

Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional”

**SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MEJORES PRÁCTICAS ACUÍCOLAS EN LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA ARCOÍRIS EN EL MUNICIPIO DE AMANALCO, APRN VALLE DE BRAVO.**

---

**“Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México”**

Entidad consultora: ISO BIO-Ambiental



## Contenido

I. Datos del proyecto.....	3
II. Introducción.....	4
III. Descripción de los trabajos y resultados del levantamiento de información de campo. ....	6
IV. Principales áreas de atención identificadas que permitan la disminución del riesgo de fuga de organismos en los sistemas de estanquería.....	8
IV.1 Modificación hidráulica a la canaleta de derivación.....	8
IV.2 Cribas o rejillas metálicas de separación de sólidos mayores y contención de organismos. ....	12
IV.3 Registros de seguridad. ....	15
IV.4 Métodos de contención en la sala de incubación.....	16
V. Protocolo generado a partir del muestreo de campo, como método de prevención de escape de organismos de trucha arcoíris en el área del proyecto.....	31
VI. Actividades de inclusión participativa con los principales actores a través de una mesa de trabajo.....	32
VII. Generación de una propuesta de esquema de organización con base en las atribuciones legales de los principales actores (Dependencias federales, estatales y municipales) como sistema de respuesta ante alerta de fuga de organismos de trucha arcoíris en los sistemas de producción.....	43
VIII. Bibliografía.....	46
IX. Anexos.....	48
Anexo I. Diseño y Construcción de Canal Tipo Parshal .....	48
Anexo II. Manual para el acuicultor de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México .....	54

## **I. Datos del proyecto.**

### **I.1 Título.**

Servicio de consultoría para la elaboración del plan de mejores prácticas acuícolas en la producción de trucha arcoíris en el municipio de Amanalco, APRN Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

### **I.2 Objetivo.**

Elaborar el “Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las Localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México”

### **I.3 Autores.**

Ing. Marisol Gallardo Angeles, Ing. José Ricardo Ortega Peña, Ing. Billy Arriaga Cardona.

### **I.4 Modo de citar el informe.**

**PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).** Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México. Proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades nacionales para manejar las especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. **Gallardo-Angeles, M., Ortega Peña, J. R. y B. Arriaga Cardona. 2017** ISO BIO-Ambiental, Puebla, México. 39 pp + 2 de Anexos.

### **I.5 Área objeto del informe.**

Diseño de un Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las Localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México” a partir del paquete tecnológico para el desarrollo de mejores prácticas trutícolas, que permita aplicar el protocolo de respuesta rápida para el control de organismos de trucha arcoíris en la zona del proyecto.

### **I.6 Fecha de inicio y terminación del proyecto.**

- Fecha de Inicio: 15 de junio de 2016.
- Fecha de término: 15 de junio de 2017

El Plan de mejores prácticas para el manejo y producción de trucha arcoíris ayuda a prevenir, detectar y reducir el riesgo de fuga de organismos en espacios controlados al cauce de la cuenca de San Bartolo-Conejeras. Dado que fue desarrollado con base información real de 10 granjas ó Unidades de Producción Acuícola (UPA) ubicadas en la

cuenca, contribuye con información oportuna y real para disminuir el riesgo de establecimiento y dispersión de trucha en espacios abiertos. Asimismo, se proponen programas de monitoreo y control de especies exóticas que ayudan a disminuir sus impactos negativos.

La realización de este trabajo sirve para ayudar en la implementación de la Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México, concretamente a alcanzar la Meta 1.7: Medidas de bioseguridad y sanitarias instrumentadas permanentemente en la introducción, manejo y uso de especies exóticas invasoras.

### **I.7 Resumen del informe.**

El presente Plan de mejores prácticas para el manejo y producción de trucha arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México, se generó mediante el análisis de los resultados los productos 2, 3, 4 y 5. Tomando como base la información generada en el diagnóstico de la operación de las 10 granjas trutícolas, la Caracterización ecológica de los cuerpos de agua aledaños a las unidades de producción acuícola, el paquete tecnológico para el desarrollo de mejores prácticas trutícolas en la región de Amanalco y los resultados del taller con productores realizado los días 8 y 9 de mayo de 2017. Se generó el plan de mejores prácticas, donde se establecen las acciones a implementar para conjuntar esfuerzos de manera multisectorial que permita el desarrollo de la acuicultura bajo sistemas controlados.

### **I.8 Descripción de actividades.**

1. Descripción de los trabajos y resultados del levantamiento de información de campo.
2. Principales áreas de atención identificadas que permitan la disminución del riesgo de fuga de organismos en los sistemas de estanquería.
3. Protocolo generado a partir del muestreo de campo, como método de respuesta rápida para el control de organismos de trucha arcoíris en el área del proyecto.
4. Actividades de inclusión participativa con los principales actores a través de una mesa de trabajo.
5. Generación de una propuesta del esquema de organización con base en las atribuciones legales de los principales actores (Dependencias federales, estatales y municipales) como sistema de respuesta ante alerta de fuga de organismos de trucha arcoíris en los sistemas de producción.

## **II. Introducción**

La cuenca de Amanalco, Estado de México, presenta características ambientales distintivas, como son calidad y cantidad de agua, clima, vegetación, topografía, etc., las cuales permiten la producción acuícola de trucha arcoíris aún en sistemas no tecnificados. Es por ello que las bondades de ésta y otras regiones del Estado de México, han posicionado a la entidad como una de las principales productoras a nivel nacional, permitiendo con ello la creación de grupos sociales bajo diferentes esquemas

de persona moral (S. de R.L. de C.V., S.A. de C.V., A.C., etc.) las cuales han tenido como objetivo principal, desarrollar figuras asociativas organizadas para el cultivo de trucha arcoíris en la región que permitan la formación de cadenas productivas a nivel regional y nacional de su producto.

De los años 80 a la fecha, entre las principales figuras asociativas que se formaron están el Comité Sistema Producto Trucha del Estado de México y el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de México (CSAEM), quienes, respectivamente, generaron manuales para mejorar las técnicas de producción y llevar a cabo el control de sanidad e inocuidad de la producción. El Sistema Producto Trucha del Estado de México en el “Programa Maestro Estatal, Trucha Estado de México” ya hace mención sobre la importancia de la aplicación de actividades de prevención

1. Proponer sistemas de recirculación acuícola que ayuden a mitigar el problema de la calidad del agua tanto a la entrada como a la salida de las granjas trutícolas y las unidades de transformación. (ver Sistemas de Recirculación de Agua del Programa Maestro Estatal Trucha Estado de México, pág. 117)
2. Remover los sólidos entrantes a los sistemas de producción y los generados en los cultivos trutícolas. Aumentar la calidad del agua a la entrada del cultivo y a la salida del mismo. Disminuir el impacto que los sólidos ocasionan en las diferentes fases del cultivo y al ambiente. Estudiar e implementar actividades rentables que permitan disponer de los sólidos removidos. (ver Sedimentadores y Manejo de Sedimentos del Programa Maestro Estatal Trucha del Estado de México, pág. 119).
3. Desarrollar la actividad trutícola de manera ordenada a fin de impulsar su potencial con certidumbre jurídica y sustentable, a través del Proyecto ecológico para comunidades adyacentes a las unidades de producción acuícola que integre suelo, agua, fauna y flora. (ver Programa Maestro Estatal Trucha del Estado de México, pág. 120-121).
4. Adecuar la infraestructura en las granjas que se dediquen a la reproducción de la trucha. Capacitar a los productores que realicen la reproducción de la trucha de manera óptima (ver Proyecto Adecuación de unidades trutícolas que realicen reproducción del Programa Maestro Estatal Trucha Estado de México, pág. 126).

Por su parte, el CSAEM también ha desarrollado estrategias ligadas a los objetivos del presente Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México, tal como se describió en los productos 2 y 3 del proyecto (Diagnóstico de la actividad trutícola y Caracterización ecológica del Río Amanalco, respectivamente).

Lo anterior resulta de suma importancia debido a que la aplicación del presente Plan puede resultar en una opción que fortalezca las metas previstas del Programa Maestro Estatal Trucha Estado de México y fortalecer también el alcance de los objetivos del programa de certificación aplicado por el CSAEM. Es importante mencionar que alcanzar los objetivos de este Plan requiere de esfuerzos intersectoriales e interinstitucionales, ya que de este modo se potencializarán las acciones encaminadas a lograr la producción sustentable de trucha arcoíris en el Estado de México.

### **III. Descripción de los trabajos y resultados del levantamiento de información de campo.**

Con base en los productos “Diagnóstico de la operación de las 10 granjas trutícolas y Caracterización ecológica de los cuerpos de agua aledaños a las granjas”, se llevó a cabo la descripción detallada de los procedimientos y resultados obtenidos a través del diagnóstico de la operación de diez granjas trutícolas y sus impactos en el medio natural, cuyas conclusiones se citan a continuación:

1. Se encontró que todas las Unidades de Producción Acuícola (UPA) objeto de este estudio están oficialmente certificadas o en proceso de certificación por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de México.
2. En ocho de las diez UPA no aseguran la calidad sanitaria de los alevines que siembran para su proceso productivo, ya que en su mayoría los organismos provienen de UPA cercanas con salas de incubación improvisadas y carentes de equipamiento.
3. En cinco de las diez UPA se cuenta con sala de incubación propia, de las cuales dos cuentan con un adecuado equipamiento, pero no con las medidas de seguridad necesaria para evitar la fuga de ova. Los tres restantes tienen salas de incubación improvisadas que no cuentan con las características adecuadas que permitan asegurar que en actividades como el desove y la incubación se evite la fuga de posibles organismos.
4. Ninguna granja cuenta con mecanismos de contención que permitan detener el ingreso de organismos en vida libre ya sea por el afluente o efluente.
5. En ocho granjas se cuenta con rejillas improvisadas para contener restos orgánicos como son troncos, ramas o algunos organismos terrestres que caigan al cauce, sin embargo, estas improvisaciones no son suficientes para contener los ejemplares en vida libre que vengan sobre el cauce proveniente de otras unidades de producción.
6. Ninguna granja cuenta con programas de manejo genético de los organismos, por lo cual existen ejemplares con deformidades notables mismos que al escapar al estado libre, representan un posible riesgo para la genética de los organismos de trucha al exterior de las UPA.
7. En las diez UPA no se cuenta con rejillas de separación entre estanques, por lo que, debido a la naturaleza de la trucha arcoíris, los organismos de mayor talla se trasladan aguas arriba hacia los estanques con tallas menores. Esta acción a su vez permite que existan riesgos sanitarios en las unidades de producción.
8. En tres de las granjas las canaletas están improvisadas con madera, lo cual limita la colocación de sistemas de contención.
9. Siete granjas cuentan con estanques rústicos de tierra para desarrollo de cría y engorda de juveniles.
10. En todas las granjas se observó la presencia de perros domésticos al interior de las mismas.
11. En las diez UPA se encontraron organismos en vida libre de diferentes tallas en las canaletas de salida que conectan las descargas de agua con el cauce.

12. En nueve se registra aplicación excedida en relación 1:2 de alimento balanceado, lo cual denota falta de capacitación de técnicas de alimentación adecuadas.
13. Todas las granjas poseen y comprueban la legal propiedad de los predios en donde están asentadas.
14. Ocho UPA cumplen con el trámite CNA-01-003 Concesión de Aprovechamiento de Aguas Superficiales.
15. Solo dos de las granjas cuentan con autorización CNA-01-001 Permiso de Descarga de Aguas Residuales y cuatro propietarios de las granjas manifiestan que este trámite se encuentra en curso.
16. Una granja cuenta con la autorización del trámite CNA-001-006 Concesión para la Ocupación de Zonas Federales y cuatro propietarios manifiestan que este trámite se encuentra en curso.
17. Todas las granjas carecen de autorización en materia de Impacto Ambiental.
18. Las unidades de producción acuícola actúan como medios de sedimentación y filtración de la corriente del cauce.
19. La presencia de las UPA atenúa y elimina los sólidos y materia orgánica del cauce.
20. De acuerdo con los resultados del análisis fisicoquímico del agua, la actividad acuícola en las unidades de producción evaluadas no genera un impacto negativo en la calidad del agua.
21. De acuerdo con el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party score) para macro invertebrados, la calidad del agua del río va de aceptable a buena a lo largo del cauce analizado.
22. De acuerdo a las variables biológicas y fisicoquímicas del agua, la actividad de las Unidades de Producción Acuícola, no rebasa los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
23. La generación de metabolitos y excretas, mismos que se registran como sólidos suspendidos en el sistema, no registran afectación en las descargas de agua analizadas, esto debido a que en su mayoría se “sedimentan” en los estanques y forman parte de los lodos en fondo de los mismos.
24. Aun cuando la eclosión de la ova que se fuga de las salas de incubación de las UPA representa un riesgo menor, las condiciones de temperatura y oxigenación del agua en el cauce pudieran permitir el desarrollo embrionario de éstas, por lo que es importante implementar medidas de control adecuadas para anular esta posibilidad.
25. De acuerdo a las tallas y coloración observadas, los ejemplares en vida libre del cauce analizado, son producto de las fugas de organismos de las UPA; sin embargo, debido al objetivo y naturaleza del presente proyecto, no es posible determinar su estado reproductivo.
26. Las condiciones de la cuenca favorecen el desarrollo de las especies de anfibios encontrados. La mayoría de los organismos encontrados de anfibios son crías, lo que sugiere que las condiciones aledañas a las UPA, son favorables para la reproducción de anfibios. Los anfibios hallados, si bien son riparios, demandan

condiciones específicas para actividades de forrajeo y reproducción como: pozas y arroyos de corriente lenta, charcos, arroyos o lagos temporales. El cultivo de trucha demanda corriente rápida y flujo constante, por lo que no compete de manera directa.

