

INFORME FINAL

**VIABILIDAD DEL CULTIVO DE PIRARUCÚ (*Arapaima gigas*) EN ZONAS DIFERENTES A
SU CUENCA DE ORIGEN EN ESTAQUES EN TIERRA**

**CONTRATO DE CONSULTORIA:
CUC-ACUICA**

MES 5: 16 DE MARZO DE 2015- 15 DE ABRIL 2015

Biólogo, FELIPE TRIVIÑO PINEDA. Investigador Principal

ERIC ARGUMEDO TRILLERAS. Asesor.

ANTECEDENTES Y COMPETENCIAS DE LA ENTIDAD PROPONENTE

La Asociación de Acuicultores del Caquetá ACUICA desde el año 2003 viene ejecutando proyectos de investigación y desarrollo en piscicultura con especies nativas para la diversificación de la piscicultura de consumo de la región sur colombiana y llanos orientales en peces de consumo y peces ornamentales.

Para peces de consumo en el 2003 ACUICA ejecuto un proyecto de investigación y desarrollo financiado por PRONATTA. Este mismo año también logro el Estudio sobre la reproducción semi natural de la Arawana plateada financiado por el FPAA (Fondo para la acción ambiental)

Para el 2007 con MINAGRICULTURA desarrollo el proyecto para la producción comercial de carne de Pirarucú y con bagres amazónicos, Dichos proyectos generaron interés en productores e investigadores del Huila, meta y Caquetá.

Con el INCODER se ejecutó un proyecto de fomento donde se establecieron 20 unidades piloto de producción de Arawana y Pirarucú

En 2009 con el SENA desarrollo proyecto de investigación con la Arawana azul

Actual mente desarrolla proyectos financiados por El Sistema General de Regalías (SGR), alianzas productivas, DPS y ACUICA por ser Epsagro también tiene proyectos con la UNODC.

ANTECEDENTES Y COMPETENCIAS DE LA ENTIDAD COOPERANTE

La Corporación Universitaria de la Costa (CUC) es una institución que fundamenta sus principios en la generación de conocimiento a partir de la investigación, por lo cual siempre ha participado en convenios con diferentes estamentos, dentro de los que se encuentra la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura (AUNAP). En un primer convenio se hizo la recuperación del sistema de tratamiento de Agua Potable de la Estación Piscícola de Repelón y la recuperación del Laboratorio de Química, con la adquisición de equipos de campo para la medición de parámetros fisicoquímicos. En otro convenio se trabajó en pro de la ordenación de pesca de algunos departamentos de la Costa Caribe a través de la identificación y estudio de los diferentes cultivadores de peces.

También se ejecutó un convenio para la administración de la Estación Piscícola de Repelón con el fin de fortalecer la estación Piscícola, como centro de investigación científica, de innovación y transferencia de tecnología mediante la adaptación y aplicación de nuevas tecnologías en los procesos de producción de especies nativas y exóticas para incrementar la productividad y transferir tecnología para el desarrollo de la piscicultura y la pesca en la Región Caribe Colombiana, en ese marco se adecuó el laboratorio de Probióticos y el de alimento vivo.

INTRODUCCION

El Pirarucú (*Arapaima gigas*) es considerado por los pobladores de la cuenca Amazónica como uno de los principales recursos promisorios de la región, debido a la excelente calidad y precio de su carne, tamaño, variedad de subproductos y facilidad de captura; siendo utilizado además como pez ornamental en sus estados juveniles. Estas particularidades del Pirarucú, sumadas a la falta de oportunidades laborales de la región, ha generado una enorme y creciente presión pesquera sobre las poblaciones naturales, a tal punto que la especie se encuentra catalogada como especie en vía de extinción, siendo incluida en el apéndice II de la Convención Internacional para el Trafico de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Actualmente el cultivo de esta especie se encuentra restringido a la región amazónica, debido a que no existen estudios básicos que permitan reglamentar el cultivo en otras regiones de la geografía colombiana.

El proyecto pretende evaluar el cultivo de pirarucú bajo la implementación de las medidas de prevención contempladas en la norma 2424 de 2009, con el fin de generar información válida que sirva de referencia para la posible reglamentación del cultivo de esta especie en zonas diferentes a la región amazónica, abriendo enormes posibilidades para el fortalecimiento y diversificación de la acuicultura Nacional.

El cultivo experimental de Pirarucú se extenderá durante 4 meses con el fin de evaluar la aplicabilidad de la norma 2424 de 2009 y algunos aspectos técnicos relacionados con la velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia, en condiciones medio ambientales de la estación piscícola de la AUNAP en Gigante, Huila.

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron 150 juveniles de Pirarucú y 600m² en espejo de agua. Los estanques se manejaron según los requisitos expuestos en la resolución **2424** del 23 de noviembre de 2009 del INCODER.

En cada una de las unidades experimentales se verificó la aplicabilidad de los requisitos expuestos en la resolución **2424**, **relacionados con eficacia en relación a impedir la fuga o escape de ejemplares fuera de los sistemas de cultivo**. De igual forma se desarrollaron muestreos de crecimiento mensuales con el fin de determinar la velocidad de crecimiento en talla y peso, biomasa acumulada para el reajuste de las raciones alimenticias. Se realizó un monitoreo permanente de los parámetros físicos y químicos de mayor importancia con el fin de analizar los posibles efectos del manejo de calidad de agua sobre el cultivo del *Arapaima gigas*.

JUSTIFICACION

La acuicultura continental de Colombia se ha desarrollado primordialmente con especies exóticas, tal como lo demuestran las estadísticas del 2011 (Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia 2013, MADR-AUNAP-FAO), en las cuales más del 60% de la producción nacional corresponde a especies ícticas exóticas (Tilapia roja y plateada, trucha, carpas). Aun cuando algunas especies nativas como la cachama blanca han logrado un nivel de producción considerable (20% de la producción nacional), es importante impulsar procesos de diversificación y fortalecimiento de la acuicultura nacional incorporando especies nativas de importancia económica en el mercado nacional e internacional de peces de consumo.

En este sentido el proyecto aportará la información necesaria para determinar la viabilidad de reglamentar e incorporar la producción comercial de carne de pirarucú en diferentes regiones del territorio nacional, abriendo la posibilidad para su cultivo a nivel industrial. De igual forma el proyecto aportará información técnica básica sobre el comportamiento productivo del pirarucú en sistemas de cultivo por fuera de su cuenca de origen.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque la oferta de alevinos de pirarucú continúa creciendo rápidamente en la región amazónica, no se cuenta con el marco legal apropiado para desarrollar programas de fomento del cultivo comercial de esta especie en el interior del país.

La diversificación de la piscicultura mediante la inclusión de especies nativas de alta competitividad en el mercado nacional e internacional es prioritaria para fortalecer la acuicultura nacional; el cultivo comercial del pirarucú es considerado como una de las alternativas de fortalecimiento de la acuicultura

continental, sin embargo es necesario desarrollar estudios y procesos para determinar la viabilidad técnica y normativa del cultivo de esta especie a nivel nacional.

