

Good Socio-environmental Practices in the Ecological Management of the Reservoir Manduriacu Hydroelectric Power Station

Buenas Prácticas Socioambientales en el Manejo Ecológico del Embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu

V. Arcos¹ S.A. Feijóo² J.J. Valencia³

¹Pontifical Catholic University of Ecuador, Pichincha, Ecuador
E-mail: lindoecuador@hotmail.com

²National Polytechnic School University, Pichincha, Ecuador
E-mail: susan_andfb@hotmail.com

³Pontifical Catholic University of Ecuador, Manabí, Ecuador
E-mail: jairvalencia@hotmail.com

Abstract

This work identified specifications and favorable environmental conditions for the washing of the bottom muds of the reservoir of the Manduriacu hydroelectric power station. The mitigation of the negative impact of the washing seeks to point to the responsibility with the environment, society, compliance with environmental regulations and obligations acquired in the Environmental Impact Study, Environmental Management Plan and Environmental License No. 012/12 issued 2012-05-15. In the project, a pilot test was carried out to rescue fish from the reservoir; and the action plan itself was prepared for this event. The plan consisted of: analysis of the results of the pilot test; review of fish rescue site equipment; planning and internal and external communication; fishing methodology, transfer, maintenance and reintroduction of fish to the river.

Index terms– Fishes rescue, washing of sludge in the background, reservoir, hydroelectric power station.

Resumen

Este trabajo identificó especificaciones y condiciones ambientales favorables para el lavado de los lodos de fondo del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu. La mitigación del impacto negativo del lavado busca apuntar a la responsabilidad con el ambiente, la sociedad, cumplimiento con la normativa ambiental y obligaciones adquiridas en el Estudio de Impacto Ambiental, Plan de Manejo Ambiental y Licencia Ambiental No. 012/12 emitida 2012-05-15. En el proyecto se efectuó una prueba piloto del rescate de peces del embalse; y se elaboró el plan de acción propiamente dicho para este evento. El plan consistió en: análisis de los resultados de la prueba piloto; revisión del equipamiento del sitio de rescate de peces; planificación y comunicación interna y externa; metodología de pesca, traslado, mantenimiento y reintroducción de peces al río.

Palabras clave– Rescate de peces, lavado de lodos de fondo, embalse, central hidroeléctrica.

Recibido: 23-06-2017, Aprobado tras revisión: 14-11-2017

Forma sugerida de citación: Arcos, V.; Feijóo, S.; Valencia, J. (2018). “Buenas Prácticas Socioambientales en el Manejo Ecológico del Embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu”. Revista Técnica “energía”. No. 14, Pp. 194-203
ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

El Estado Ecuatoriano realiza importantes esfuerzos para avanzar hacia la sostenibilidad ambiental y mejorar la gobernabilidad y el manejo del agua. El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2017 establece como política, gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos, para asegurar el derecho humano al agua. La gestión idónea garantiza la provisión de agua para el consumo humano, el riego, los caudales ecológicos, las actividades productivas y la hidroelectricidad [1].

La central hidroeléctrica Manduriacu, utiliza las aguas del río Guayllabamba para la generación de energía. La obra se ubica en el límite entre las provincias de Pichincha e Imbabura, cantones Quito y Cotacachi y parroquias Pacto y García Moreno [2].

El deterioro de la cuenca alta del río Guayllabamba, tendrá impactos significativos en el esquema de aprovechamiento hidroenergético. El aumento de sedimentos hacia el embalse de Manduriacu obligará, muy probablemente, a incrementar el número de lavados por año y en consecuencia provocará impactos significativos en la vida acuática. Los lavados acarrearán todo vestigio de vida del río Guayllabamba, provocando la paulatina desaparición o la desaparición total de las especies acuáticas. En el país no existen experiencias que demuestren que bajo estas condiciones de operación se procure la recuperación de las condiciones del ecosistema hídrico y de la vida acuática esencialmente [2].