27. Las zonas donde se encontró *Lithobates montezumae*, han sido afectadas por acciones antropogénicas.
28. La cuenca tiene espacios de flujo lento con vegetación, troncos y ramas, lo que permite la reproducción de *Hyla plicata*.
29. La cuenca cuenta con temporadas extensas con condiciones propicias para la reproducción de anuros.
30. El cauce de la cuenca cuenta con condiciones alimenticias suficientes para diferentes especies de anfibios y reptiles.
31. Es necesario dar un adecuado manejo a los sólidos acumulados en el fondo de los estanques. El lavado de éstos genera un impacto significativo en la calidad del agua, por lo que se sugiere implementar el manejo de lombricomposta.

#### **IV. Principales áreas de atención identificadas que permitan la disminución del riesgo de fuga de organismos en los sistemas de estanquería.**

##### **IV.1 Modificación hidráulica a la canaleta de derivación.**

Con base al paquete tecnológico presentado en el producto 4, a continuación se describen las medidas de contención recomendadas para implementarse en la canaleta de entrada:

Dado que las granjas se encuentran ubicadas una tras otra a lo largo del caudal, y el suministro de agua se toma directamente del arroyo, es necesario garantizar su buena calidad en la entrada del sistema productivo, para lo cual se propone adecuar las canaletas de entrada con un sistema que permita reducir los sólidos suspendidos presentes en el caudal, evite la obstrucción de los conductos y la sobrecarga hidráulica causada principalmente en eventos pluviales. Este sistema debe contar con: canal de control de velocidades, canal de control de gasto o caudal, cribado y desarenador.

El canal de control de velocidades es una sección del canal que tiene el objetivo de controlar la velocidad de llegada del agua a las rejillas. El canal de control de gasto o caudal es una sección que tiene como objeto controlar el caudal que entrará al sistema de producción (fig.1), principalmente el de la temporada de lluvias. Para eliminar el exceso en el flujo de agua, se construyen vertederos laterales colocados en uno o ambos lados de la canaleta. El cribado se realiza utilizando rejillas, su principal objetivo es reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que trae consigo el caudal. La abertura de las barras de las rejillas depende del tamaño de las partículas que se desea retener, las cuales se eliminan mediante una limpieza manual. El desarenador tiene

como objetivo separar cualquier materia que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico superior a los sólidos orgánicos putrescibles en el agua.

Las modificaciones en las canaletas de entrada dependen del volumen que maneja cada granja, sin embargo se recomienda que el diseño permita una velocidad adecuada.

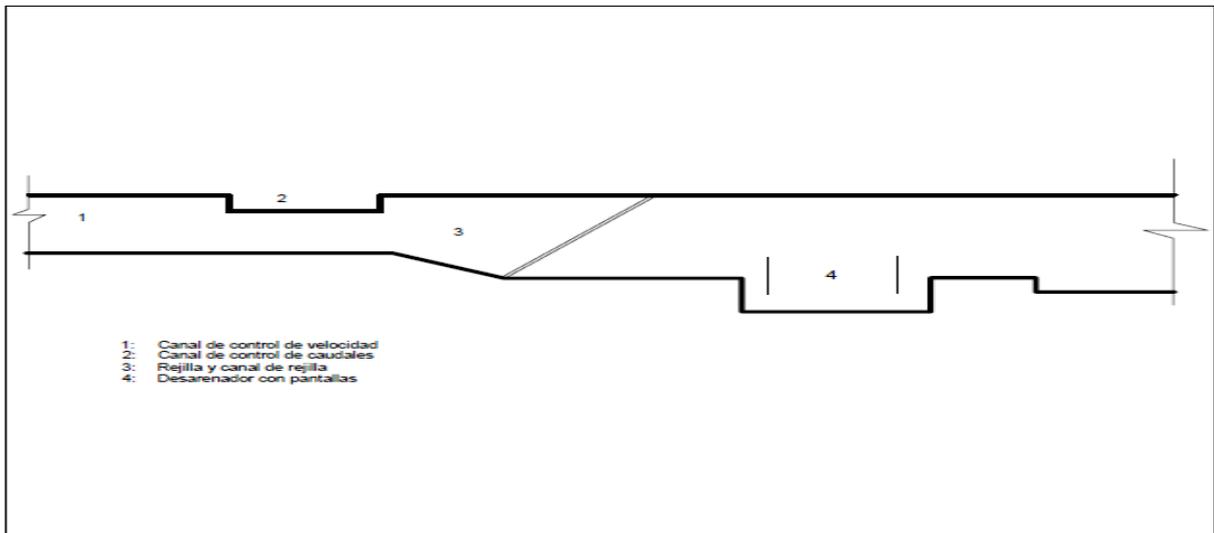


Figura 1. Vista de las adaptaciones de diseño recomendadas en la canaleta de entrada.

Debido a que la mayoría las UPA participantes en el proyecto, poseen canaletas de entrada implementadas de manera rústica, es decir con fondo y paredes de tierra y sin acabado de cemento o ferrocemento, se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones previas a la aplicación de esta implementación:

1. Medir la longitud total de la canaleta que abarque zonas libre de quiebres longitudinales.
2. Medir el ancho total de la canaleta al menos en tres puntos ubicados en diferentes zonas (inicio, parte central y final) de la canaleta.
3. Medir la profundidad de la canaleta en los puntos previamente ubicados en el punto anterior.

Nota: Se recomienda implementar estas adaptaciones únicamente en el caso de las canaletas que se encuentren situadas perfectamente en tierra (esta aclaración se hace considerando que en caso de algunas UPA la canaleta se encuentra elevada mediante una estructura construida a base de cemento y tabique o ladrillo). En estos casos no se recomienda implementar adaptaciones directamente al diseño de fondo de la canaleta, únicamente la implementación de rejillas o cribas.

Una vez que se recaben los datos correspondientes, deberán llevarse a cabo las siguientes adaptaciones de la superficie:

Para el fondo de la canaleta, se debe incluir:

1. Canal de control de velocidades. Se ubicará a la entrada y consiste en la adaptación de diseño de un canal tipo Parshall, que se encargara de permitir la medición de la velocidad del caudal de entrada al sistema de producción acuicola y con ello conocer el volumen de aprovechamiento anual de agua (Anexo I).
2. Canal de control de caudales. Consiste en implementar una reducción en la velocidad del caudal a través de la salida del canal tipo Parshall y la implementación de un desnivel en el fondo de la canaleta el cual estará dirigido mediante una ligera inclinación hacia el desarenador (Anexo I).
3. La implementación de las primeras rejillas o cribas, se colocará en sentido contrario al flujo de agua, sobre la inclinación implementada en el fondo de la canaleta. Estas rejillas tendrán la función de contener sólidos mayores provenientes del cauce, entre los que se incluyen organismos de trucha arcoiris en estado libre. De la misma forma impedirán la salida de organismos de trucha arcoiris de la UPA, hacia el cauce.
4. Desarenador con pantallas. Esta implementación se refiere a la colocación de una estructura en forma de "caja" en el fondo de la canaleta que permita la sedimentación de arenas y arcillas. La relación de profundidad se recomienda de 15 a 20 cm, en relación al fondo, para que tenga una operatividad óptima por cada ciclo de producción y al final de los mismos debiera limpiarse.

Debido al diseño empírico y capacidad de producción de cada UPA, no es posible recomendar un modelo estandar en la modificación de la canaleta de derivación, ya que esto implicaría el incremento económico de las acciones para la contención de organismos. Sin embargo la mayoría de las granjas cuentan con canaleta de 40 cm de profundidad, por lo que se recomiendan las siguientes adecuaciones. Generar un desnivel de 10 cm en el fondo, con pendiente entre el 25 y 50% lo que genera una disminución de velocidad en la corriente de agua. Construir una caja desarenadora de 50 cm de longitud y 20 cm de profundidad a partir del fondo del canal (Fig.2).

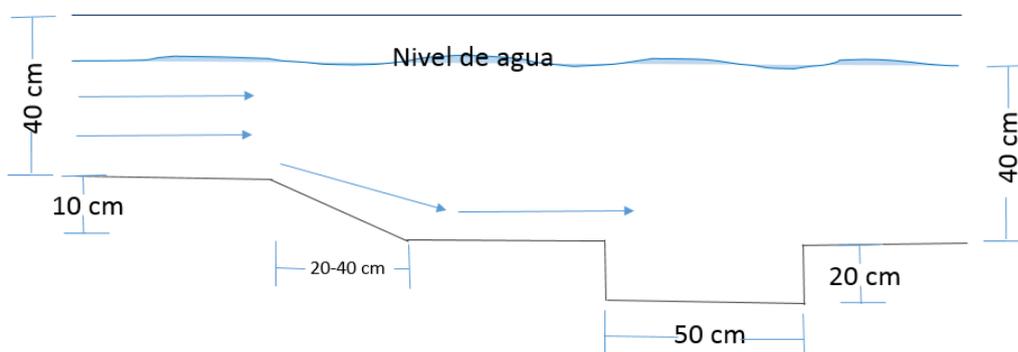


Figura 2. Diseño de la adecuación propuesta.

La longitud total que abarca la adaptación de diseño de la canaleta de derivación se recomienda que sea de, mínimo 5 m, sin embargo este criterio puede no aplicarse a todas las granjas debido a las condiciones de cada una de ellas.

En las granjas que cuentan con manantial para abastecer el sistema de engorda, no es necesario esta adaptación. Ya que por su origen el volumen de agua no presenta crecidas significativas y la concentración de sólidos suspendidos es homogénea aun con los eventos de precipitación.

La variación en el diseño de la canaleta de entrada permitirá aumentar el tiempo de permanencia de los sólidos sedimentables, y con ello, favorecer el proceso de sedimentación de arenas y arcillas y otros sólidos con densidades similares, provenientes de otras granjas e incorporados al cauce aguas arriba de la unidad de producción en cuestión.

También es importante asegurar que las condiciones hidráulicas de diseño cumplan con los siguientes parámetros:

1. La velocidad del agua en el canal de derivación en la sección de rejillas, debe estar comprendida entre 0.30 y 0.90 m/s, la recomendada es de 0.6 m/s, con el objeto de que no disminuya de un valor auto limpiante o se eleve tanto que disperse los materiales retenidos por la rejilla.
2. La pérdida de carga a través de la rejilla no debe afectar el bordo libre del canal o el ducto de llegada.
3. Tomando como base los parámetros de los fabricantes en México, se debe considerar el uso de tres tamaños de rejilla: desbaste fino, medio y grueso.
  - 3.1 Desbaste fino. Consta de una separación de 3 mm a 10 mm. Esta medida de separación entre las barras de las rejillas se ocupará para los métodos de contención localizados en las salas de incubación con el objetivo de retener posibles escapes accidentales de ova u organismos eclosionados.
  - 3.2 Desbaste medio. Consta de una separación de 10 mm a 30 mm entre cada barra. Esta medida de desbaste se recomienda para los métodos de contención implementados en las separaciones entre el canal principal y la entrada de los estanques y en la separación de caídas de agua entre cada sección de estanques.
  - 3.3 Desbaste grueso. Son rejillas con separaciones de entre 30 mm a 100 mm y se recomienda su aplicación principalmente en el canal de salida de las unidades de producción acuícola, ya que debido a la talla de cosecha de los organismos adultos, este tamaño de desbaste no permitirá la entrada o salida de organismos de trucha arcoíris al medio natural.
4. Se recomienda un diseño base para las rejillas que facilite su instalación a través de pernos sujetadores, esto con la intención de retirarlos y sustituirlos con mayor facilidad cuando el tiempo de vida útil se agote. Sin embargo, este requerimiento se adaptará a la disponibilidad económica del productor, por lo

que el diseño puede instalarse de manera fija a través del fraguado mediante cemento o ferrocemento. Para esta acción es importante respetar el grado de inclinación y la altura de las rejillas las cuales no deben ser del tamaño equivalente al canal de agua, debido a las características de movilidad de la trucha arcoíris que indican que estos organismos son capaces de saltar hasta 20 cm o más por encima del espejo de agua. Por este motivo, se recomienda que el tamaño de las rejillas tenga una altura extra de 30 cm por encima del bordo libre del canal.

Para fines prácticos, se muestra la imagen de la zona sugerida para la aplicación de medidas de contención recomendadas para la UPA Los Encinos, la cual se presenta como ejemplo para el presente plan, tomando como base el volumen de producción, la superficie y las características socioecológicas de la UPA.