SOLUCION PROPUESTA

El desarrollo de la piscicultura de engorde con Pirarucú y su crecimiento a escala industrial es posible siempre y cuando esta actividad se masifique y extienda en las zonas de mayor desarrollo acuícola del país, como son los departamentos del Huila, Tolima, Valle y Meta, las cuales están por fuera de la cuenca de origen de la especie en estudio.

Por lo anterior será indispensable validar y ajustar las normas de bioseguridad de la resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009 del INCODER de acuerdo al sistema de producción que se utilice, que para efectos del proyecto será estanques en tierra, contemplado en el artículo tercero de esta resolución (2424).

Demostrar la viabilidad ambiental y técnica del cultivo de Pirarucú en el interior del país, constituye un insumo invaluable para sustentar el fomento de su cultivo a nivel nacional, generando una nueva alternativa de producción y diversificación de la acuicultura a con una especie de gran potencial.

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Determinar la viabilidad del cultivo de Pirarucú (*Arapaima gigas*) en estanques de tierra en zonas diferentes a su cuenca de origen, aplicando las medidas de seguridad contempladas en la resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009 del INCODER.

OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO

1. Implementar las medidas de seguridad contempladas en la resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009 del INCODER para minimizar los riesgos de escape de peces del sistema.
2. Evaluar índices zootécnicos del cultivo experimental del Pirarucú en estanques entierra en sus tres replicas
3. Monitorear parámetros de calidad de agua

AREA DE ESTUDIO

La presente evaluación tiene lugar en las instalaciones de la "Estación Piscícola Alto Magdalena", de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP, ubicada en el perímetro urbano del municipio de Gigante-Huila.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

La presente evaluación se realizó con 165 alevinos de pirarucú, distribuidos aleatoriamente entre tres estanques de aproximadamente 200 m² cada uno. Para controlar alta mortalidad, los alevinos fueron aclimatados en la sala de manejo de la estación durante un mes; inicialmente apoyado con termostatos para mantener niveles de temperatura adecuados; actividad realizada de manera paralela a la adecuación de los estanques.

Para cuantificar la efectividad de cada punto de RES 2424/09 se diseñó un sistema que permite establecer un valor numérico a las observaciones cualitativas en el área de estudio que puede interpretarse como NULO, BAJO, MEDIO, ALTO y MUY ALTO (Tabla 1), siendo, el Índice de Efectividad (IE) (Tabla 4), una escala de 0 a 4 que puede interpretarse desde NULO a MUY ALTO. La evaluación colectiva de los puntos se realizó cuantificando el porcentaje de retención %R, siendo, la relación entre los individuos recuperados (vivos y muertos) y los sembrados expresado en porcentaje.

El seguimiento de los parámetros físicos-químicos de calidad de agua se realizó con ayuda de equipos multiparámetros marca Hanna y kit de pruebas químicas marca HACH.

Para el cumplimiento de los objetivos se tomó información diariamente, usando los formatos diseñados para el seguimiento de cada objetivo específico del convenio, los cuales fueron consolidados junto los demás formatos de ACUICA.

Tabla 1. Determinación del valor IE.

1. Riesgo de inundación/Avalancha	Descripción	Puntaje	Observaciones
Muy alto	Análisis heurístico de peligro y vulnerabilidad. Ver Tabla 2.	0	Se plantea un método sencillo, para que el productor lo implemente sin ayuda de un profesional
Alto		1	
Medio		2	
Bajo		3	
Nulo		4	
2. Malla antipájaro vs depredadores			
Muy alto	Malla protectora integra, debidamente anclada al suelo, sin espacio entre el suelo y alambre inferior de la estructura. Sin depredadores en su interior	4	Tener en cuenta el tipo de organismo y recurrencia.
Alto	Malla de protección integra, insuficientemente anclada y con espacio entre el suelo y alambre inferior de la estructura. Un depredador en el interior	3	
Medio	Malla de protección afectada, insuficientemente anclada y con espacios entre el suelo y alambre inferior de la estructura. Presencia depredadores entre 2 y 3 individuos interior de malla.	2	
Bajo	Malla de protección con huecos y/o espacios, insuficientemente anclada y con espacios entre el suelo y alambre inferior de la estructura. Presencia entre 4 y 9 depredadores en el interior de malla.	1	
Nulo	Malla de protección muy deteriorada, con huecos y rasgaduras de gran tamaño, malla insuficientemente anclada y con espacios entre el suelo y alambre inferior de la estructura. Presencia de más de 10 depredadores en el interior de malla.	0	
3. Franja borde			
Muy alto	> 40 cm	4	
Alto	31-40 cm	3	
Medio	21-30 cm	2	
Bajo	1 -20 cm	1	
Nulo	= 0 cm	0	
4. Disposición lodo residual			
Muy alto	Distancia 100 mtr al cuerpo de agua natural y/o artificial, riesgo nulo de inundación. Inclinação del terreno < 1%. Probabilidad de arrastre por escorrentía nulo.	4	
Alto	50 mtr > al cuerpo de agua natural y/o artificial, riesgo nulo de inundación. Inclinação del terreno entre 1,1 y 2% . Probabilidad de arrastre por escorrentía Bajo.	3	
Medio	20 mtr > al cuerpo de agua natural y/o artificial, riesgo nulo- bajo de inundación. Inclinação del terreno 6%. Probabilidad de arrastre por escorrentía Medio.	2	

Bajo	10 mtr < al cuerpo de agua natural y/o artificial. Inclinación del terreno > 6%. Probabilidad de arrastre por escorrentía Alto.	1	
Nulo	10 mtr < al cuerpo de agua natural y/o artificial. Inclinación del terreno > 10%. Probabilidad de arrastre por escorrentía Muy alto.	0	
5. Filtro salida drenaje			
Muy Alto	Presencia de filtro en optimo estado, bien ajustado, tamaño de ojo menor o igual a ½ del diámetro del alevino.	4	Medidas recomendadas evaluada en alevinos de A. gigas de 20 cm. Tamaño ojo recomendado 1 cm
Alto	Presencia de filtro en optimo estado y bien ajustado, tamaño de ojo $\frac{2}{3}$ diámetro alevino.	3	
Medio	Presencia de filtro en mal estado, perforado y desajustado. Tamaño de ojo mayor igual $\frac{2}{3}$ diámetro alevino.	2	
Bajo	Filtro deteriorado, tamaño de ojo mayor o igual al diámetro de los alevinos.	1	
Nulo	Sin filtro, caída directa a sistema lentico y lotico natural o artificial.	0	
6. Capacidad de drenaje (CD)			
Muy alto	CD = $\geq 200\%$	4	
Alto	CD = 110%-190%	3	
Medio	CD = 100%	2	
Bajo	CD = < 100%	1	
Nulo	CD ≈ 0	0	
7. Retención especímenes			
Muy alto	Retención = 100%	4	Inspección diaria
Alto	Retención = 61-99%	3	
Medio	Retención = 31-60%	2	
Bajo	Retención = 1-30%	1	
Nulo	Retención = 0	0	