Es así que, de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental de la central Manduriacu, para la fase de operación y mantenimiento, se cuenta con el programa de manejo ecológico del embalse. El objeto del mismo es: prevenir y detener la degradación del ambiente acuático del embalse a niveles intolerables para la vida. El programa propone, entre otras medidas de mitigación, realizar lavados periódicos del embalse. Esta actividad se recomienda realizar en época de alto caudal del río, debido a los impactos negativos a la biota acuática, especialmente aguas abajo de la presa; lo cual permitirá liberar sedimentos cargados de materia orgánica que favorecen el crecimiento de fitoplancton y macrófitas.

El programa de manejo ecológico del embalse en su literal d. Mantenimiento programado y vaciado del embalse, indica que, dentro de un plan operacional de la central hidroeléctrica, el embalse será lavado en coincidencia con el inicio y fin del periodo invernal. Esta medida disminuye; los inconvenientes que se pueden presentar al Sistema Nacional Interconectado, y el impacto en las condiciones ecológicas del río Guayllabamba. Además, en este mismo programa, en su literal c. Suspensión Temporal de la Generación y Suministro de la Energía, se ha de considerar

que la suspensión temporal de la generación, y, por tanto, al suministro de energía, se deberá a un mantenimiento programado o al lavado del embalse. Esto genera efectos sobre el consumidor final y sobre las condiciones ecológicas y ambientales de la zona, especialmente, aguas abajo del embalse [3].

Las actividades señaladas, el monitoreo ambiental de la calidad del agua del embalse, el estudio de limnología e ictiología, se han desarrollado en la central hidroeléctrica. Sin embargo, se han evidenciado impactos negativos en el lavado de los lodos de fondo del embalse en el año 2016, como la muerte de peces.

La Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador, Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, para mitigar los impactos negativos, sobre la ictiología y el equilibrio del ecosistema, ha resuelto implementar un plan de acción. Este se compone de; una fase previa de prueba piloto del rescate de peces, y el plan de acción propiamente dicho, que permita abordar esta problemática.

Para cumplir con este objetivo se colectaron peces antes y durante el lavado del embalse, utilizando artes de pesca con; atarrayas, redes de agallas y redes de mano, en los ríos y embalse. Los peces se trasladaron hacia el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Socioambiental Manduriacu, a cinco piscinas o tanques que contaron con aireación, cubierta y aislamiento del suelo. Se procedió a contabilizarlos, alimentarlos y mantenerlos hasta que las condiciones del embalse fueron las adecuadas para la reintroducción.

Adicionalmente, antes, durante y después de esta actividad se efectuaron monitoreos de agua y sedimento, con la finalidad de determinar el comportamiento de los parámetros físicos y químicos.

Finalmente, se llegó a establecer que: para mitigar el impacto, se necesita realizar los lavados de los lodos de fondo del embalse con un caudal hídrico de ingreso al sistema de generación de 496,85 m³/s; una cota máxima del embalse de 492,60 m.s.n.m.; época de no actividades reproductivas en el río; y acciones operacionales del embalse que disminuyan los sedimentos en frecuencias intermitentes.

Para evitar la mortandad de los peces, estos deben ser rescatados y mantenidos en cautiverio, controlando la temperatura, alimentación, y condiciones de vida.

Las actividades vinculadas a esta práctica, fueron difundidas a las autoridades ambientales competentes, actores institucionales, personal de la Corporación Eléctrica del Ecuador y comunidades del área de influencia.

2. METODOLOGÍA

La metodología para este proyecto se desarrolló en las fases señaladas en la Fig. 1:

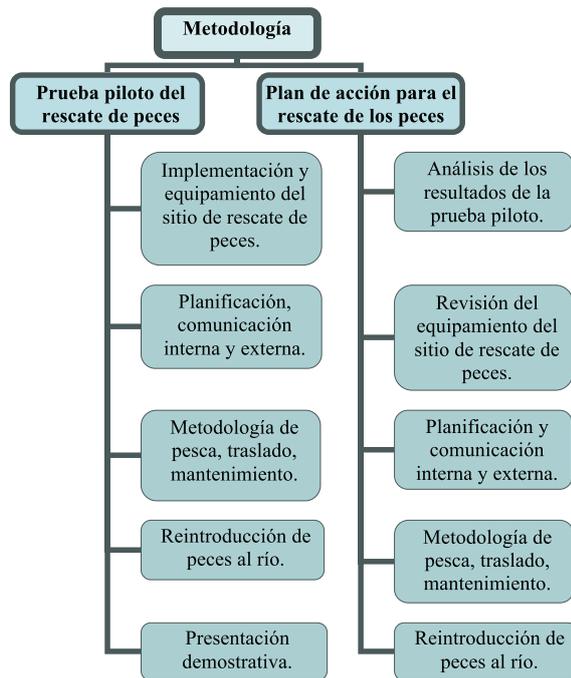


Figura 1: Diagrama de la Metodología del Proyecto

2.1. Prueba Piloto del Rescate de Peces

La prueba piloto para efectuar el rescate de peces, se realizó a fin de verificar el correcto funcionamiento de los equipos, instalaciones, implementos y para establecer parámetros de sobrevivencia de los peces en cautiverio.

Esta fase se desarrolló desde 2017-03-27 al 2017-04-06 [4]. Se contempló lo siguiente:

- Instalación de los equipos y estado de implementos, según se detalla en la Tabla 1:

Tabla 1: Equipos e Implementos

Nombre	Descripción	Cantidad
Ventilador eléctrico	450W, 4", 110V, de aluminio	2
Bomba de succión	1,5HP, 110/220V	1
Tanque botella	Capacidad 5000 lt., de plástico	5
Reductor de desagüe	110mm. x 50mm.	2
Tubo de ventilación	50mm. x 3m.	10
Tubo de ventilación	110mm. x 3m.	1
Tubería estándar flex	1" rollo, 72psi.	1
Tee	50 mm. C/C/E	5
Red de mano	40 cm. x 30 cm., de plástico	6
Red de agallas	15 m. y 30 m.	4
Atarraya	3 m. y 2,5 m.	3
Extensión eléctrica	2 x 16, 15 m.	2
Balde industrial	19 lt., 5 gl., de color blanco	10
Acoples, terminaciones de tubería	Aptas para los tubos de ventilación y te de plástico	5

- La cinta amarilla de seguridad y conos para vías, sirvieron para señalar el sitio de permanencia de los peces, áreas de trabajo, zonas de riesgo y puntos de rescate de peces.
- Los recursos humanos y económicos que se necesitaron para la coordinación interna, se señalan en la Tabla 2:

Tabla 2: Recursos Humanos y Económicos

Recurso humano - Áreas principales		
No.	Denominación	Especialistas
1	Gestión Social y Ambiental – CELEC EP	Biólogo, Ing. Ambiental, Socióloga
2	Jefatura de la Central Hidroeléctrica Manduriacu – CELEC EP	Ing. Eléctrico, Ing. Civil, Ing. Mecánico
3	Equipo técnico contratado	Especialista en ictiología, Biólogo, y pescadores de la zona de influencia de la central hidroeléctrica
4	Equipo de monitoreo contratado	Ing. Ambiental y Laboratorio acreditado
Recurso humano - Áreas de apoyo		
No.	Denominación	Especialistas
1	Seguridad Industrial y Salud Laboral - CELEC EP	Especialistas en Seguridad Industrial, médicos y paramédicos
2	Comunicación - CELEC EP	Especialistas en Comunicación y Diseño
3	Subgerencia de la Producción - CELEC EP	Ing. Mecánico, Ing. Eléctrico e Ing. Civil
Recurso económico		
No.	Denominación	Monto sin IVA*
1	Informes técnicos, de los equipos contratados [4] [5].	\$5 175,44
2	Equipos e implementos (Tabla 1)	\$4 966,35
3	Otros**	\$200,00