Figura 3. Vista tomada con vuelo no tripulado de la UPA Los Encinos, Amanalco de Becerra, Edo. Mex.

Simbología.

↓ Zona recomendada para la toma de medidas de ancho y profundidad de la canaleta.

I Longitud total estimada para la aplicación de las adaptaciones en la canaleta.

#### IV.2 Cribas o rejillas metálicas de separación de sólidos mayores y contención de organismos.

Como método de contención al interior de la estructura operativa de la UPA, se recomienda implementar también un sistema de rejillas metálicas o cribas, a través del canal de aliviadero y el canal de distribución a canales secundarios. Estos mecanismos reforzarán la contención de organismos de trucha arcoíris en el sistema productivo.

El material recomendado consta de una criba o rejilla metálica de manufactura mexicana, esto debido a que los costos de la aplicación de las medidas de contención se incrementarían notablemente si se elaboran con acero inoxidable, el cual es altamente recomendable y, de no ser por el costo que implica, se consideraría como primera opción.

Este prototipo se plantea como una alternativa técnica-económica, que resultará altamente eficiente para prevenir la fuga de organismos de las unidades de producción acuícola. El modelo es conocido para los acuacultores ya que se basa en el prototipo rústico que han implementado, y que han mejorado tomando en cuenta parámetros como: calibre, acabado de los materiales, separación entre barras, altura de la rejilla, método de colocación y programa de mantenimiento.

El diseño de la criba se muestra a continuación, al igual que las especificaciones de los materiales:

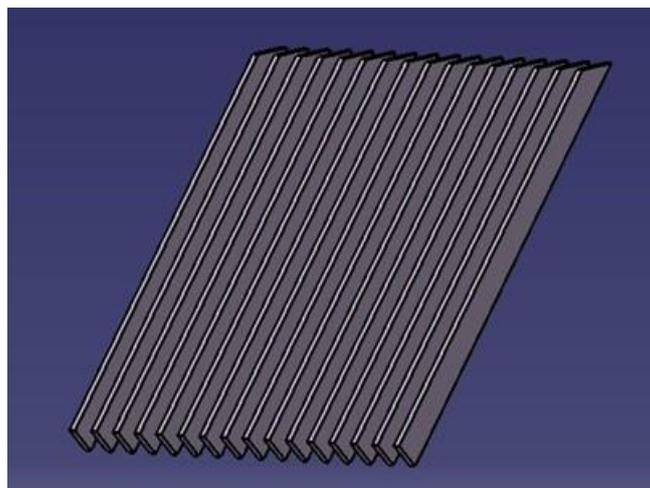


Figura 4. Ejemplo de criba propuesta.

Los materiales recomendados son:

Opción 1. Acero al carbón, ángulo de 1 ½" por 3/16" acero al carbón, con recubrimiento galvanizado electrolítico.

Opción 2. Metal desplegado calibre 12 acero al carbón, ángulo de 1 ½" por 3/16" acero al carbón con galvanizado electrolítico.

Las dimensiones de alto de las rejillas o cribas se recomienda que sean exactamente del fondo a, por lo menos, 20 cm por encima del borde superficial de las canaletas y los bordes superficiales del canal de derivación hacia los estakes a fin de impedir los saltos que pueden realizar las truchas fuera del agua.

Retomando el ejemplo de la UPA Los Encinos, se presentan señaladas con recuadros rojos y amarillos las zonas para la implementación de cribas o rejillas metálicas.



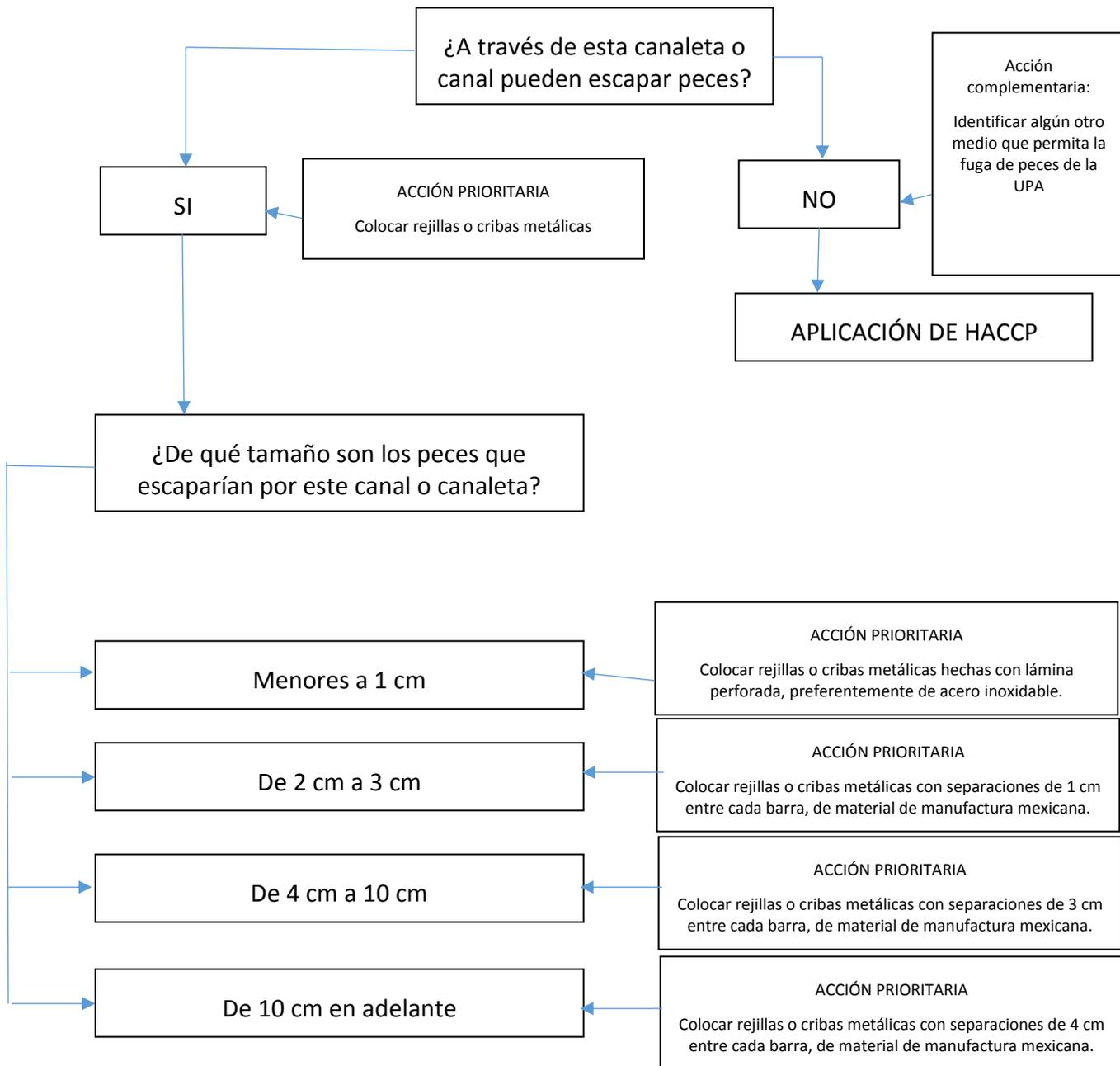
Figura 5. Vista tomada con vuelo no tripulado de la UPA Los Encinos, Amanalco de Becerra, Edo. Mex.

Simbología.

- Zonas prioritarias para la colocación de rejillas o cribas.
- Zonas en donde es recomendable colocar rejillas o cribas como refuerzo a las medidas de contención de las entradas y salidas de las UPA.

El número de rejillas o cribas metálicas por colocar será diferente en cada unidad de producción y se adecuará respecto al número de estaques existentes en cada unidad de producción.

La recomendación general, se basa en tomar en cuenta el siguiente diagrama para determinar la separación entre barras que deberá llevar la rejilla o criba.



### IV.3 Registros de seguridad.

Los registros de seguridad deben ser considerados como una medida de prevención de fuga de organismos. Es una estructura construida con block de 10 x 14 x 28 cm y mortero cemento-arena en proporción 1:4, con entrada y salida para tubería de 4" de diámetro. La estructura estará llena de piedra para que permita el paso del agua pero impida el paso de organismos de esta manera reduce enormemente la posibilidad de que escape. Se recomienda que los registros sean construidos en las salidas de agua de todas las unidades de producción, al final de las líneas de estanques de engorda y sobre el cauce de desagüe. Los registros deben ser preferentemente cuadrados con 1 m por lado y una profundidad de 0.5 m. Construidos con tabique con tubería de 4" de diámetro, en estas estructuras no se almacenará agua, solo servirá como estructura de

paso y contendrán en su interior roca, grava y una malla de  $\frac{1}{4}$ " al final del registro con el propósito de evitar fuga de organismos.

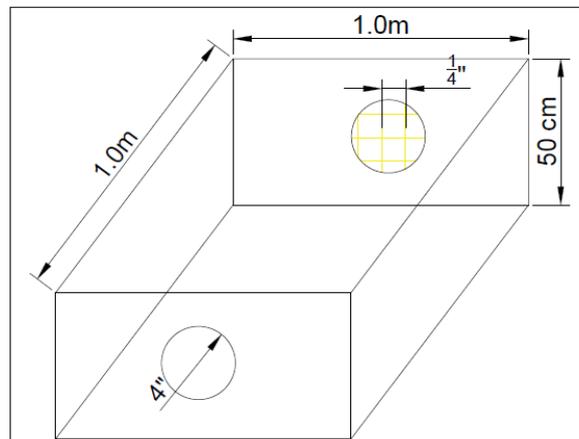


Figura 6. Estructura base de los registros de seguridad.

Estos registros de seguridad, tienen la función de contener a los organismos en vida libre que pudieran pasar a otras unidades de producción acuícola (aguas abajo), evitar el escape de los organismos de la propia instalación, y a su vez, fungen como sedimentadores de arenas, lo que permitirá mejorar la turbidez del agua.

Uno de los problemas operativos que se identificó para la realización de esta acción, estriba en que varias UPA cuentan con más de una descarga de aguas. Por esta razón se recomienda inicialmente dirigir todas las salidas finales de las unidades de producción acuícola, hacia una sola descarga de agua, donde se implementará una medida de control para evitar escape de organismos al cauce.

#### IV.4 Métodos de contención en la sala de incubación

Las salas de incubación analizadas en el proyecto, muestran que existe la posibilidad de escape de ova y de organismos eclosionados. Aun cuando el riesgo de sobrevivencia de éstos en estado libre es menor, lo más recomendable es implementar métodos de contención que disminuyan esta probabilidad. Debido a que el agua que abastece a las salas de incubación es directamente extraída de manantiales, se considera de buena calidad y no lleva consigo sólidos mayores que deban removerse. Sin embargo, es necesario implementar rejillas de contención que eviten fugas accidentales. Por ello, se recomienda la instalación de un sistema de cribado, el cual puede variar desde la implementación de coladeras simples en el tubo de PVC que descarga al registro de salida (Fig. 7 Círculo rojo) hasta la colocación de un sistema prefabricado de cribado en la zona de descarga directa al cauce (Fig. 7 Círculo amarillo).



Figura 7. Descarga de agua de la sala de incubación de la UPA Los Encinos.

Existen proveedores que comercializan equipos prefabricados, conocidos como rejillas de desbaste, su función es retener sólidos de las aguas residuales. Consisten en un depósito de poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV), junto con una rejilla de poltrusión de paso de 25 x 25 mm para la retención (Fig. 8). Dada su pequeña separación, la rejilla de desbaste prefabricada puede ser utilizada en las salidas de la sala de incubación, con ello se evitaría escape de las salas de incubación.

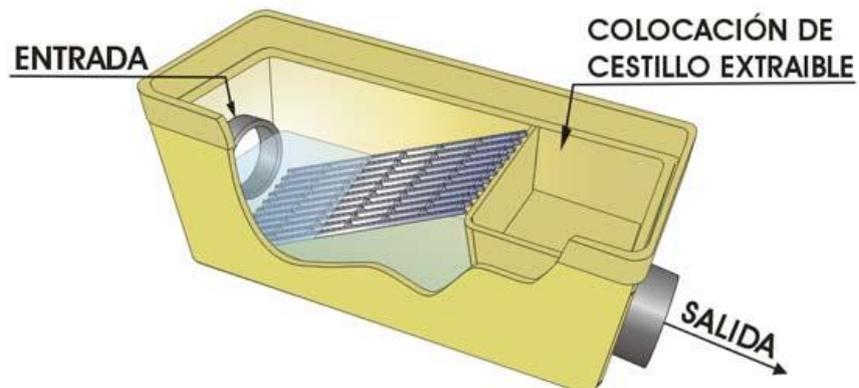


Figura 8. Reja de desbaste prefabricada<sup>1</sup>.

También se observó en las salas de incubación, infraestructura que tiene como salida tubería de PVC, por lo que otra opción, es colocación de rejillas en el tubo de PVC que dirige la salida de agua a la descarga final.