Objetivo específico	Componente	Actividad	Acción	Resultado Obtenido	% Ejecución Actividad	Observaciones
Implementar las medidas de seguridad contempladas en la resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009 del INCODER para minimizar los riesgos de escape de peces del sistema	Evaluación de los requisitos de administración para el cultivo de pirarucú en estanques en tierra según RES 2424/09	Adecuación de estanque en tierra de acuerdo a lo exigido por la RES 2424 de 2009	Adecuación Punto 1	Efectividad : ALTO	100	
			Adecuación Punto 2	Efectividad: MUY ALTA		
			Adecuación Punto 3	Efectividad: MUY ALTO		
			Adecuación Punto 4	Efectividad: MUY ALTO		
			Adecuación Punto 5	Efectividad: MUY ALTO		
			Adecuación Punto 6	Efectividad: MUY ALTO		
			Adecuación Punto 7	Efectividad: MUY ALTO		Debido a la infraestructura en el lugar de la evaluación se modificó el diseño de la trampa
	Seguimiento técnico y evaluación de efectividad de los requerimientos de administración derivados de la implementación de RES 2424/09		Inspección ocular de adecuaciones	Efectividad: MUY ALTA Riesgo: BAJO (ver tabla 2).	100	
			Mantenimiento adecuaciones RES 2424/09	Siete adecuaciones de RES 2424/09 con mantenimiento		

Evaluar índices zootécnicos del cultivo experimental del Pirarucú en estanques en tierra en sus tres replicas	Cultivo piloto de pirarucú en estanques en tierra	Consecución de alevinos de pirarucú	Adquisición de lote de alevinos	Compra y transporte de 165 alevinos de pirarucú	100	
		Disposición y adecuación de estanques	Mantenimiento	600 m ² de espejo de agua en condiciones homogéneas y óptimas para ceba de pirarucú.	100	Además, acciones intrínsecas a un sistema de cultivo que no están incluidas en el proyecto
		Ceba de Pirarucú	Alimentación individuos	133 alevinos sobrevivientes (80,6%)	100	Individuos restantes no flotaron para ser recuperados.
			Recuperación de individuos muertos	Mortalidad Total 19,4% Individuos no recuperados 9,4% Individuos recuperados 10%		Los individuos no recuperados fueron documentados mientras presentaban comportamiento errático y cercano a la muerte, se estima que murieron y sus

						cuerpos se depositaron en el fondo del estanque, imposibilitando su recuperación.
			Seguimiento Talla	Inicial: 20 cm y 89 g Final: 41,8 y 610 g		
		Suministro y registro de alimentación	Pesar alimento seco y suministrar	106 Kg de concentrado 45% PB	100	Kg consumidos por 150 individuos
Monitorear parámetros de calidad de agua	Monitoreo Calidad de agua	Toma de parámetros físicos	Temperatura	242 registros de parámetros fisicoquímicos		
			SST			
			Transparencia			
		Toma de parámetros Químicos	pH			
			Oxígeno Disuelto			
			Alcalinidad y Dureza			
	Nitrito y Amonio	100				
TOTAL EJECUCIÓN					100	

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO ACTUAL O POTENCIAL DE LOS RESULTADOS

El comportamiento individual y colectivo de los requerimientos de adecuación estipulados por la resolución ICA 2424 de 23 de noviembre de 2009 muestra Efectividad, con índice: **MUY ALTO**, además, en función del costo de implementación de estas adecuaciones, el valor no es exagerado, permitiendo su **APLICABILIDAD**. La correcta implementación y seguimiento a la aplicación de los requerimientos de la RES 2424/09 para cultivo de pirarucú en estanques en tierra, constituye una herramienta para la toma de decisiones en torno a la posibilidad de legalizar el cultivo comercial de esta especie en zonas diferentes a la cuenca amazónica, con lo cual se posibilitaría la diversificación de la acuicultura nacional con una especie de gran potencial productivo.

El tiempo de seguimiento no superior a cuatro meses, y, la cantidad de datos generados durante los muestreos para evaluar el comportamiento zootécnico de *A. gigas* en estanque en tierra en una zona diferente a la cuenca de origen es **INSUFICIENTE**. Por tal motivo se recomienda realizar un seguimiento con un lapso superior y consistente a la duración de un levante y/o ceba.

La información de la dinámica de los parámetros fisicoquímicos registrados, permitió ampliar el entendimiento de la tolerancia y adaptabilidad de alevinos de *A. gigas* a sistemas de cultivo seminatural diferente a los implementados en la cuenca amazónica. Entre los parámetros tomados, la dinámica de la temperatura resulta ser la más relevante para el cultivo de esta especie, mostrando fluctuación hasta 8 °C por día y temperatura mínima de 22 °C, las cuales tienen efectos desventajosos para su cultivo.

RESULTADOS

COMPONENTE 1: ACTIVIDAD

Adecuación de estanques en tierra de acuerdo a lo exigido por la RES 2424/09

Partiendo de los requerimientos de la resolución 2424 de 2009, se analizó la aplicabilidad y puesta en práctica de los diferentes puntos contemplados en esta norma:

1. Construir instalaciones de cultivo en zonas con bajo riesgo de inundación o avalanchas.

Para el cumplimiento del primer punto tratado en la resolución, se utilizó el método Heurístico descrito por Cortijo 2008, modificado a requerimientos de la evaluación realizada. Después de identificar las variables de vulnerabilidad, ponderar su pertinencia y definir el valor de los indicadores de peligro, se procedió a aplicar la matriz de análisis en campo. En Tabla 2 se muestra resaltado la caracterización de los estanques A9, A8 y A7. Para definir el nivel de riesgo de inundación o avalanchas, se multiplica el nivel de Peligro de cada variable (de 0 a 4) por el valor ponderado para cada variable de vulnerabilidad (10), y, se suman los resultados. El puntaje resultante se compara en el rango, permitiendo determinar el nivel de riesgo.

Inicialmente se inspecciono ocularmente el paisaje de la estación y su infraestructura física, durante esta inspección se notó que la topografía del lugar es plana, sin embargo, presenta pendiente de 6.8% (anexos: imagen 1). Durante las consultas verbales realizadas a funcionarios de la estación y habitantes aledaños con antigüedad superior a 20 años de vivir y transitar por la vereda Güandinoso (ubicación de la estación piscícola de Gigante) sobre antecedentes y/o situaciones de riesgo de inundación y avalanchas en la zona, no mencionan alguna inundación ni avalancha en los últimos 20 años (anexos: imagen 2).

De acuerdo al de polígono y perfil del paisaje de la estación tomados con un equipo GPS (anexos: imagen 3), los estanques A9, A8 y A7 se encuentran 10 m por encima del caño El Espejito (Anexos Figura 1), cuerpo de agua receptor, ubicado a menos de 50 metros de los estanques.