*Impuesto al Valor Agregado

** Implementos para instalaciones previamente construidas

- Las instalaciones previamente construidas fueron: cubierta plástica con sarán y estructura metálica para los tanques, panel de control eléctrico para provisionar de energía a los aireadores y reflector, implementación del sistema de aireación con los blowers, tarima de madera entre los tanques, cavado de una fosa en caso de peces muertos y captación de agua de una fuente cercana al río Huaycuyacu para llenar los tanques.
- El Departamento de Gestión Social y Ambiental, efectuó reuniones con: Área de Comunicación, Área de Seguridad y Salud Laboral, Jefatura de la central hidroeléctrica Manduriacu, con el equipo técnico contratado, y con los moradores del área de influencia. Se enviaron comunicaciones a las autoridades ambientales competentes, actores institucionales y comunidades del área de influencia, con el cronograma establecido para el cumplimiento de actividades.
- El 2017-04-03 el Departamento de Gestión Social y Ambiental, junto al equipo técnico contratado, establecieron como sitios de pesca para la prueba piloto; la presa del embalse

(salida del túnel de desvío y embalse); cerca al Centro de Investigación y río Huaycuyacu.

- Se procedió a lavar y llenar dos de los cinco tanques (tanque No. 3 y No. 4, Tabla 4) para la permanencia de los peces. Del 2017-04-03 al 2017-04-05 se realizó la pesca en los sitios ya señalados y se los trasladó en baldes. Se colectaron peces utilizando las artes de pesca con: atarrayas, redes de agallas y redes de mano.
- Los peces obtenidos fueron contabilizados, fotografiados y separados de acuerdo a su tamaño en los tanques (numerados para facilitar su identificación). Una vez aquí, se tomó la temperatura del agua cada media hora, para verificar que no existiera demasiada diferencia, respecto a la fuente de agua de donde fueron rescatados.
- Se alimentó a los peces con termitas, alimento para peces (hojuelas) y avena, en los tanques No. 3 y No. 4 durante tres días y se los liberó el día 2017-04-06.
- El 2017-04-06, se realizó una presentación demostrativa en el Centro de Investigación, con el fin de difundir y acoger recomendaciones de las acciones desarrolladas durante la prueba piloto.

2.2. Plan de Acción para el Rescate de los Peces

Se realizó el rescate de peces, en actividades planificadas antes, durante y después del mismo. Esta fase se desarrolló del 2017-04-17 al 2017-04-27. Mientras que las maniobras de operación para esta actividad se efectuaron del 2017-04-19 al 2017-04-28, concluyendo con el llenado del embalse [5]. A continuación, se detallan las acciones para esta fase:

- Verificación de equipos, estado de los implementos, e infraestructura ya usada durante la prueba piloto. Colocación de cintas y conos en los sitios de trabajo, zonas de riesgo y puntos de rescate de peces.
- Se efectuaron reuniones de coordinación con las áreas involucradas (Tabla 2) y se les envió el cronograma de actividades en el tiempo señalado.
- Los días del 2017-04-17 al 2017-04-18 se lavaron y llenaron los cinco tanques.
- Se inició el rescate de peces y la búsqueda de pozas de agua en los puntos señalados en la Tabla 3. Los puntos de muestreo abarcaron entre 100 m. a 300 m. de longitud muestreada. Se procedió a recolectar peces en el día y noche del 2017-04-17 al 2017-04-22, dando prioridad a las zonas donde el nivel de agua disminuía más rápidamente, usando las artes de pesca ya mencionadas.

- En el punto No. 5 de la Tabla 3, fue necesaria la utilización de líneas de vida (sogas y arneses) y chalecos salvavidas, para que los pescadores pudieran bajar por el talud hasta el espejo de agua, con seguridad.
- En los puntos No. 3 y No. 7 de la Tabla 3, se usó una canoa inflable para realizar la recolección de peces.