<sup>1</sup> Tomado de: <http://www.bupolsa.com/depu/ar.html>

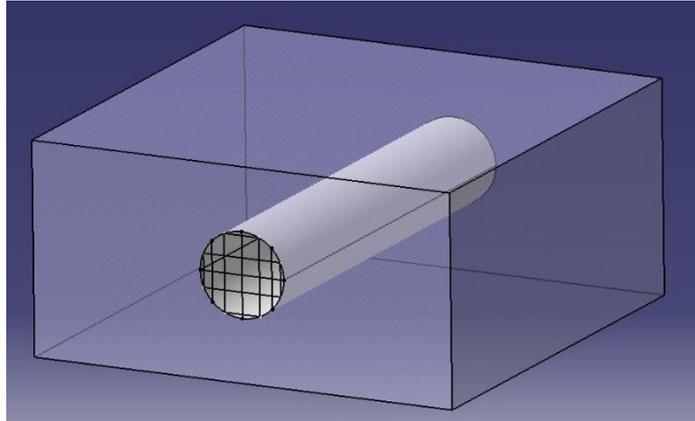


Figura 9. Principio de diseño de rejilla para tubos de PVC.

Este tipo de implementos, permitirán reducir el riesgo de fuga de organismos y el paso de sólidos gruesos de la descarga de las salas de incubación al cauce.

#### **IV.4 Sedimentador simple de sólidos totales.**

De acuerdo con CONAGUA (2007), la sedimentación es una operación que se emplea para remover las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Debido a que el funcionamiento de las unidades de producción acuícola genera sólidos suspendidos que pudieran causar turbidez a la calidad del agua de la cuenca, la recomendación técnica de mitigación es la colocación de sedimentadores simples.

El diseño propuesto considera las definiciones de aprovechamiento de paso, desarrollo sustentable, descarga y uso en acuicultura, señaladas en las fracciones VII Bis, XXI, XXII y LVII del Artículo 3 de la Ley de Aguas Nacionales, reformada el 24 de marzo de 2016.

Para el caso del presente proyecto se utilizará el principio de sedimentación discreta, el cual se define como el proceso en donde las partículas se sedimentan independientes unas de otras, conservando su identidad durante el proceso de sedimentación (CONAGUA, 2007). La eficiencia del proceso está en función de la carga hidráulica por unidad de superficie (CHS).

Debido a la topografía y superficie de los predios en donde se ubican las unidades de producción acuícola, se recomienda utilizar tanques rectangulares de sedimentación. El principio de funcionamiento de estos equipos es el siguiente (CONAGUA, 2007):

En los tanques rectangulares el influente es distribuido a la entrada de la unidad por medio de baffles verticales o vertedores sumergidos; el objetivo de estas estructuras es lograr una mejor distribución del influente a lo ancho de la unidad. El efluente se

recolecta por medio de vertedores triangulares colocados en canaletas, frecuentemente en forma de peine o de dedos que se extienden de la pared final del tanque hasta un 20% de la longitud del mismo. En algunos casos, se emplean baffles verticales antes de las canaletas recolectoras para evitar contracorrientes superficiales. Una ventaja de estos tanques es que su geometría permite un mejor aprovechamiento del terreno y una limitante es que las rastras de tracción transversal, empleadas en los tanques rectangulares, son más proclives a fallas mecánicas y estructurales que las rastras de los tanques circulares. En algunas ocasiones se han empleado tanques cuadrados con alimentación central, similares hidráulicamente en su funcionamiento a los tanques circulares, sin embargo, su práctica no se ha extendido entre otras razones por que su sistema de rastras tiende a tener más problemas que los de los tanques circulares o rectangulares y, dado que la longitud de canaletas perimetrales recolectoras por unidad de arco radial es mayor en las esquinas que en las partes centrales de los muros rectos, los lodos tienden a acumularse en las esquinas del fondo del tanque.

Los sedimentadores rectangulares primarios se diseñan con una profundidad de 2 a 3.5 m. La relación largo-ancho es de 1.5:1 a 15:1. El largo mínimo recomendado es de 3 m. La velocidad mínima del agua en los canales de alimentación al sedimentador se recomienda de 30 cm/s. Para lograr una mejor distribución del agua en la entrada al sedimentador se recomienda que la pérdida de energía del agua a su paso por los orificios de entrada sea al menos cuatro veces mayor que la energía cinética del agua en el canal de alimentación (ver fórmula 1). En sedimentadores rectangulares, con relaciones largo: ancho y longitudes acordes con las normas antes mencionadas, la carga hidráulica sobre los vertedores de recolección del efluente no afecta la eficiencia del proceso; cuando, esta carga es del orden de 85 a 520 m<sup>3</sup>/día-m. El piso del sedimentador debe tener una pendiente de 1% hacia las tolvas de recolección de lodos” (CONAGUA, 2007).

Fórmula 1:

$$\text{Energía cinética} = w * \left( \frac{u^2}{g} \right)$$

w = Peso del fluido.

u = Velocidad media del fluido.

g = Constante gravitacional.

La justificación de utilizar las recomendaciones de CONAGUA es unificar los criterios de funcionamiento para que las obras de construcción de este tipo de equipo estén en cumplimiento con la normatividad vigente y no generen problemas administrativos a mediano-largo plazo a los productores acuícolas; por el contrario, la finalidad es encaminar la actividad, en todos los ámbitos, al cumplimiento de la normatividad y la búsqueda de la producción acuícola sustentable.

La recomendación técnica específica del presente paquete tecnológico en este sentido, consiste en realizar una variación para propiciar la sedimentación de sólidos suspendidos. La cual consiste en la instalación de un sistema que genere circulación de agua en forma de serpentín, que se construirá como parte de la obra civil ya existente. Esta adaptación permitirá mejorar la eficiencia y disminuir el costo de construcción y mantenimiento de los equipos. Cabe aclarar que este sistema de sedimentación simple, deberá ubicarse en todos los casos antes de la descarga de agua al cuerpo receptor. El sistema de descarga estará reforzado por sistemas de cribado y se prevé la vigilancia diaria y manual por los trabajadores de la granja, en busca de organismos que pudieran fugarse mismos que por la naturaleza del diseño se quedarían atrapados en el sistema de cribado (Fig. 10).

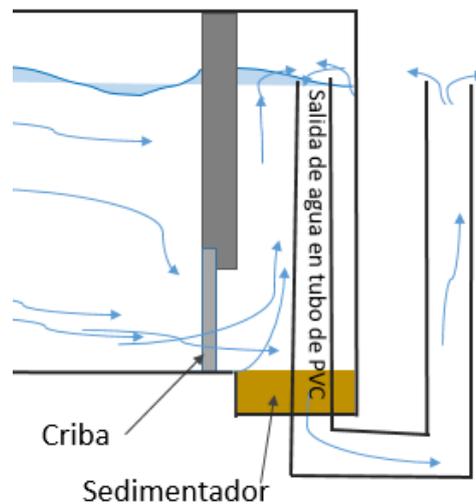


Figura 10. Modificación sugerida para generar circulación del agua tipo serpentín vertical.

#### IV.5 Humedales.

El modelo de humedales está basado en la remoción de la carga orgánica incorporada en el sistema de estanquería, los principales procesos que se efectuarán serán la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por las plantas y la transformación microbiana. Con base en los estudios de calidad del agua realizados y los niveles de nitrógeno y fósforo, no se recomienda para su aplicación directa en las unidades de producción acuícola, ya que las vegetaciones eliminan nitrógeno mediante la asimilación de amonio o nitrato. El nitrógeno asimilado es incorporado a la biomasa vegetal y por tanto eliminado del agua. Al morir las partes aéreas de las plantas, durante su senescencia, el nitrógeno puede retornar al humedal, por ello se recomienda podar la vegetación (García y Corzo 2008). Lo anterior sugiere que de implementarse un sistema de este tipo en las unidades de producción acuícola, requiere atención del personal operativo y aumento en los costos de producción. De no realizar el mantenimiento del humedal, este funcionaría como un depósito de materia orgánica, afectando negativamente la calidad del agua.

Es importante resaltar que el riesgo del manejo de humedales dentro de las unidades de producción acuícola en la Cuenca de Amanalco, estriba en que, de acuerdo a los

productores acuícolas, los humedales promovidos en la zona incluyen la introducción de plantas acuáticas exóticas invasoras, entre las cuales se emplean principalmente *Eichhornia crassipes* o “Lirio acuático”, *Lemna sp* o “Chilicastle”, *Wolffia sp*, y *Elodea canadensis*, *Typha sp*, *Juncus sp* o “Tulillo”, *Hidrocotile sp* u “Ombligo de venus”, *Scirpus sp* o “Tule”; *Alternanthera philoxeroides*, *Salvinia rotundifolia* o “salvina”, *Hydrilla verticillata*, *Typha angustifolia* o “tule” y *Pragmites communis* o “carrizo”, entre otras. Algunas de ellas se encuentran ubicadas dentro del listado de especies exóticas invasoras (DOF, 2016) por lo que se recomienda la implementación de sedimentadores en la salida de las granjas y no la de humedales.

Aunque no se recomienda la implementación de humedales en las granjas acuícolas, de realizarse, se sugiere que el diseño sea específico para cada unidad de producción, y sea realizado y supervisado directamente por personal de Comisión Nacional del Agua, la comisión de Cuenca de Valle Bravo-Amanalco o el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en coordinación con la dirección del APRN Valle de Bravo y evitando el uso de especies invasoras.

Los resultados de los muestreos de calidad del agua de afluentes y efluentes de las granjas muestran que los sistemas de producción acuícola no la alteran de manera significativa. Aunque se considera que no es factible su establecimiento, un humedal podría minimizar la concentración de fósforo, nitrógeno y demanda bioquímica de oxígeno. El exceso de estos nutrientes en el río propicia un aumento en las comunidades de fitoplancton y malezas acuáticas.

Dado que el presente estudio busca establecer los impactos de la calidad del agua que se descarga en el cauce del arroyo. La implementación de un humedal deberá tener el objetivo de disminuir las aportaciones de la acuicultura. Los parámetros de calidad del agua que se descarga en el cauce, deberán ser similares a los de la entrada de las se alimentan de un manantial (la Virgen y San Bartolo).

Para el diseño, se determinó que los parámetros en las salidas de los humedales deben ser similares a los parámetros de calidad del agua en la entrada de las granjas por lo que se realizaron las estimaciones siguientes.

### **Tiempo de permanencia o retención:**

Es el tiempo en días necesarios para reducir el DBO entrante al DBO meta en la salida.

$$T = -\ln(C/C_0)/K_{20}$$

Donde:

$C_0$  = Es la DBO5 de entrada del humedal que es la salida de las granjas.

$C$  = Es la DBO5 deseada del agua en el efluente del humedal

$K_{20}$  es la velocidad de reacción que para estos sistemas, de acuerdo con (Delfs, 2008)  $1.19 \text{ día}^{-1}$  es el valor utilizado para el tratamiento de aguas domésticas. Dado que no se tienen valores estimados para sistemas de acuicultura por lo que este valor puede usarse entre 1 para sistemas oligotróficos y 1.19 para eutróficos). Para el caso de este ejercicio se considera el valor de 1.19.

Dado que se pretende que el agua utilizada en las granjas sea descargada al cauce con la misma calidad con que es desviada a los sistemas de producción, se realizaron ejercicios con diferentes valores de DBO deseada en la salida del humedal. En dichos ejercicios los valores de C, tomaron los valores de DBO de la entrada en las granjas que son alimentadas por manantiales, la Virgen y San Bartolo, donde el valor de DBO es 1 y 2. También se realizaron cálculos para el diseño de humedal considerando como valor de DBO deseada el valor de DBO en la entrada de las granjas acuícolas.

Considerando los valores en cada una de las granjas se tiene que el tiempo de retención para las granjas en este estudio toma valores de entre 0.34 y 0.58 días.

**La tasa de carga orgánica que trabajara el humedal se calcula de la siguiente forma:**

$$L_{org}=(C)(dw)(n)/t$$

Donde:

C =el nivel de DBO (mg/L = g/m<sup>3</sup>) del agua de entrada.

dw= es la profundidad del humedal que se recomienda entre 40 y 85 cm, más profundo genera condiciones anoxicas que afectan la efectividad del mismo.

t= Tiempo de retención (calculado arriba).

n es=porosidad efectiva del sustrato filtrante, a continuación colocamos diversos sustratos, el dominante en nuestros proyectos es del cual utilizamos esta medida.

Sustrato	Tamaño efectivo d <sub>10</sub> *, mm	Porosidad efectiva (n)
Arena (media)	1	0.3
Arena (gruesa)	2	0.32
Arena con grava	8	0.35
Grava (media)	32	0.4
Grava (gruesa)	128	0.45

### Área del terreno.

Para determinar el área del terreno necesaria para la cama del humedal construido de flujo subterráneo (m<sup>2</sup>), se utiliza la ecuación a continuación:

$$As=(Q_{ave})(t)/(n)(dw)$$

Dónde: -. Q<sub>ave</sub> es el flujo diario medio por el humedal (m<sup>3</sup>/día).

t es el tiempo de detención calculado arriba en día.

dw es la profundidad del medio (m). Utilice el mismo valor para  $\eta$  determinado en la ecuación anterior.