La información levantada para la matriz se reforzó con datos tomados de la Estación Meteorológica del IDEAM PM Gigante N° 2, zona operativa N° 4, encontrándose que en los últimos tres meses la lluvia más intensa fue de 58 mm en 2,5 horas, con este valor se calculó la escorrentía del área total de la estación piscícola $Q = 2.145,85 \text{ m}^3/\text{h}$, se estima que con una lluvia con la misma intensidad, cada estanque, tendrá entrada de $0,0023 \text{ m}^3/\text{s}$ por escorrentía.

Tabla 2. Análisis de Riesgo de inundación y avalancha

Variable de vulnerabilidad	Inclinación del terreno en la ubicación de los estanques	Distancia a otro cuerpo de agua	Altura estanque frente a otro cuerpo de agua (Cuerpo de agua que no sube más de 1 metro en invierno)	Frecuencia de inundaciones (Últimos 20 Años)	Frecuencia de avalanchas (Últimos 20 Años)	Ran go	Ries go	Pun taje	
Ponderación Amenazas	10	10	10	10	10	200			
Peligro (indicadores)	4	Inclinación menor igual 1%	Distancia menor a 20 metros	Debajo de otro cuerpo de agua	Anualmente	Anualmente	151 - 200	Mu y Alto	4
	3	Inclinación entre 1.1%-2%	Distancia entre 20 y menor a 40 metros	Diferencia entre 0 y menor a 3 metros	Cada cinco años	Cada cinco años	101 - 150	Alto	3
	2	Inclinación entre 2.1%-3%	Distancia entre 40 y menor a 60 metros	Diferencia entre 3 y 6 metros	Dos veces	Dos veces	51-100	Me dio	2
	1	Inclinación entre 3.1%-5%	Distancia entre 60 y menor a 80 metros	Diferencia entre 7 y 10 metros	Una sola vez	Una sola vez	1-50	Bajo	1
	0	Inclinación mayor al 5%	Distancia mayor 80 metros	Diferencia mayor a 10 metros	Nunca	Nunca	0	Nul o	0

2. Utilizar mallas antipájaro u otro sistema preventivo para evitar el ingreso de aves u otros organismos a los estanques de reproducción o alevinaje.

La barrera física para el cumplimiento de esta norma consiste en realizar un encierro con malla plástica tipo gallinero, conocida entre los piscicultores como malla Antipájaro. Es necesario medir con ayuda de un decámetro el área a cubrir para poder calcular la cantidad de materiales necesarios (Anexo Figura 2).

Después del diseño y compra de materiales se procedió con restaurar los postes metálicos ya instalados y que serán la base para templar alambre. El alambre usado es de calibre 14 acerado, este material ofrece mayor resistencia a la corrosión respecto al estándar; la malla de protección fue tendida sobre el alambre y fijado con abrazaderas plásticas (Anexo Imagen 4).

Finalizado el proceso de montaje de la malla plástica, se revisó la presencia de aperturas por la cual puedan entrar especies no deseadas en el cultivo (Anexo Imagen 5), normalmente, estas aperturas quedan en la parte inferior del montaje, para corregir este problema se ancló la malla con ganchos de varilla de 11mm.

Una vez instalada la malla, se evidenció su eficacia como barrera física frente a depredadores principalmente aves (Anexo Imagen 6). Inicialmente requiere mantenimiento de manera diaria, porque las aves se enredan en la malla y en medio del intento de escape la rompen. Posteriormente pierden curiosidad por ingresar disminuyendo la frecuencia de mantenimiento.

Se realizó un ensayo para cuantificar el tiempo requerido para realizar mantenimiento a todo el enmallado, el resultado estimo que para un área de 1000 m² se requirió 12 horas hombre / 4 meses (Anexo Imagen 7).

3. Mantener una franja o borde de seguridad entre la superficie del agua y el borde del estanque de mínimo 40cm.

Respecto a la tercera pauta, con ayuda de un flexómetro se midió la franja de seguridad mínima de 40 cm exigida, utilizando como referencia el punto más bajo del dique de cada estanque. Posteriormente se ajustó el tubo de desagüe para evitar que se supere esta medida durante el recambio, la lluvia y escorrentía (Anexo Imagen 8).

La siguiente tabla muestra el diagnostico de cumplimiento de los estanque donde durante el periodo de evaluación.

Tabla 3. Diagnostico tercera pauta resolución 2424/09

Estanque	Franja Borde (cm)	Diagnostico	Observaciones
A7	41	Muy Alto	Ninguna
A8	45	Muy Alto	Ninguna
A9	45	Muy Alto	Ninguna

4. Disponer de un lugar seco y alejado de la fuente de captación del agua o de otro cuerpo de agua natural o artificial, para la disposición de los lodos extraídos luego de la cosecha, con el fin de evitar que huevos, larvas, alevinos u otros especímenes que hayan quedado contaminen otros estanques o lleguen a otros ecosistemas acuáticos naturales o artificiales.

Al final del seguimiento se desocuparon los estanques, en este caso no se presentó lodo residual que tuviese que ser ubicado en el punto propuesto. La ubicación propuesta corresponde a un área de 1,5 m² ubicada a 100 mtr al cuerpo de agua natural y/o artificial, riesgo nulo de inundación. Inclinación del terreno < 1%. Probabilidad de arrastre por escorrentía nulo.

5. instalar filtro o cajas de mallas de sarán, plásticas, nylon, metal o de otro material en las salidas de los tubos de drenaje o en los rebosaderos de las áreas de producción de semilla, sala de incubación, larvicultura, alevinaje, bodegas para cuarentena, bodegas de acuarios, salas de manejo de alevinos, estanques de engorde o mantenimiento de reproductores, lagunas de oxidación y sedimentación, con un ojo de malla dos (2) veces inferior a la altura máxima de los especímenes de acuerdo con la fase de cultivo en que se encuentren, de tal manera que se evite el escape de los mismos al medio natural.

Para el cumplimiento del quinto numeral, inicialmente se midió el diámetro de 9 alevinos de 20 cm muertos y fijados en alcohol: formol producto de la mortalidad durante fase de aclimatación en cuarentena, se tomó como referencia el valor mínimo encontrado para la selección del ojo de la trampa, siendo 1 cm el diámetro adecuado para retener los alevinos. Las trampas se instalaron en cada estanque sobre el tubo de desagüe (Anexos imagen 9).

6. asegurar que los desagües de los estanques tengan capacidad suficiente para evacuar el exceso de agua proveniente de las lluvias, escorrentía, crecientes o inundaciones.

Para estimar la capacidad del sistema, se realizaron cálculos hidráulicos e hidrológicos para estimar el aporte de agua por fenómenos climáticos y edáficos, para ser contrastados con la capacidad de evacuación. Los estanques cuentan con tubería de 4 pulgadas, finalizando con una de salida de 6", con una pendiente del 28,8%, permite descargar 0,223 m³/s, de acuerdo a los valores de escorrentía y pluviosidad.

En una situación de lluvia intensa (máxima registrada en Gigante en ultimo trimestre) al sistema entran 0.0027 m³/s, indicando una elevada capacidad del sistema para la evacuación del exceso de agua.

