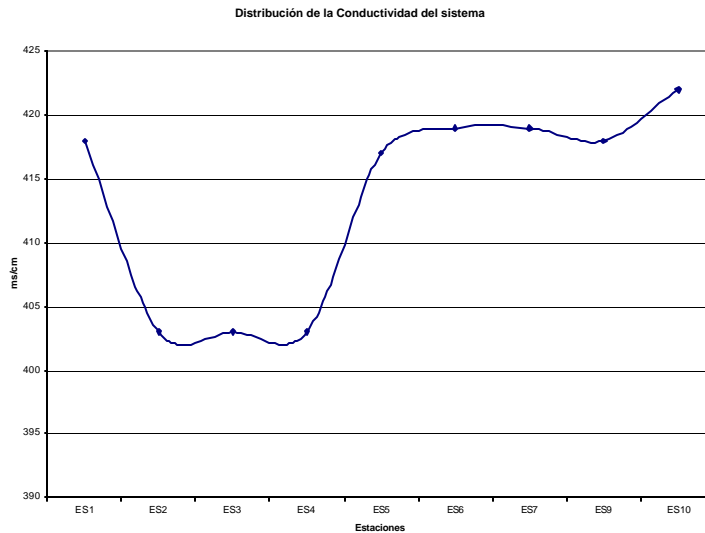


Figura 12. Conductividad presente en las estaciones del tratamiento.

El la *Figura 12* se observa que este parámetro se comporta de una manera similar a la concentración de sólidos disueltos totales.

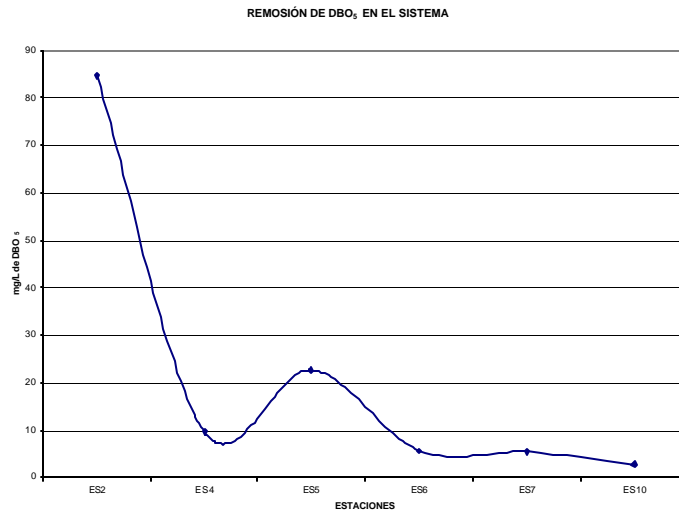


Figura 13. Gráfica de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en el sistema de tratamiento.

Se puede observar una remoción eficiente en todo el sistema, al final del tratamiento se tiene una DBO₅ de tan solo 2.8 mg/L de DBO₅ (Figura 13).

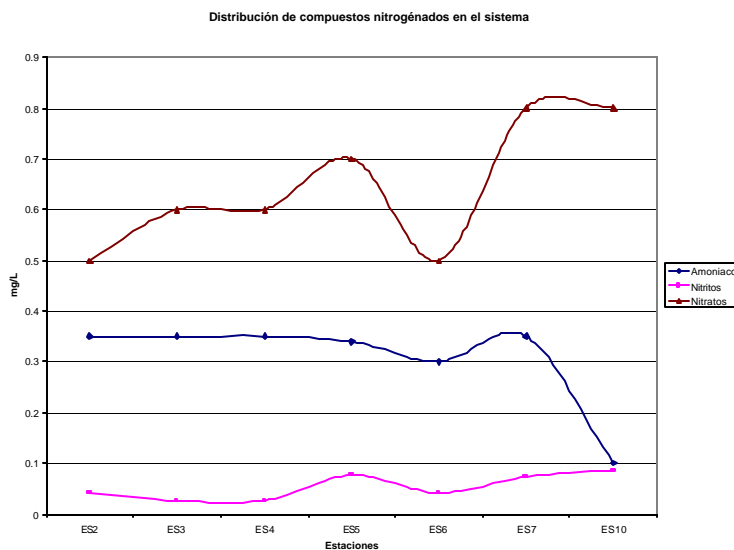


Figura 14. Gráfica de compuestos nitrogenados en el sistema de tratamiento.

Se observa en la Figura 14 que la remoción del amoniac se realiza de manera eficiente en todo el sistema, además la transformación de este compuesto a nitratos ha presentado un comportamiento constante y no presenta una toxicidad en el sistema para los organismos acuáticos.

En general, la eficiencia del sistema de tratamiento fue adecuada, ya que se tienen valores de 96.6%, 98% y 71.4% para la DBO₅, sólidos suspendidos y amoniac respectivamente.

La fracción no removida de nitratos y DBO₅, no es significativa con respecto a la generación de contaminantes en cada ciclo de recirculación.

El ahorro de agua limpia, hasta el momento, ha sido del 96%. Comparando con una granja de flujo continuo, el sistema podría producir hasta 13 veces más con la misma agua que actualmente recibe. Sin contar que, con este sistema, el agua que esté regresando al cuerpo de agua natural tendrá una descarga libre de contaminantes y, por lo tanto, se encontrará por debajo de las normas mexicanas que aplican a las descargas a cuerpos naturales de agua.

El sistema de producción y tratamiento de agua residual acuícola se ha construido con tecnología desarrollada en el país, por lo que se encuentra accesible en cualquier lugar del país y no depende del productor de servicios extranjeros.

Conclusiones y recomendaciones

La planta de tratamiento ha probado ser eficiente en la depuración de agua residual acuícola, en la etapa de alevín de los organismos acuáticos cultivados en este proyecto (trucha arcoiris y carpa común).

El sistema permite cultivar organismos que sean materia prima para la etapa de engorda de las granjas acuícolas de una manera sustentable y amigable al ambiente, es decir, el impacto a los cuerpos de agua tiende a ser muy bajo o nulo.

El alcance de este proyecto se sitúa en el apoyo de las comunidades con escasez de agua, donde, con sistemas semicerrados de tratamiento de agua residual acuícola para su reuso, les permita establecer cultivos de peces con un éxito asegurado.

Bibliografía

- APHA, AWWA and WPCF (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18^a. Ed. Washington, D.C. USA.
- GARCÍA P.D., (1999) “Planta experimental de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos”, Tesis para la obtención de grado de maestría, UAEM, México, 232.
- HIPOLITO M. (1999), “Doenças na ranicultura. En: Manejo Sanitario na criação de ras”, X encontro nacional de ranicultura, Brasil, 24.
- KLONTZ W.G., (1991), “Producción de trucha arcoiris en granjas familiares”, Universidad de Idaho, USA, 88.
- LIMA L. S. (1992) “A tecnologia de criação de Ras”, UFV, Brasil, 166.
- MARTÍNEZ P.P. (1997) “El tratamiento de las aguas residuales en México”, En: Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en América Latina, UAEM, México, 489.
- MAYO D.R. (1991) “Review of water reuse systems, water reuse in hatcheries”, En: Aquaculture and water quality, WAS, USA, 180 – 197.