**Ancho del humedal:**

$$W=(A_s/R_A)^{1/2}$$

Dónde:

w igual al ancho (m).

As es el área del humedal (m<sup>2</sup>).

RA es la proporción, como longitud/ancho. Para humedales construidos de flujo subterráneos, la proporción ideal está entre 2:1 y 4:1.

La longitud del humedal:

La longitud, L, del humedal construido (m) puede ser calculado por la expresión:

$$L= A_s/W$$

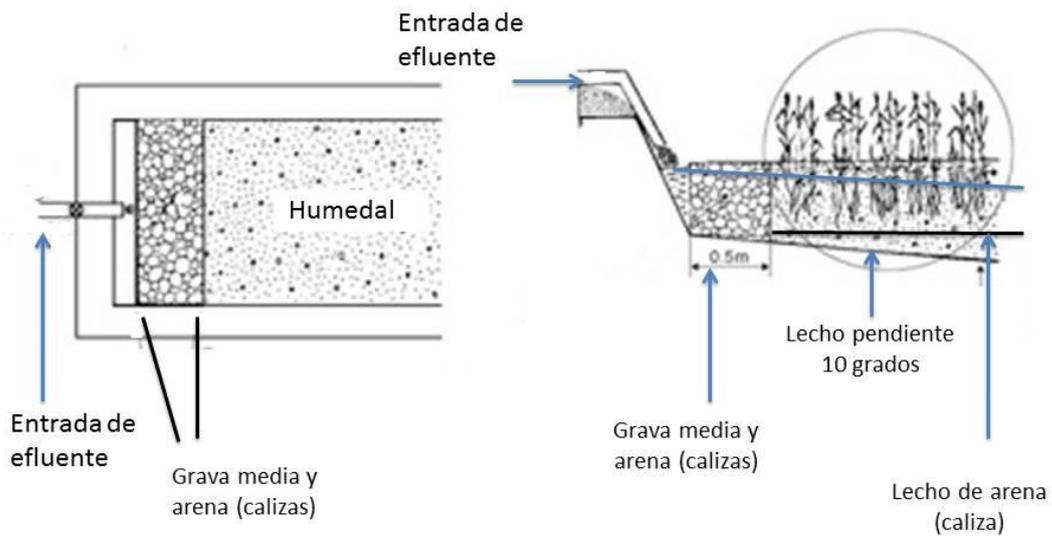
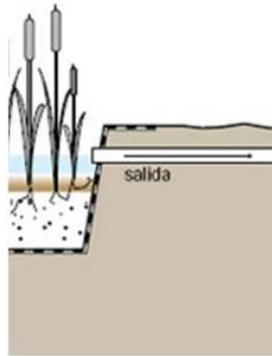


Figura 11 Esquema de la distribución de la construcción de un humedal a partir del efluente de salida, con flujo superficial.



La salida del humedal deberá ser elevado funcionando como el nivel de regulación del mismo, para permitir la sedimentación

*C. demersum*



Se recomienda una combinación de plantas de la zona *Hydrocotyle verticillata* (Tripa de pollo) y *Ceratophyllum demersum* (Cola de Zorra)

*H. verticillata*

Figura 12. Detalle de la salida del humedal y las especies de flora nativa que pueden utilizarse.

El diseño de los humedales depende de la DBO que se desea en la descarga que se realizará al cauce. Se realizaron cálculos para el diseño considerando diferentes valores de C. De acuerdo con los valores del muestreo realizado de calidad del agua, C tomo los valores de la DBO de los manantiales que alimenta a la granja de San Bartolo, bajo el supuesto de que no se encuentra alterada por ser manantiales que alimentan a la primera granja sobre el cauce.

De acuerdo con la tabla 1, si C toma el valor de la DBO del manantial que alimenta a la granja de san Bartolo. No es necesario el establecimiento de humedales en 9 granjas. Solo en la granja Los Encinos sería factible su implementación ya que es la única granja donde la descarga tiene una DBO mayor a la deseada. Bajo este supuesto el humedal a establecer tendría una superficie de 7.10 ha con una profundidad de 0.4 m y un tiempo de retención de 0.34 días.

La implementación de los humedales en las unidades de producción acuícola pretende descargar al cauce del arroyo, agua con la misma calidad con la que es desviada hacia la entrada de las granjas. Se realizaron los cálculos para el diseño del humedal que garantice disminuir la DBO de la salida de las granjas a la misma concentración de llegada a las granjas. La tabla 2 muestra que con esta consideración solo en la granja la Virgen es factible el establecimiento de humedales. Esto debido a que la producción acuícola no impacta significativamente la calidad del agua utilizada en el proceso de producción ya que la DBO de la salida de las otras granjas es igual o menor de la entrada, por lo que no es necesario establecer adicionalmente un espacio para su eliminación. El humedal necesario que se establecería bajo este hipotético es de 19.31 ha 0.4m de profundidad con un tiempo de permanencia de 0.58 días.

Tabla 1. Datos para el diseño de humedales en las granjas acuícolas considerando con C como el valor de DBO del manantial que alimenta a la granja San Bartolo.

Parámetro	Entrada DBO	Salida DBO5	Tiempo de permanencia	Prof. Del humedal (m)	porosidad efectiva	Tasa de carga orgánica	Flujo del humedal (m3/seg)	Flujo del humedal (m3/dia)	Área del Humedal (superficie)	proporción longitud ancho 2/1	Ancho del humedal (m)		Longitud humedal (m)	
	Co	C									K20	t		dw
San Bartolo	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.08	6678.72	-27787	2	-13893.56	#¡NUM!	#¡NUM!
El Arroyo	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.08	6670.08	-27751	2	-13875.59	#¡NUM!	#¡NUM!
Corral de piedra	2	2	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.17	14947.2	0	2	0	0	#¡DIV/0!
El Checo	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.10	8812.8	-36666	2	-18333.03	#¡NUM!	#¡NUM!
La Virgen	2	2	1.19	0.00	0.4	0.45	#¡DIV/0!	0.69	59702.4	0	2	0	0	#¡DIV/0!
Tizapa	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.18	15552	-64705	2	-32352.41	#¡NUM!	#¡NUM!
Los Encinos	3	2	1.19	0.34	0.4	0.35	0.82177	0.34	29203.2	71073.7	2	35536.85	188.512	377.0244
El Rincón	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.61	52617.6	-218918	2	-109459.0	#¡NUM!	#¡NUM!
Puente de tierra	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.31	27129.6	-112874	2	-56436.99	#¡NUM!	#¡NUM!
San Jerónimo Conejera	2	2	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.56	48556.8	0	2	0	0	#¡DIV/0!

Tabla 2. Datos para el diseño de humedales en las granjas acuícolas, considerando C como el valor de DBO en la entrada de las granjas acuícolas.

Parámetro	Entrada DBO	Salida DBO5		Tiempo de permanencia	Prof. Del humedal (m)	porosidad efectiva	Tasa de carga orgánica	Flujo del humedal (m3/seg)	Flujo del humedal (m3/día)	Área del Humedal (superficie)	proporción longitud ancho 2/1	Ancho del humedal (m)		Longitud humedal (m)
	Co	C	K20	t	dw	n	Lorg	m3/seg	Qaus	AS	RA		W	L
San Bartolo	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.08	6678.72	-27787	2	-13893.56	#¡NUM!	#¡NUM!
El Arroyo	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.08	6670.08	-27751	2	-13875.59	#¡NUM!	#¡NUM!
Corral de piedra	2	2	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.17	14947.2	0	2	0	0	#¡DIV/0!
El Checo	1	1	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.10	8812.8	0	2	0	0	#¡DIV/0!
La Virgen	2	1	1.19	0.58	0.4	0.45	0.30903	0.69	59702.4	193196	2	96597.92	310.80	621.6
Tizapa	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.18	15552	-64705	2	-32352.41	#¡NUM!	#¡NUM!
Los Encinos	3	3	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.34	29203.2	0	2	0	0	#¡DIV/0!
El Rincón	1	2	1.19	-0.58	0.4	0.35	-0.4807	0.61	52617.6	-218918	2	-109459.0	#¡NUM!	#¡NUM!
Puente de tierra	1	1	1.19	0.00	0.4	0.35	#¡DIV/0!	0.31	27129.6	0	2	0	0	#¡DIV/0!
San Jerónimo Conejera	2	3	1.19	-0.34	0.4	0.35	-1.2327	0.56	48556.8	-118176	2	-59087.89	#¡NUM!	#¡NUM!

#### **IV.6 Uso de sedimentos provenientes de las unidades de producción acuícola.**

Los sedimentos resultantes deberán extraerse mediante trabajo manual al final de cada ciclo de producción. Estos sedimentos pueden emplearse como mejoradores de suelo con fines agrícolas ya que la materia orgánica mejora la estructura del suelo, la tierra cultivable, la capacidad de retención del agua, la infiltración del agua y la aireación del suelo. Los macronutrientes (N, P, K) ayudan en el crecimiento vegetal, así como los micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Cr, Se y Zn).

La materia orgánica también contribuye a la capacidad de intercambio catiónico del suelo, permitiéndole retener el potasio, el calcio y el magnesio. La presencia de la materia orgánica mejora la diversidad biológica del suelo y hace que los nutrientes estén más disponibles para las plantas. Cabe mencionar que no se recomienda la realización de un estudio CRETÍ para la determinación de sólidos peligrosos, ya que debido a los caracteres de funcionamiento y de volúmenes generados en las UPA no existe el riesgo de que éstos sean tratados como residuos peligrosos o residuos de manejo especial.

#### **V.7.1. Acciones correctivas y preventivas de aplicación complementaria.**

Debido a que la Cuenca de Amanalco posee características óptimas para el desarrollo de la acuicultura, es necesario contemplar la posibilidad de construcción de nuevas unidades de producción, es por ello que en este Plan se recomienda cubrir las siguientes características estructurales y de funcionamiento para la infraestructura general. Adicionalmente, se propone que para futuras acciones de obra civil, se aplique el siguiente modelo de construcción de infraestructura, el cual se ha probado y puesto en marcha en otras regiones del país, como en el municipio de Huauchinango, Puebla, dentro de la APRN Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. Sin embargo, el diseño deberá adaptarse particularmente a las condiciones evaluadas a través del levantamiento topográfico y diseño de ingeniería civil de cada superficie determinada:

**Estanques de crecimiento:** Estanques con medidas de 6 m x 0.8 m y profundidad de 1.2 m con volumen de almacenamiento de 4.96 m<sup>3</sup>, el tirante de agua se mantiene a 1 m de profundidad. Estos estanques deben contar con dos muros que terminen a 20 cm del fondo, el primero a 50 cm de la pared tiene la función de disminuir la turbulencia en la columna de agua, en el segundo muro se encuentra en el fondo una criba de acero con separación de un cuarto de pulgada ( $\frac{1}{4}$ " ) para evitar la fuga de organismos (Fig.13).

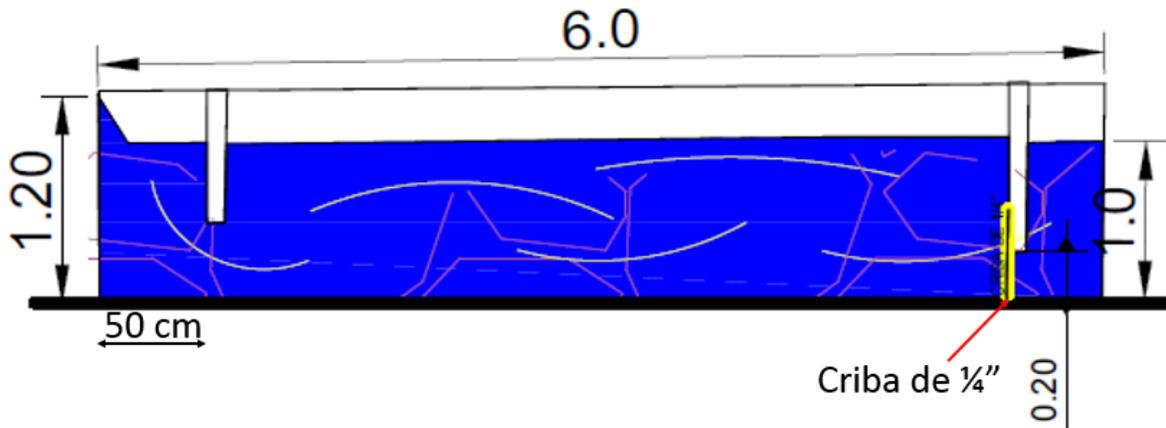


Figura 13. Estructura base propuesta para los estanques de crecimiento.

**Canaletas:** Las canaletas se estructuran de 2.5 m de largo por 40 cm de ancho, al final de cada estanque, con el propósito de estabilizar y homogenizar corrientes y propiciar la sedimentación. Se ubican de manera perpendicular a los estanques.