7. instalar trampas de retención de especímenes antes de verter todas las aguas de drenaje de los cultivos a cualquier medio acuático. Todos los especímenes que sean retenidos en estas estructuras deben ser introducidos nuevamente al sistema de cultivo o eliminados sin que sean liberados al medio acuático.

Para el cumplimiento del último punto de la resolución, inicialmente se propuso una trampa de retención de especímenes con dimensiones de 1,5 x5, 1,5 m, ubicada inmediatamente anterior a la caída del desagüe a la quebrada (Figura 2). La dimensiones de la trampa fueron estimadas de acuerdo al caudal de la salida, teniendo en cuenta que se alimentada por dos series de estanques de la estación, que suman 11726,13 m² de espejo de agua. Este diseño fue descartado por el alto costo de construcción, impidiendo su aplicabilidad.

Como solución se planteó e implemento un diseño de la trampa de bajo costo basado en un sistema de tambor de doble fondo, siendo la primera capa un tambor o caneca plástica de 40 L (anexos, imagen 10), que cumple la función de almacenamiento, manteniendo cierto nivel de agua un su interior de manera constante, dándole la posibilidad al alevino atrapado de sobrevivir mientras es recuperado y dispuesto en el sistema de cultivo; esta caneca es común en el sector rural, lo que permite reciclar y/o reusar elementos plásticos. La segunda capa, un cilindro perforado en acero inoxidable, sección del sistema que realmente hace la retención de los alevinos (anexos, imagen 11). Después de finalizado el diseño definitivo de la trampa de retención, fue fabricada, transportada e instalada dentro de la caja circular anterior a la salida del desagüe de las series de estanques en tierra A y B ubicados en la estación piscícola Alto Magdalena.

Durante la instalación en la unidad experimental, se optó por una modificación, debido a la infraestructura de la estación, en este caso se eliminó el tambor o caneca plástica y el cilindro de acero inoxidable se instaló al interior de una caja de cemento circular inmediatamente anterior a la desembocadura en el caño El Espejito (anexos, imagen 12).

COMPONENTE 1: ACTIVIDAD 2

Seguimiento técnico y evaluación de efectividad de los requerimientos de administración derivados de la implementación de la RES 2424/09

Efectividad individual de los requerimientos RES 2424/09

El comportamiento individual de cada medida de seguridad (RES 2424/09) durante los cuartos meses de seguimiento presentaron un Índice de Efectividad (IE): **MUY ALTO**, a excepción del punto 1, que se calificó como ALTO. (Tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento individual de los 7 puntos de RES 2424/09.

Punto	Descripción (resumen)	IE	Diagnostico	Observaciones
1	Efectividad medidas para evitar Riesgo de inundación y Avalancha en la ubicación de los estanques adecuados para evaluación	1	Alto	Ver tabla 2.
2	Efectividad Malla antipájaro como barrera física	4	Muy Alto	Tener en cuenta tamaño de ojo.
3	Cumplimiento Margen y/o borde franco de 40 cm	4	Muy Alto	Depende de la altura del tubo de desagüe.
4	Disposición lodo residual	4	Muy Alto	Ninguna.

5	Efectividad instalación Mallas para retención de alevinos.	4	Muy Alto	La evaluación solo valida alevinos.
6	Capacidad desagüe		Muy Alto	En documento técnico se propone método de cálculo.
7	Efectividad Trampa de retención de especímenes	4	Muy Alto	

Efectividad colectiva de los requerimientos RES 2424/09

A diferencia del comportamiento individual, la evaluación del comportamiento colectivo de las adecuaciones se realizó al finalizar el seguimiento. Esta evaluación consistió en determinar la relación entre el número de individuos sembrados y cosechados al final del seguimiento, el cual se expresa en porcentaje.

Una vez terminado el seguimiento, se procedió al conteo de cada uno de los ejemplares dispuestos en los estanques A9, A8 y A7 (anexos, imagen 13), los cuales fueron totalmente drenados para asegurar la captura de todos los peces.

La Tabla 5 relaciona la cantidad de juveniles pescados por estanque durante la evaluación colectiva de las adecuaciones. El Porcentaje De Retención de ejemplares ($\%R = \frac{\sum N^{\circ} \text{ individuos cosechados} + \text{ Individuos registrados/recuperados / muertos}}{N^{\circ} \text{ individuos sembrados}} \times 100$) promedio fue levemente afectado por aquellos individuos muertos que no fueron recuperados al no flotar, impidiendo su avistamiento y posterior colecta. El lote de alevinos cultivados en el estanque que presento menor valor %R (A7) presentó un cuadro de desnutrición que aumentó la mortalidad, donde la mayoría de individuos muertos no se fueron recuperados debido a que se van al fondo probablemente durante la noche (ver **COMPONENTE 2: Actividad 3**).

Por sugerencia de la CUC, después de culminar el seguimiento, los peces fueron transportados a la Estación Piscícola VAI-ACUICA ubicada en el municipio de Doncello- Caquetá, dentro de la cuenca de origen de esta especie. Esta organización cuenta con los permisos de cultivo y la experiencia en manejo de *A. gigas* (Anexos Imagen 14).

Tabla 5. Número y estado de colección de juveniles de *A. gigas*.

Estanque	Individuos cosechados vivos	Individuos registrados/recuperados /muertos	Individuos sembrados	%R
A9	45	1	50	92
A8	45	1	50	92
A7	39	6	50	90
Total	129	8	150	Promedio %R =91.3

La aplicación colectiva de las medidas de la norma 2424 para cultivo de pirarucú en estanques en tierra, minimiza la probabilidad de escape de individuos a cuerpos de aguas naturales o artificiales; esto se puede sustentar en el alto %R obtenido (91.3) durante la presente evaluación.

Aplicabilidad: Estas adecuaciones, también, son evaluadas en función del costo de su establecimiento y mantenimiento para un área de espejo de agua de 600m² dispuesta en tres estanque de tamaño similar (Tabla 6). Sin embargo, esta área se encuentra dividida en tres estanques (A9, A8 y A7), cada uno de 200 m² aproximadamente. Esta distribución permite en este caso, aumentar la densidad de siembra un 50% obteniendo 150 individuos en el la misma área. A consecuencia de este modelo de cultivo se aumenta considerablemente el área de cobertura por efecto de la relación área/volumen, en caso de ser un solo estanque con la misma área (600 m²), el uso de malla antipájaro y postes disminuya casi el 50%.

Tabla 6. Costos de aplicación RES 2424/09 en 600m² de espejo de agua con un área de Cobertura de 1000m² en Estación Piscícola Alto Magdalena.

Fase	Actividad	Material	Cant	Valor x1000	Total x1000
<i>Materiales</i>					
Establecimiento	Adecuación Res 2424/09	Malla antipájaro	20	65	1300
		Alambre cal 14	40	6	240
		Postes de madera (10x10x200)	50	25	1250
		Amarras plásticas 10 cm, paq x 100	40	2,3	92
		Templete alambre	22	2,5	55
		Listón Achapo 5x5	2	3,5	7
		Listón Achapo 5x10	1	7	7
		Otros	2	20	40
		Alicate	2	20	40
		Corta fríos	2	5	10
Llave templete jornal	8	25	200		
<i>Infraestructura</i>					
Mantenimiento	Revisión de medidas de bioseguridad	Trampa retención especímenes	3	45	135
		Trampa huevos y alevines*	1	400	400*
		Inspección ocular de integridad de malla, trampas, nivel franco (horas/día)	1,5	10	15
TOTAL					4981

*Valor de sin incluir instalación (materiales y mano de obra para adecuación de terreno).