**Estanques de engorda:** Las dimensiones son de 10 m de largo por 2.5 m de ancho y 1.2 m de altura en el interior. Los estanques se construyen a base de tabique de 10 x 14 x 28 cm y mortero cemento-arena en proporción 1:4, y con una cimentación de armex normal de 15 x 20 cm con dos muros el primero a 50 cm de la entrada de agua e iniciara a 40 cm del suelo y terminara a 1.2 m teniendo 80 cm de altura. El segundo se colocará a 30 cm del final del estanque e iniciara a 30 cm sobre fondo, espacio donde se colocará en cada estanque tendrá criba de 1" ½" y 1/4 dependiendo de las tallas de los organismos que se encuentren en el estanque teniendo un volumen disponible 27.57 m<sup>3</sup> por estanque para la engorda de trucha. Se recomienda establecer los estanques en serie (baterías). Cada estanque lleva en los últimos 30 cm una pequeña caja de 10 cm de profundidad a partir del fondo del estanque, donde es colocado un tubo de PVC de 4" de un metro de altura como salida del agua, generando así un movimiento del agua ascendente, el cual funciona como desarenador (fig. 14).

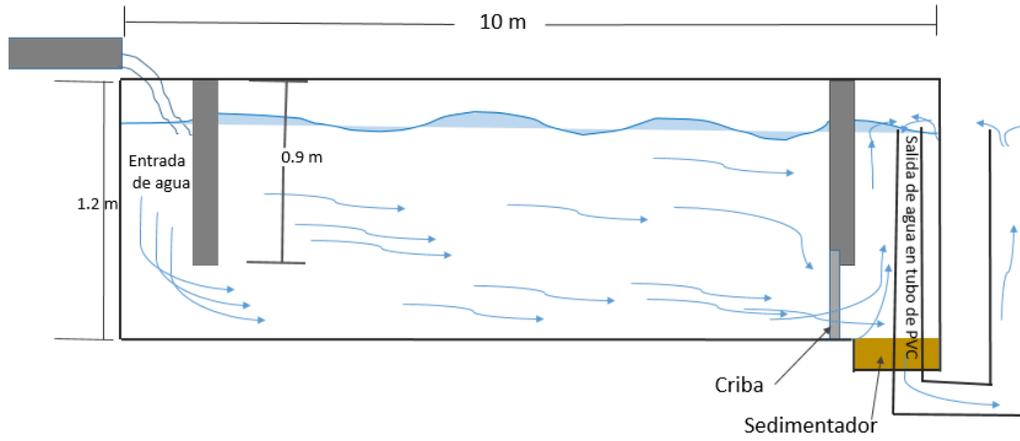


Figura 14. Estructura base de los estanques de engorda.

**Estanques para cuarentena:** Los estanques para cuarentena se utilizan solo en caso de una contingencia sanitaria por lo que su funcionamiento estará separado del sistema de producción, contando con bombas de aire y sistema de recirculación de agua. El material de construcción es geomembrana y una estructura de malla electro soldada, se sugieren sean de 4 y/o 6 m de diámetro de acuerdo a las necesidades de cada granja.

Para la implementación de este paquete tecnológico se considera necesaria la aplicación de medidas preventivas y correctivas que permitan disminuir el riesgo de fuga de organismos de trucha arcoíris a nivel operativo y administrativo. Dentro del marco administrativo debe implementarse el llenado y revisión de bitácoras en las que se levanta información del estado físico de la infraestructura y las medidas de contención. Ya que esto permitirá prevenir situaciones de riesgo en la granja. Permitiendo así el cumplimiento de los siguientes objetivos:

1. Establecer barreras físicas (ver los métodos de contención descritos anteriormente) que permitan evitar la fuga o escape de organismos de trucha arcoíris.
2. Prevenir la exposición y posible proliferación a organismos causantes de enfermedades, siguiendo lo señalado en los procesos de certificación de sanidad acuícola.
3. Ofrecer condiciones de bioseguridad dentro de las unidades de producción acuícola.
4. Disminuir la proliferación de trucha arcoíris en el medio natural, la recomendación ideal sería que el sistema de producción únicamente conste de la siembra de machos de trucha arcoíris; sin embargo, esto no es posible debido a las condiciones de operación descritas en los productos "Diagnostico de la operación de las 10 granjas trutícolas y Caracterización ecológica de los cuerpos de agua aledaños a las

granjas”. Es por lo anterior que la reconversión sexual no representa una opción viable para la cuenca de Amanalco.

5. Realizar siembra homogénea de organismos (misma edades y condiciones sanitarias óptimas).
6. Contar con un censo controlado, o al menos aproximado, del número de organismos por estanques, el cual se actualice como mínimo semanalmente, pero de preferencia diariamente en relación con las mermas del sistema.

#### V. Protocolo generado a partir del muestreo de campo, como método de prevención de escape de organismos de trucha arcoíris en el área del proyecto.

Debido al desarrollo de la actividad acuícola en la zona, se infiere que la fuga de trucha arcoíris, ha estado presente en la región desde hace más de treinta años. Debido a lo anterior el protocolo de prevención de escape de organismos debe enfocarse en la contención de organismos de trucha arcoíris en las unidades de producción acuícola, con el objetivo de limitar el crecimiento y dispersión de las poblaciones de estos organismos en el medio natural.

A través de la caracterización ambiental realizada, fue posible determinar que la presencia de trucha arcoíris en estado libre, aunque no de manera importante, representa una competencia por el alimento disponible con otras especies de la zona como: *Hyla eximia*, *Hyla plicata*, *Lithobates neovolcanicus*, *Lithobates berlandieri* y *Lithobates montezumae*. Sin embargo, no existen registros que permitan recrear un escenario comparativo y determinar con precisión el efecto de la producción de trucha arcoíris desde su introducción a la cuenca de Amanalco. Por lo que es necesario implementar un programa de monitoreo de calidad del agua, registro del uso y control de sustancias químicas y un programa de residuos sólidos generados en las unidades de producción. Estas acciones deben reforzarse con actividades complementarias, mismas que se describen por orden de prioridad:

1. Colocación de métodos de contención (Rejillas de contención, adaptaciones hidráulicas, sedimentadores y registros a la salida de las UPA)
2. Pláticas de educación ambiental que permitan informar a la población la importancia del control de las especies exóticas invasoras en el APRN Valle de Bravo.
3. Impartición de pláticas comunitarias de educación ambiental a los Clubes de Pesca deportiva que realizan actividades de liberación de trucha arcoíris en la cuenca de Amanalco.
4. Regularización normativa de las UPA en materia de impacto ambiental y aguas nacionales.
5. Colocación de señalamientos en sitios estratégicos al exterior de las UPA, para informar al público en general, sobre la existencia del APRN Valle de Bravo, su importancia y riqueza biológica.

6. Monitoreo anual de flora y fauna en zonas colindantes a cada una de las UPA.
7. Aplicación del programa de residuos sólidos.
8. Implementación de un programa de ordenamiento acuícola en la Cuenca de Amanalco.
9. Implementación de un programa de manejo genético de trucha arcoíris.

#### **VI. Actividades de inclusión participativa con los principales actores a través de una mesa de trabajo.**

Como parte de las actividades que permitan la inclusión de los principales actores involucrados en la actividad acuícola de la Cuenca de Amanalco, y por iniciativa de los promotores del presente proyecto (GEF, PNUD, CONABIO, CONANP, APRN Valle de Bravo) se participó en el Quinto Encuentro Nacional Trutícola celebrado el día 23 de Febrero de 2017 en el Municipio de Metepec, Estado de México, donde se tuvo la presencia de acuacultores de Veracruz, Puebla, Hidalgo, Michoacán, Guerrero y Estado de México. En el evento la Doctora Ana Isabel González Martínez, Subcoordinadora de Especies Invasoras de la CONABIO y el Biólogo Mario Chávez Montoya, Subdirector de Recursos Costeros y Marinos de la SEMARNAT, presentaron la ponencia Especies Exóticas Invasoras y Actividades Productivas: El Caso de la Trucha. El personal técnico de la Consultoría Iso Bio Ambiental, presentó los principales resultados obtenidos en la realización del presente proyecto. Al respecto, los principales actores del sector acuícola del Estado de México manifestaron interés por involucrarse en los procesos necesarios para realizar una producción responsable de trucha.

Como seguimiento a los resultados de las ponencias presentadas en la Quinto Encuentro Nacional Trutícola, la dirección de la APRN Valle de Bravo invitó al Comité de Sanidad Acuícola del Estado de México (CSAEM), la Subdelegación de Pesca del Estado de México, Comisión Nacional del Agua, Comisión de Cuenca Valle de Bravo-Amanalco, Fondo Pro Cuenca Valle de Bravo A.C, al representante de los acuacultores de Amanalco, para asistir al Curso-Taller Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México” celebrado los días 8 y 9 de Mayo en Amanalco, Estado de México.

En dicho taller, se tuvo la participación de 12 acuacultores de los cuales seis son propietarios de las granjas objeto de este estudio, quienes además se mostraron interesados en la aplicación de las mejores prácticas propuestas.

La dirección de la APRN Valle de Bravo participó el 23 de mayo en una reunión con los representantes de diferentes regiones del Sistema Producto Trucha Estado de México,

evento donde se mencionó la necesidad de coordinación de los diferentes órdenes de gobierno para coadyuvar en alcanzar procesos de producción responsables ambientalmente.

Se propone establecer sinergia entre los acuacultores y el H. Ayuntamiento del Municipio de Amanalco, Estado de México, de tal manera que incluya la colaboración de CONANP, CONABIO, SEMARNAT, CONAGUA, SAGARPA-CONAPESCA, CSAEM, Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de México; a través de la organización del “1er. Encuentro Regional de Medio Ambiente, Acuacultura y Pesca en la Cuenca Hidrográfica de Amanalco de Becerra”. El objetivo principal deberá atender la necesidad de informar sobre la importancia de la aplicación del Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México; ya que se considera necesario involucrar a los tres órdenes de gobierno, para conjuntar esfuerzos que permitan llevar a cabo la producción acuícola bajo sistemas controlados. Se sugiere el siguiente orden de prioridades y facultades funcionales, según la relevancia de las siguientes acciones a implementar:

Tabla 3. Acciones y actividades en el paso 1.

Acciones	Institución	Actividad
1) Colocación de métodos de contención (Rejillas de contención, adaptaciones hidráulicas, sedimentadores y registros a la salida de las UPA's).  Capacitación a productores y personal técnico operativo de dependencias relacionadas con la actividad acuícola responsable	SAGARPA-CONAPESCA	A través de sus reglas de operación vigentes, mediante el componente de Desarrollo de la Acuacultura, bajo el concepto de Acuacultura Comercial en Aguas Interiores, contempla el apoyo para infraestructura productiva (Invernaderos, sistemas de cultivo, jaulas, tinas, estanques, bodega de alimento y maternidades), e infraestructura necesaria para la operación del proyecto.
	GEF-PNUD	Mediante el Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional impartir capacitación

		relaciona con las ventajas de la utilización de métodos de contención
	SEDAGRO – Comité Sistema Producto Trucha Estado de México	Desarrollar la actividad trutícola de manera ordenada a fin de impulsar su potencial con certidumbre jurídica y sustentable, a través del Proyecto ecológico para comunidades adyacentes a las unidades de producción acuícola que integre suelo, agua, fauna y flora.
	CONANP	A través del programa PROCODES, se contempla el concepto de apoyo para Plantas de Tratamiento de aguas residuales, consiste en la construcción y equipamiento de plantas menores para el tratamiento de aguas negras y grises que contemplen su tratamiento sectorizado, a fin de prevenir la contaminación de fuentes y cuerpos de agua. Estableciendo que podrá incluir la construcción de letrinas ventiladas de doble cámara, letrina ngultrum, tanque séptico, lagunas de estabilización, <b>filtros intermitentes de arena</b> y lecho de hidrófilas

Tabla 4. Acciones y actividades en el paso 2.

Acciones	Institución	Actividad
Platicas de educación ambiental que permitan informar a la población la importancia del control de las especies exóticas invasoras en el APRN Valle	GEF-PNUD.	Mediante el Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación

<p>de Bravo.</p> <p>Platicas comunitarias de educación ambiental a los clubes de pesca deportiva.</p>		de la Estrategia Nacional.
	CONANP.	<p>A través del programa PROCODES, impartir cursos de capacitación mediante el concepto de Aplicación de Nuevas Tecnologías, para producción acuícola y pesquera.</p> <p>Y bajo el concepto de Educación Ambiental, para conservación y uso sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad.</p>
	SAGARPA-CONAPESCA	<p>En participación con CONANP, establecer zonas específicas para la realización de pesca deportiva en sistemas controlados, que no puedan convertirse en puntos críticos de control de trucha arcoíris.</p>
	SEMARNAT.	<p>A través del programa Educación Ambiental en los Estados, está facultada para brindar la información adecuada que requiere el desarrollo del proyecto, hacia la población en general</p>
	CONABIO.	<p>Brindar pláticas informativas en referencia al proyecto para fortalecer las capacidades de México para manejar especies invasoras a</p>

		través de la implementación de la Estrategia Nacional sobre especies invasoras.
	CLUBES DE PESCA Y SOCIEDAD CIVIL	Participar activamente en las acciones encaminadas al control de trucha arcoíris en la Cuenca de Amanalco.

Tabla 5. Acciones y actividades en el paso 3.

Acciones	Institución	Actividad
Aplicación del programa de monitoreo de calidad del Agua.	CSAEM.	A través del monitoreo periódico que realiza esta institución, es posible incluir el protocolo de muestreo del programa de monitoreo de calidad del agua, que permita generar una base de datos nutrida por periodos continuos de muestreo que refleje la incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la Cuenca de Amanalco. Acción que a futuro permitirá proponer acciones normativas en materia de aguas nacionales, sustentadas y específicas para la actividad acuícola de trucha arcoíris.
	CONAGUA.	Mediante el monitoreo periódico que para vigilar las descargas de aguas residuales provenientes de las unidades de producción acuícola, es posible generar una base de datos que refleje las

		especificaciones de infraestructura hidráulica precisas para la producción acuícola de trucha arcoíris y el control de sedimentos que genera la actividad.
	SENASICA	Mediante el proceso de certificación existente incluir muestreo enfocado a verificar la normatividad ambiental.
	H. AYUNTAMIENTO DE AMANALCO DE BECERRA	A través de los monitoreos periódicos que realizan como parte del uso y aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas para potabilización, es posible fortalecer la base de datos en cuestión.
	ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL.	Mediante la aplicación de los diferentes programas y la organización de acciones coordinadas con los demás actores identificados para la aplicación de este paso, es posible fortalecer el monitoreo de calidad del agua, en diferentes zonas de muestreo en la Cuenca de Amanalco.

Tabla 6. Acciones y actividades del paso 4.

Acciones	Institución	Actividad
Regularización normativa de las UPA en materia de impacto ambiental y aguas	SEMARNAT	Se considera necesario que la dependencia brinde la información respectiva en la materia, directamente a los

naionales		acuacultores y demás actores involucrados, en relación al procedimiento de evaluación de los estudios de impacto ambiental, el otorgamiento de exenciones, las modalidades de presentación (MIA-P Tipo A, MIA-R Tipo A), los tipos de autorizaciones y el seguimiento de deberá llevarse conforme a las condicionantes impuestas en los resolutivos en la materia. Además de los montos estimados por el derecho de revisión ante SEMARNAT.
	PROFEPA	Con base a los resultados del foro y las condiciones ambientales de la Cuenca, SEMARNAT determinara la participación de la dependencia.
	CONAGUA	Se considera necesario que la dependencia brinde la información respectiva en la materia, directamente a los acuacultores y demás actores involucrados, en relación a la implicación del concepto "Concesión Acuícola", "Agua de paso" y "Descarga de agua residual" que enmarca la Ley de Aguas Nacionales, y su aplicación en acuicultura. Además de informar a los actores de los tramites aplicables en la materia según

		<p>la Ley de Aguas Nacionales, las especificaciones, los requisitos, el procedimiento de evaluación, los tiempos de respuesta y los montos que implica el pago de derechos ante CONAGUA dicha gestión.</p>
	<p>SAGARPA-CONAPESCA</p>	<p>A través del Programa Desarrollo de Cadenas Productivas, bajo el concepto <b>Estudios, Proyectos y Certificaciones</b> (Estudios de mercado, certificación, esquemas de calidad, formulación de proyectos productivos, planes de negocios, desarrollo de nuevos productos, valor agregado, diseño de imagen y empaque de productos pesqueros y acuícolas); es posible considerar el financiamiento de los estudios de impacto ambiental como valor agregado el cumplimiento normativo en materia ambiental de las unidades de producción acuícola de trucha arcoíris, que permita generar producción acuícola sustentable a nivel nacional.</p> <p>Mediante la aplicación de los diferentes programas y la organización de acciones coordinadas con los demás actores identificados para la aplicación de este paso, es</p>

		posible fortalecer el monitoreo de calidad del agua, en diferentes zonas de muestreo en la Cuenca de Amanalco.
	H. AYUNTAMIENTO DE AMANALCO DE BECERRA	De acuerdo con la información proporcionada por SEMARNAT, el municipio estará en posición de considerar la posibilidad del financiamiento del estudio de impacto ambiental, Modalidad Regional Tipo A, que permita regularizar la actividad acuícola en varias unidades de producción acuícola de la Cuenca de Amanalco.

Tabla 7 Acciones y actividades del paso 5.

Acciones	Institución	Actividad
Monitoreo anual de flora y fauna en las colindancias de las UPA.	GEF-PNUD.	Mediante el Proyecto GEF-PNUD 089333 "Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional.
	CONANP	A través del programa PROCODES, bajo el concepto de Conservación y restauración de ecosistemas, Monitoreo y conservación de

		especies, que incluye actividades para establecer las líneas base del monitoreo; así como para <b>acciones de protección, vigilancia de especies y poblaciones de importancia ecológica; incluye actividades para la ejecución de los protocolos de monitoreo</b> , se considera viable el seguimiento a la línea base establecida en la caracterización ecológica realizada.
	CONABIO	A través de los proyectos de las convocatorias para generar inventarios multitaxonómicos de algunas áreas naturales protegidas.

Tabla 8. Acciones y actividades del paso 6.

Acciones	Institución	Actividad
Colocación de señalamientos en sitios estratégicos al exterior de las UPA's, para la información al público en general, sobre la existencia del APRN Valle de Bravo, su la importancia y riqueza biológica, con los logotipos y especificaciones de los mismos que autorice la UCP.	GEF-PNUD	Mediante el Proyecto GEF-PNUD 089333 "Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional.
	SEMARNAT	A través del programa Educación Ambiental en los Estados, es posible la instalación de letreros informativos dentro de las

		Áreas Naturales Protegidas o bajo alguna categoría de conservación similar.
--	--	---

Tabla 9. Acciones y actividades del paso 7.

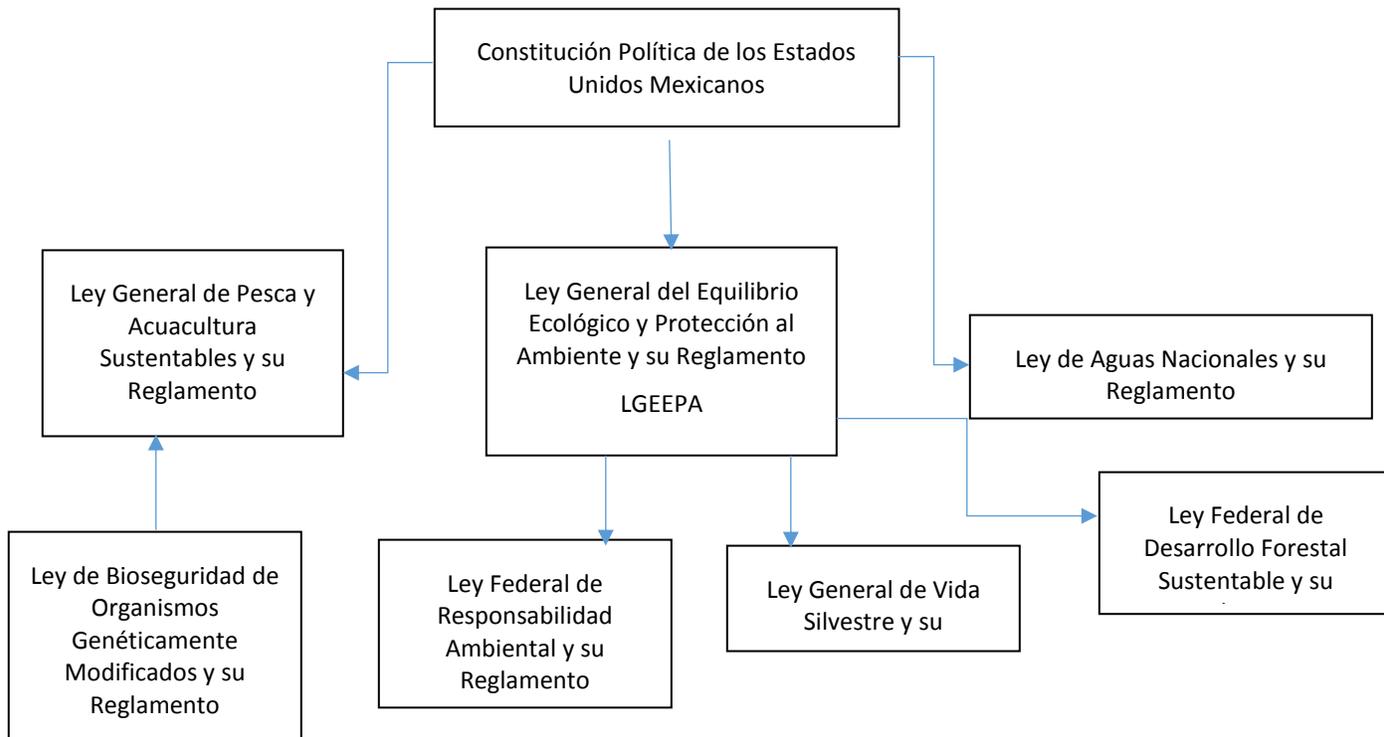
Aplicación del programa de manejo de residuos sólidos.	H. AYUNTAMIENTO DEL MUNICIPIO DE AMANALCO DE BECERRA	Apoyar en la recolección de residuos provenientes de las UPA ya que cumplen las características de residuos sólidos urbanos.
	SEMARNAT	Brindar la capacitación adecuada a los acuacultores en materia de manejo de residuos sólidos
	CSAEM.	Apoyar el manejo de residuos sólidos, a través de la vigilancia en el manejo de los mismos mediante el programa de certificación bajo su injerencia.

Tabla 10. Acciones y actividades en paso 8.

Acciones	Institución	Actividad
Implementación de un programa de ordenamiento acuícola en la Cuenca de Amanalco.	SEDAGRO.	Mediante fondos concurrentes de la Federación con las entidades estatales, es posible la ejecución del Ordenamiento Acuícola en la Cuenca de Amanalco.
Implementación de un programa de manejo genético de trucha arcoíris.	SEMARNAT	Verificar y asegurar que la línea genética determinada

		por SAGARPA-CONAPESCA, no caen en los supuestos de aplicación de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
	SAGARPA CONAPESCA	A través del componente Productos Pesqueros y Acuícolas, bajo el concepto Recursos Genéticos, Caracterización de líneas genéticas; es posible llevar a cabo el análisis de las líneas genéticas adecuadas para manejo y control en la Cuenca de Amanalco
	SENASICA	A través de la certificación de sanidad acuícola, implementar un programa de manejo genético.

- VII. **Generación de una propuesta de esquema de organización con base en las atribuciones y competencias de los principales actores ( federal, estatal y municipal) como sistema de respuesta ante alerta de fuga de organismos de trucha arcoíris en los sistemas de producción.**



Actividad	Fundamento legal	Método de respuesta a nivel administrativo
Introducción de especies exóticas en Áreas Naturales Protegidas.	<i>Artículo 46, párrafo último de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</i> <i>Artículo 27 y 27 Bis de la Ley General de Vida Silvestre.</i>	Coordinación interinstitucional entre SAGARPA-CONAPESCA, SEMARNAT, CONANP y el Gobierno Municipal, que permita definir zonas prioritarias como Unidades de Manejo Ambiental para Uso Acuícola.
Siembra de especies exóticas, híbridos y variedades transgénicas en ecosistemas acuáticos, en unidades de producción instaladas en cuerpos de agua o en infraestructura acuícola situada en tierra.	<i>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, inciso U) ACTIVIDADES ACUÍCOLAS QUE PUEDAN PONER EN PELIGRO LA PRESERVACIÓN DE UNA O MAS ESPECIES O CAUSAR DAÑOS A LOS ECOSISTEMAS, Párrafo III.</i>	Coordinación interinstitucional entre SAGARPA-CONAPESCA y SEMARNAT, que defina atribuciones, verifique y defina la existencia o no, de OGM, que se promueven mediante los programas sectoriales de apoyo al sector rural, en base al Programa Nacional de Desarrollo.
Liberación al ambiente de "posibles" organismos genéticamente modificados (OGM) mediante las fugas en los sistemas hidráulicos de las Unidades de Producción Acuícola.	<i>Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados</i> <i>Art. 420 TER del Código Penal Federal</i>	Coordinación interinstitucional entre SAGARPA-CONAPESCA, SEMARNAT que defina atribuciones, verifique y defina la existencia o ausencia, de OGM, que se promueven mediante los programas sectoriales de apoyo al sector rural, con base al Programa Nacional de Desarrollo y que incluya la actividad de pesca

Actividad	Fundamento legal	Método de respuesta a nivel administrativo
		deportiva en aguas interiores.
Incumplimiento en permisos de ocupación de zonas federales.	<p>Artículos 21, 21Bis, 22, 113 y 118 de la Ley de Aguas Nacionales; 30, 174, 175 y 176 de su Reglamento; 3, 192-A Fracciones II y V y 192-D de la Ley Federal de Derechos; 3, 15 y 15-A fracción III de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y 5 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.</p>	<p>Agilizar los procesos de gestión en el marco normativo de CONAGUA, que permita acortar los periodos, para lograr la autorización de ocupación de zonas federales.</p>
Incumplimiento en permisos de descargas de aguas residuales.	<p>Artículos 21, 21 Bis, 24, 25, 30, 33, 42, 43, 88, 113, 113 Bis y 118 de la Ley de Aguas Nacionales; 29, 32, 44, 138, 141, 174, 175 y 176 de su Reglamento; 3, 15, 15-A fracción III, 35 y 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y el Artículo Tercero Transitorio del Acuerdo por el que se dan a conocer los trámites y servicios inscritos en el Registro federal de Trámites y Servicios que aplica la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; y 192, 192-A, 192-B, 192-C, 192-D y 224 de la Ley Federal de Derechos.</p>	<p>Con participación de los Comités de Sanidad Acuícola para la realización de los Muestreos de Calidad del Agua, es posible generar la información anual, que permita definir si en realidad se genera o no "Descarga de agua residual" (Según el glosario de la Ley de Aguas Nacionales) ya que de no ser así, es posible considerar a la acuicultura bajo el concepto de "Agua de paso", por lo que, si se asegura que la calidad del agua usada en las unidades de producción acuícola de trucha arcoíris no contiene alteraciones que la definan como "agua residual" entonces ya no sería necesario el trámite para el permiso de descarga de estas.</p>

## VIII. Bibliografía.

**Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.** Ley de aguas Nacionales. (D.O.F. 24 marzo de 2016).

**Comisión Nacional del Agua,** 2007. Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento, sistemas alternativos de tratamiento de agua residual y lodos producidos. México, D.F. 268 p.