COMPONENTE 2: ACTIVIDAD 2:

Disposición y Adecuación de estanques para el cultivo de Pirarucú

Periódicamente se realizan labores de mantenimiento de los estanques de ceiba. La porosidad del suelo, sumado a la radiación solar provocan disminución del nivel del agua hasta 30 cm en una semana, la baja de nivel se compensa llenando los estanques hasta la franja de borde de seguridad (anexos. Imagen 15).

También se enriqueció el agua de los estanques con 500 ml Humus líquido, con el objeto de mantener balance de nutrientes necesarios para la productividad primaria y en consecuencia la transparencia del agua (anexos. Imagen 16).

Por último, se controló poblamiento de hierbas mediante uso de guadaña, en espacios donde este procedimiento podía ocasionar daño a la integridad de la malla antipájaro se realizó mediante cultural, al igual que otras plagas (Anexos-Imagen 17).

Mantenimiento: Los productos usados para mantener condiciones adecuadas y tratamientos usados cuentan con registro ICA.

La siguiente tabla muestra el plan de mantenimiento ejecutado:

Tabla 7. Labores de mantenimiento durante tiempo de seguimiento

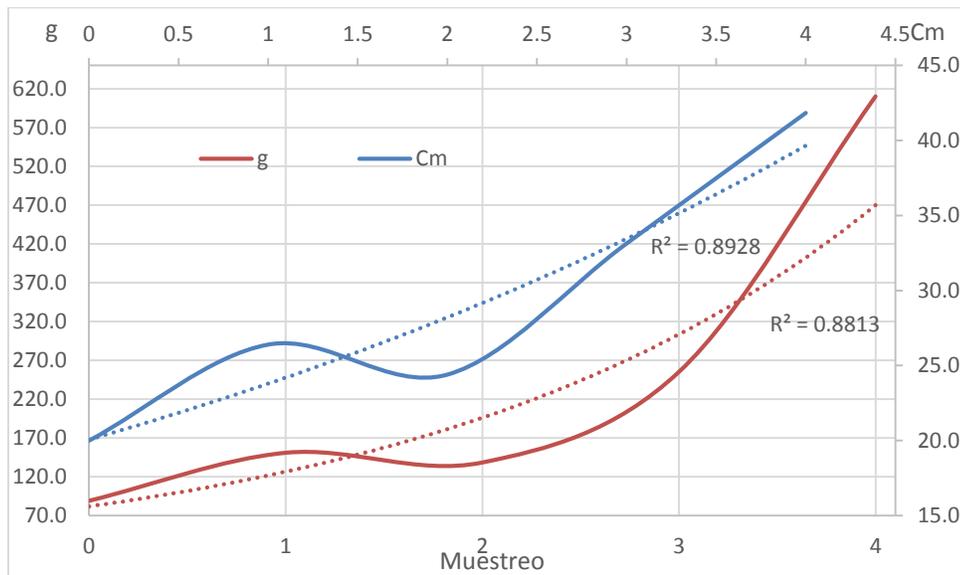
Acción \ Semana	Dic 2014		Ene 2015				Feb 2015				Mar 2015				Abr 2015	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aplicación triple 15	x								X						X	
Adición de humus liquido	x								x						X	
Recambio de agua	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Poda con guadaña			x				x				x				X	
Eliminación de arvenses manualmente			x				x				x				x	

COMPONENTE 2: ACTIVIDAD 3:

Ceba de Pirarucú

La grafica 1, muestra la curva del crecimiento en peso y longitud obtenida durante los muestreos de seguimiento de talla (Anexos-Imagen 18). Los declives en las dos curvas corresponden a un periodo de desnutrición de uno de los lotes, ocasionando un error tipo II reflejado en un aparente "encogimiento" de los alevinos. Posteriormente los individuos presentaron recuperación, gracias a la readaptación a dieta seca. El valor del coeficiente de correlación (R^2) se puede mejorar aumentando el volumen de datos en función del tiempo de seguimiento, es decir, en la presente evaluación, la cantidad de datos por variable dependiente (Longitud y peso) es insuficiente. Es necesario una mayor conjunto de datos que permita obtener una ecuación de la recta con mayor precisión y R^2 mayor.

Grafica 1. Crecimiento de juveniles de *A. gigas*. Círculo rojo: "encogimiento" aparente.



Durante la fase de aclimatación se notaron tres alevinos con opérculo imperfecto (Anexos, Imagen 19), estos individuos no fueron colectados en la mortalidad, tampoco se encuentran entre los juveniles sobrevivientes, además, durante el seguimiento se notaron individuos con comportamiento errático y con claros signos de desnutrición, sugiriendo que estos alevinos murieron pero sus cuerpos no pudieron ser rescatados.

COMPONENTE 2: ACTIVIDAD 4:

Suministro y registro de alimentación

Los juveniles de *A. gigas* fueron alimentados al 4% de biomasa durante el proceso de readaptación a dieta seca. La proporción de alimento vivo y seco vario conforme el avance de la readaptación, aumentando paulatinamente la cantidad de concentrado 45% PB hasta obtener total aceptación (Anexos-Imagen 20). En la Tabla 3, se registra la cantidad en gramos suministrado semanalmente.

Tabla 9. Suministro semanal de alimento a alevinos de pirarucú.

Mes	Semana	Concentrado 45% PB (kg)	Alimento vivo (kg)	Alimentación Biomasa	Observaciones
1	1			Saciedad	Individuos en cuarentena; fase de aclimatación.
	2			Saciedad	
	3			Saciedad	
	4			Saciedad	
2	1	3,5	0	2%	Disminución de apetito
	2	3,5	0,6	2%	
	3	3,5	0	2%	
	4	3,5	0,6	2%	
3	1	3,5	0	2%	No reciben alimento Seco
	2	3,5	0	2%	
	3	1,05	2,1	2%	Manejo con alimento vivo
	4	1,05	2,1	2%	
4	1	1	2,5	2%	Readaptación a dieta seca
	2	1	2,5	2%	
	3	1,75	1,75	2%	
	4	3,5	0	2%	Normalidad
5	1	18,9	0	6%	Se aumentó % de suministro para recuperar los individuos
	2	18,9	0	6%	
	3	18,9	0	6%	
	4	18,9	0	6%	
Total	20	105,95	12,75		

COMPONENTE 3: ACTIVIDAD 1:

Monitoreo de calidad de agua.

En la Tabla 9, se puede ver los valores máximos y mínimos registrados en cada mes de seguimiento de cada una de los parámetros físico-químicos más relevantes de calidad de agua. La Dinámica de la *Temperatura* en los estanques, presento picos y valles diariamente, siendo al medio día el valor más alto, este comportamiento evidencia la tolerancia de *A. gigas* a cambios de temperatura hasta 7,5 °C, es válido afirmar que en el medio natural de esta especie, los cambios de temperatura durante el día no superan los 0,5 °C al día. Igualmente, concentración en mg/mL de *Oxígeno Disuelto* en el agua de los estanques fluctúa en el transcurso del día de manera similar a la temperatura. Este parámetro es fundamental en acuicultura, sin embargo la biología del pirarucú, al presentar respiración aérea no influye significativamente en los alevinos. La fluctuación del *potencial de Hidrogeniones* en los estanques A9, A8 y A7 se encuentra entre ligeramente básica a básico. Durante el seguimiento se presentó falla en la sonda del equipo de medición, para mitigar esta falla se hizo efectiva la garantía por parte de la casa comercial. La presencia de *Solidos Suspendidos Totales* en el medio acuoso se expresan en partes por millón (ppm) como magnitud física de concentración, sus valores fueron monitoreados quincenalmente.

La dinámica de la *transparencia* fluctúa semanalmente, esta dinámica, parece estar influenciada por la en primer lugar por SST, cuyo comportamiento sugiere ser inversamente proporcional, y, por ultimo por la dinámica del nivel del estanque producto de la evaporación, filtración y posterior llenado, actividad que ocurre semanalmente. Sin embargo en esta evolución no se realizó un diseño experimental que permita validar la tendencia observada.

El recambio que presentaban los estanque mantenían los niveles de *Nitrito* y *Amonio total* muy bajos, la metodología utilizada carece de sensibilidad para detectar una concentración umbral de 0,02 y 0,2 mg/ml respectivamente de Nitrógeno. Los elementos carbonatados medidos presentaron comportamiento acorde al manejo con cal, sin embargo, en el último muestreo se superó la sensibilidad del kit utilizado y no se pudo cuantificar la concentración de estos parámetros químicos.

Tabla 9. Resumen valores de parámetros Físicoquímicos

MES		1	2	3	4	5
FISICO	Temperatura (°C)	Realización de adecuaciones según RES 2424/09	Max:29,6 Min:22,4 x= 26	Max:29,6 Min:23,2 x=26,4	Max:31,6 Min: 24,1 x=27,8	Max:28,6 Min: 22,2 x=25,4
	Transparencia (Cm)		Max:50 Min:40 x=45	Max:40 Min:33 x=36,5	Max:52,7 Min:41,7 x=47,2	Max:50 Min:25 x=37,5
	SST		Max:302	Max: 164	Max:169	Max:150

	(ppm)		Min:82 x=192	Min:66 x=115	Min:75 x=122	Min:92 x=121
QUIMICO	OD (mg/ml)		Sonda dañada	Max:5,3 Min:3 x=	Max:5,5 Min:3 x=	Max:4,8 Min:2,5 x=
	pH		Max:10,4 Min:7,5 x=	Max:10,4 Min:7,5 x=	Max:9,1 Min:7,4 x=	Max:9,0 Min:7,8 x=
	Alcalinidad (mg/ml)		108,3	70,6	70,6	>144
	Dureza (mg/ml)		102,6	75,2	68,4	>144
	Nitrito (mg/ml)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Amonio total (mg/ml)		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

ANEXOS

Imagen 1. Paisaje de estación piscícola Gigante.

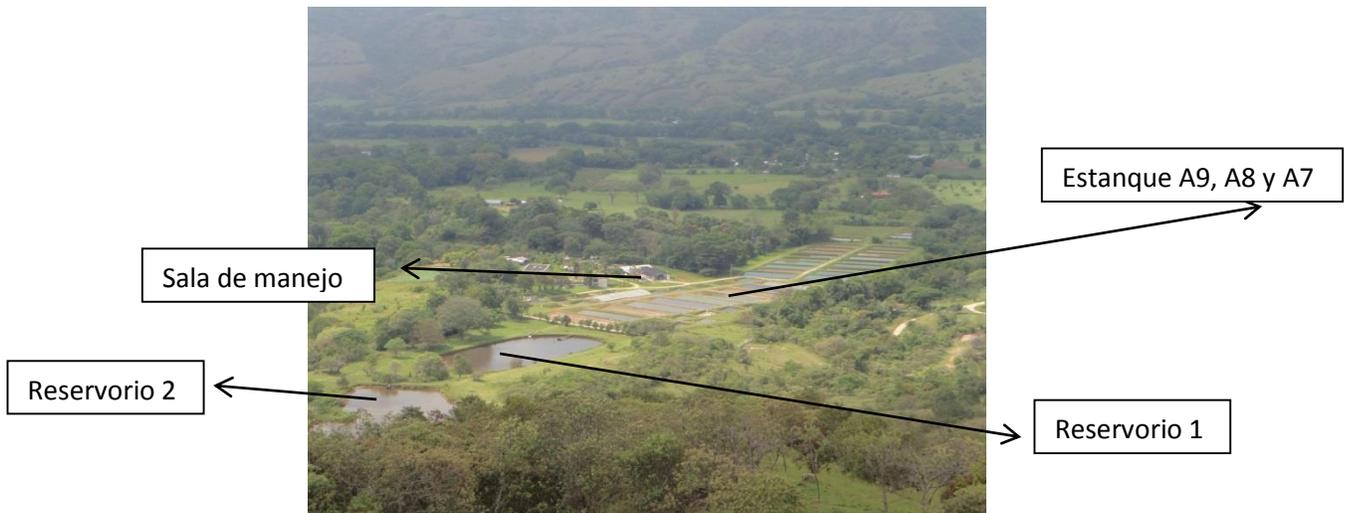


Imagen 2. Consulta de Antecedentes de inundación y avalancha. Sr Reinaldo Caballero.



Imagen 3. Georreferenciación con GPS.



Imagen 4. Adecuación postes, instalación, templado de alambre y tendido de malla





Imagen 5 Inspección de enmallado y corrección de aperturas



Imagen 6. Eficacia de enmallado



Imagen 7. Mantenimiento de "enmallado"



Imagen 8. Franja de seguridad



Imagen 9. Instalación de trampa en tubo de desagüe.



Imagen 10. Trampa de retención, Parte exterior.



Imagen 11. Trampa de retención, Parte interior.



Imagen 12. Instalación de trampa de retención.



Imagen 13. Secado estanques para conteo finan de individuos de *A. gigas*.



14. Siembra de juveniles de pirarucú en Estación Piscícola VAI en el municipio de Doncello-Caquetá.





Imagen 15. Llenado de estanque hasta nivel franco de seguridad.



Imagen 16. Fertilización de estanques. Enriquecimiento con humus líquido.



Imagen 17. Manejo integrado de plagas.



Imagen 18. Seguimiento de talla.



. **Imagen 19.** Individuos mostrando imperfección en el opérculo.



Imagen 20 Alimento vivo utilizado para readaptación a dieta seca.