**Brinker A, Rösch R.** 2005 Factors determining the size of suspended solids in flow-through fish farm. *Aquacultural Engineering.* 33: 1-19.

**Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA)** Sin fecha. Programa maestro Sistema Producto Trucha Estado de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 135 p.

**Delfs S.** (2008). Manual de Biojardineras, (Humedales para la depuración de aguas). Instituto nicaragüense de acueductos i alcantarillados INAA. Managua. 20 P.

**García, J. Corzo, A.** 2008. Depuración con Humedales construidos, Guía Práctica de Diseño, Construcción t Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Superficial. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya, 98 p.

**Gautier D, Amador J, Newmark F.** 2004. The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents: preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. *Aquaculture Research.* 32: 787-799.

**Lux Monroy, Manuel A.** 2010. Medidores de flujo en canales abiertos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Fecha de consulta: 27 de junio de 2017.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3165\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf)

**Mejia G., Herrera L., Bello M. y Sokolov Y.** 2013. Manual de construcción y manejo de humedales artificiales para el tratamiento de agua residual de beneficio de café. *Tapachula, Chiapas, México : El Colegio de la Frontera Sur.*

**Pardo S., Suarez H. y Soriano E.** 2006. Tratamiento de efluentes: Una vía para la acuicultura responsable. *Rev. MVZ. Cordoba.* 11 Supl. (1). 20-29.

**SEMARNAT** 2016. Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. (D.O.F. 07 marzo 2016).

**US-EPA.**1993 Guía Para el Diseño Y Construcción de un Humedal Construido con Flujos Subsuperficiales US-EPA. Sección 6. División de manejo de aguas.

**Velázquez, E. & Espinoza H.** 1989. Diagnósis del Estado Actual de la Trucha Arcoíris en México. México D.F. Secretaria de Pesca. 73 p.



## IX. Anexos.

### Anexo I. Diseño y Construcción de Canal Tipo Parshall.

El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Es un medidor de régimen crítico, siendo diseñado por Ralph L. Parshall, ingeniero del servicio de irrigación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Los medidores Parshall son identificados nominalmente por el ancho de su garganta, por ejemplo: un medidor Parshall de 9 pulgadas mide 0.23 m.

#### Partes de un medidor Parshall.

Consta de cuatro partes principales:

1. Transición de entrada.
2. Sección convergente.
3. Garganta.
4. Sección divergente.

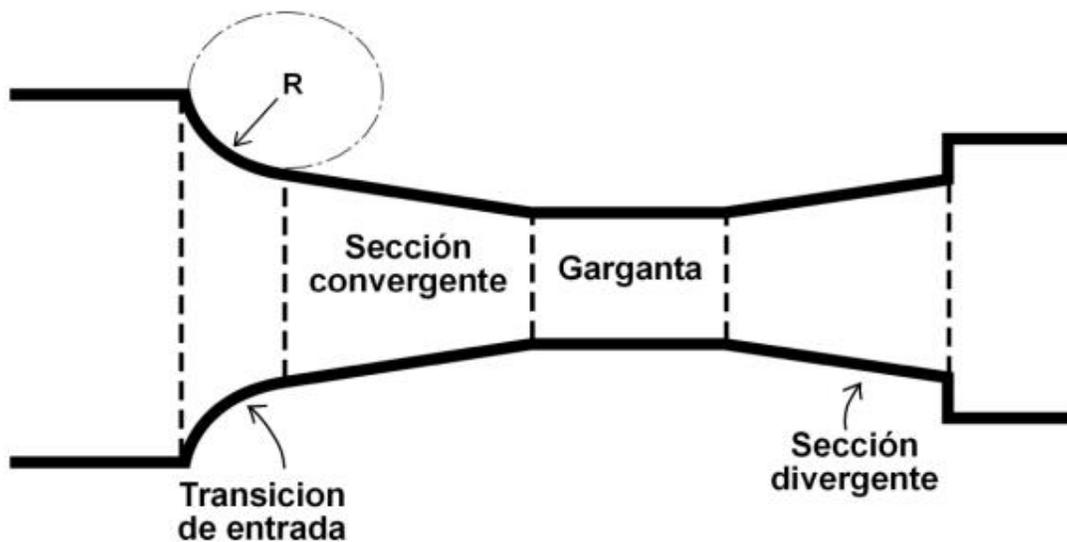


Figura 15. Partes del canal Parshall (Lux-Monroy, 2010).

En la transición de entrada es conveniente elevar el piso sobre el fondo original del canal, con una pendiente ascendente de 1:4 (donde, 1 es la longitud vertical y 4 es horizontal), hasta comenzar la sección convergente, con paredes que se van cerrando en línea recta o circular de radio (R), debido a que el aforador Parshall es una reducción de la sección del canal, que obliga al agua a elevarse o a remansarse para luego volver a descender hasta el nivel inicial sin el aforador.

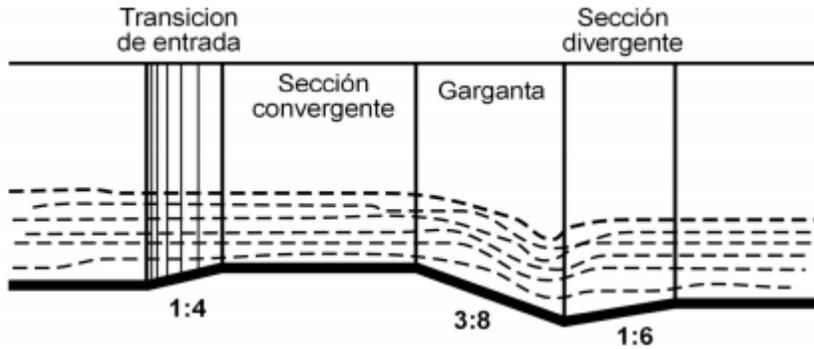


Figura 16. Partes de un medidor Parshall (perfil). (Lux-Monroy, 2010).

En la sección convergente, el fondo es horizontal y el ancho va disminuyendo. En la garganta el piso vuelve a bajar con una pendiente de 3:8; en la sección divergente el piso sube nuevamente con pendiente de 1:6 (ver figura 16).

#### **Dimensiones del canal Parshall.**

El volumen de agua que soporta el canal Parshall está en función de sus dimensiones, encontrándose una relación entre el ancho de garganta ( $W$  en la figura 17) y el volumen que soporta, sin embargo los medidores menos empleados son los de 1 pulgada (2.54 cm) de ancho de garganta y el mayor construido hasta hoy mide 50 pies (15.24 m) y tiene una capacidad para 85,000 l/s.

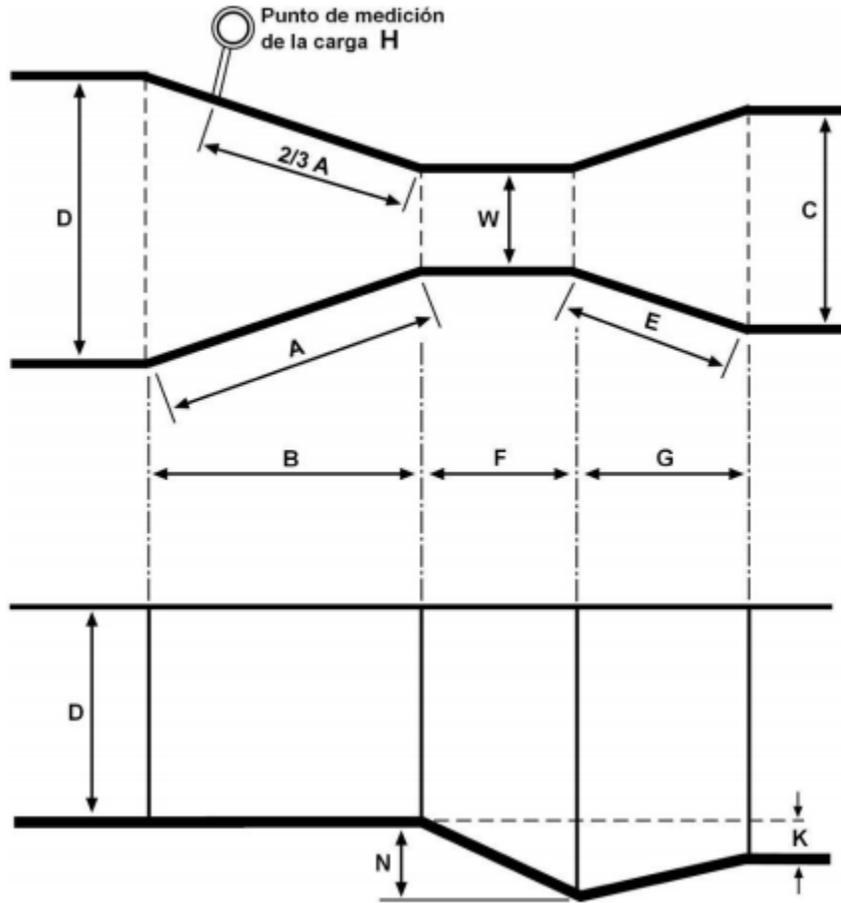


Figura 17. Dimensiones del medidor Parshall. (Lux-Monroy, 2010).

En la siguiente tabla se incluye las dimensiones típicas para los medidores hasta de 10 pies (3.05 m) y los caudales operados.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	Caudal l/s	
										Min	Max
2.5	36.3	35.3	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9	0.088	
7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7	0.85	53.8
15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4	1.52	110.4

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	Caudal l/s	
										Min	Max
22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4	2.55	251.9
30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	3.11	455.6
45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	4.25	696.2
61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	11.89	936.7
91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	17.26	1426.3
122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	36.79	1921.5
152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	62.8	2422.0
183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	74.4	2929.0
213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	115.4	3440.0
244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	130.7	3950.0
305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3	200.0	5660.0

Tabla 11. Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm y caudal de operación. (Lux-Monroy, 2010).

A continuación, en la tabla 2 se presenta los rangos de caudales en los que se recomienda operen de forma eficiente los canales Parshall, trabajando a descarga libre.

Ancho de garganta (W)	Caudal Q (L/s)	
	cm	Mínimo
7.6	0.85	53.8
15.2	1.52	110.4

Ancho de garganta (W) cm	Caudal Q (L/s)	
	Mínimo	Máximo
22.9	2.55	251.9
30.5	3.11	455.6
45.7	4.25	696.2
61.0	11.89	936.7
91.5	17.26	1426.3
122.0	36.79	1921.5

Tabla 12. Rango de caudales de operación en canales Parshall. (Lux-Monroy, 2010).

### Fórmulas y tablas para el cálculo del caudal en un medidor Parshall

Según experimentos y ensayos realizados utilizando canales Parshall se han obtenido ecuaciones para calcular el caudal de tipo potencial: (Lux-Monroy, 2010).

$$Q = K * H^n$$

Donde Q= m<sup>3</sup>/s

H= altura de la lámina de agua en metros

K=coeficiente constante en función ancho de garganta

n= exponente constante en función de ancho de garganta.

Y siendo el valor de "n" según ensayos, muy cercano a 3/2.

En la tabla 3 se presentan los valores del coeficiente "K" para los sistemas métrico, así como los del exponente "n".

Ancho de garganta W (m)	n	K
0.076	1.547	0.176

Ancho de garganta W		
(m)	n	K
0.152	1.580	0.381
0.229	1.530	0.535
0.305	1.522	0.690
0.457	1.538	1.054
0.610	1.550	1.426
0.915	1.566	2.182
1.220	1.578	2.935
1.525	1.587	3.728
1.830	1.595	4.515
2.135	1.601	5.306
2.440	1.606	6.101

Tabla 13. Valores de exponente "n" y coeficiente "K" (Lux-Monroy, 2010).



**Anexo II. Manual para el acuicultor de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México**