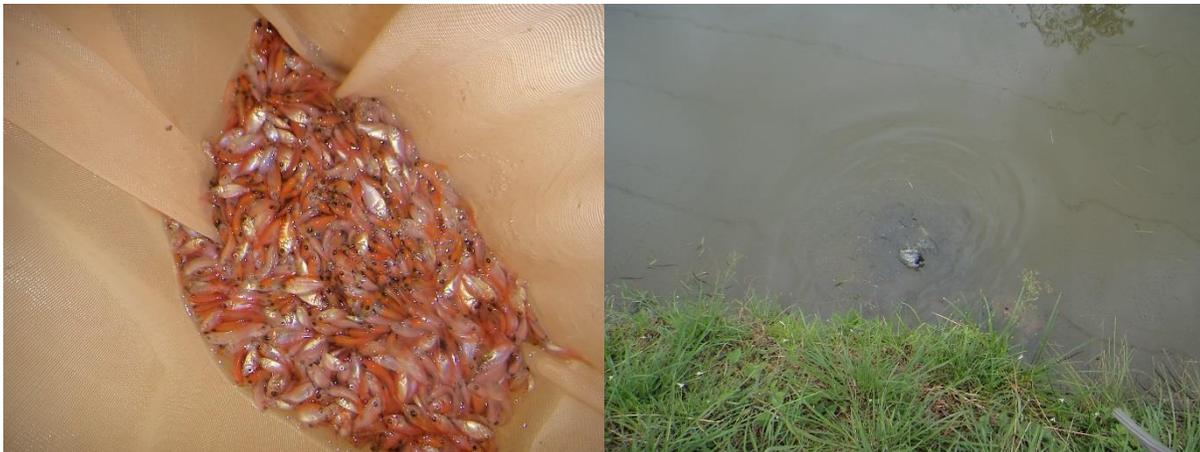


Figura 1. Perfil estación.

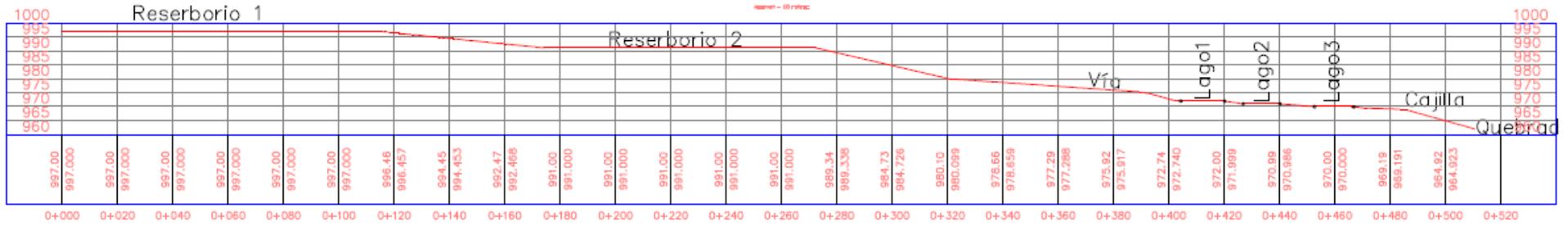


Figura 2. Ubicación trampa retención especímenes y disposición de lodos.

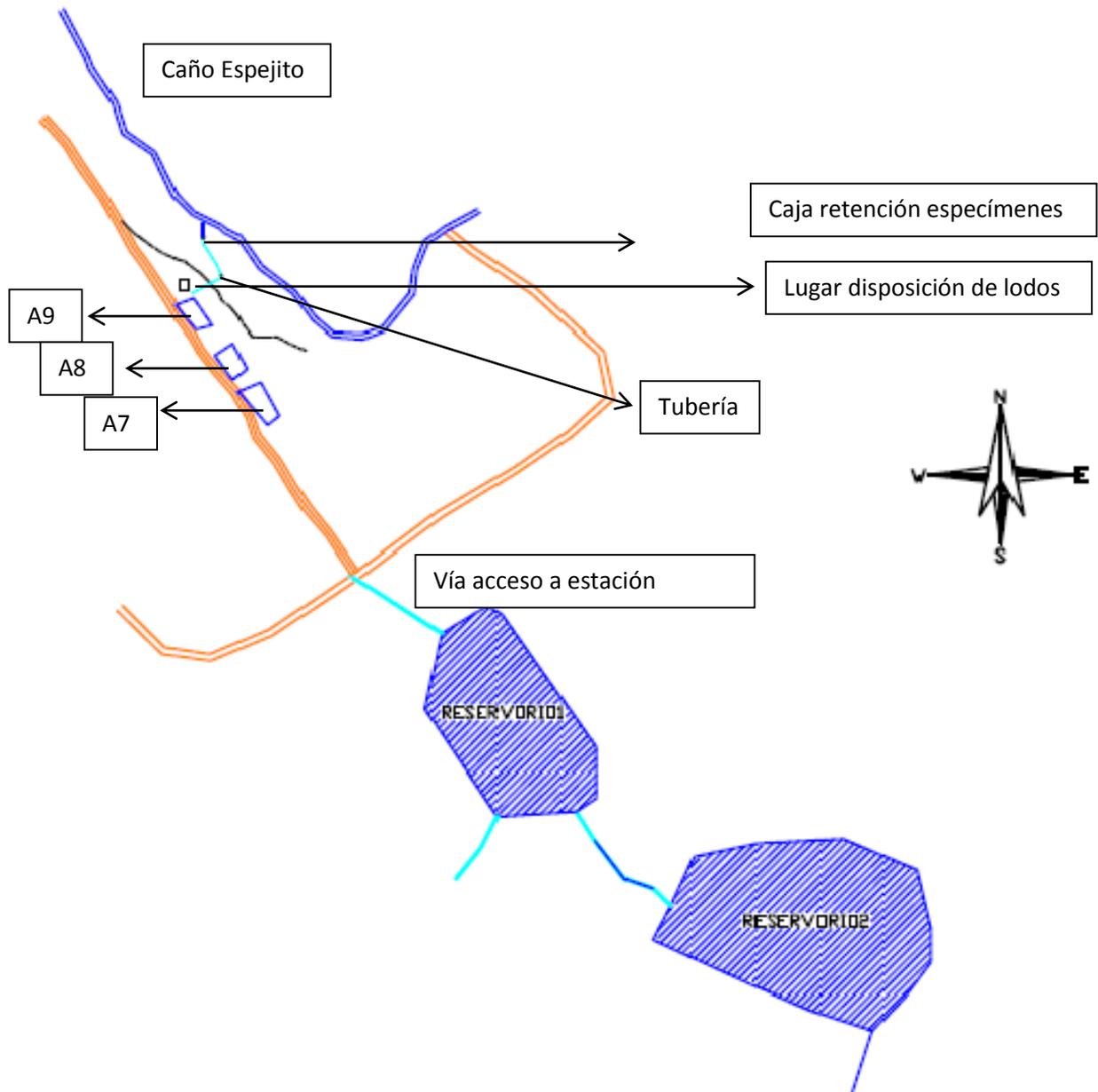


Figura 3. Diseño malla protección. Vista superior