Tabla 3: Puntos de Muestreo

No.	Descripción	Tipo de muestreo
1	Río Huaycuyacu: aguas arriba del puente cerca de la cascada	Diurno y nocturno
2	Río Huaycuyacu: aguas abajo del puente	Diurno y nocturno
3	Embalse: frente al Centro de Investigación	Diurno y nocturno
4	Embalse: a 500 m. del Centro de Investigación en dirección del puente de la represa	Diurno y nocturno
5	Embalse: en el puente de la represa	Diurno y nocturno
6	Río Guayllabamba: 500 m. aguas abajo del puente de la represa	Diurno
7	Río Guayllabamba: canal de agua turbinada	Diurno
8	Río Manduriacu: en la confluencia de éste en el río Guayllabamba	Diurno

- Se colocaron redes de agallas en zonas angostas, ubicadas: en los puntos No. 2; y No. 3 de la Tabla 3; con la finalidad de evitar que los peces de aguas arriba del embalse bajen hacia la presa, y orientarlos para que regresen a fuentes de agua, como, afluentes cercanos.
- El equipo técnico contratado, pescó y trasladó los peces hacia el Centro de Investigación, identificándolos de la misma forma que en la prueba piloto.
- No se midió la temperatura, con la misma frecuencia que en el plan piloto, dado que no hubo muertes, con el sistema ya implementado para los peces en cautiverio.
- En el tanque No. 2 se colocaron a los individuos recolectados en la noche del 2017-04-21, y a los peces restantes, se los distribuyó conforme lo indicado en la Tabla 4.

Tabla 4: Distribución de Peces en los Tanques por Tamaños

Tanque No.	Categorías de tamaños
1	Individuos grandes y medianos
2	Individuos capturados en los puntos No. 2 Río Huaycuyacu: aguas abajo del puente, y No. 3 Embalse: frente al Centro de Investigación. Recolección nocturna
3	Individuos pequeños
4	Individuos grandes
5	Individuos pequeños

- Continuamente, personal de operación de la central hidroeléctrica, informó al personal de

Gestión Social y Ambiental, la apertura de las compuertas de fondo y de los vertederos. Lo cual permitió realizar el ingreso o salida del equipo técnico contratado y los implementos de pesca del embalse.

- El 2017-04-19, 2017-04-20 y 2017-04-24 el equipo técnico contratado, personal de Seguridad y Salud Laboral y de Gestión Social Ambiental, realizaron la inspección desde aguas abajo de la presa hasta la confluencia del río Guayllabamba con el río Manduriacu. Esto se realizó, con la finalidad de rescatar a los peces que hubiesen quedado atrapados y de recoger aquellos que pudieron haber muerto.
- En la Tabla 5, se contemplan los niveles del embalse, más relevantes, y el caudal de ingreso a este, alcanzado en el tiempo. Cabe indicar que los sensores del sistema SCADA solo detectan el nivel del embalse hasta el 473 m.s.n.m., por lo tanto, para niveles menores se lo realizó con la aproximación del ojo humano.

Tabla 5: Nivel del Embalse y Caudal de Ingreso en el Tiempo

No.	Fecha	Hora	Nivel de embalse m.s.n.m.	Caudal de ingreso m ³ /s	Actividades realizadas
1	2017-04-19	17:00	492,60	496,85	Se inician maniobras controladas de descenso del nivel del embalse, mediante generación y apertura de compuertas de vertederos desde las 18:00.
		24:00	490,70	487,64	
2	2017-04-20	01:00	490,40	478,75	Se desciende el nivel de embalse controlando aperturas de vertederos.
		24:00	484,80	412,35	
3	2017-04-21	04:00	485,70	417,89	Descenso de embalse controlado por vertederos, en este día se abren los desagües de fondo principales.
		20:00	478,60	293,30	
		24:00	476,90	316,17	
4	2017-04-22	01:00	476,40	332,01	Se realizan aperturas y cierres de las compuertas de los desagües, según las necesidades para la evacuación de sedimentos.
		10:00	473,00	322,59	
		21:00	469,00	307,93	
5	2017-04-23	01:00	469,00	325,73	Se realizan aperturas y cierres de las compuertas de los desagües, según las necesidades para la evacuación de sedimentos.
		14:00	469,00	263,25	

Continuación Tabla 5: Nivel del Embalse y Caudal de Ingreso en el Tiempo

No.	Fecha	Hora	Nivel de embalse m.s.n.m.	Caudal de ingreso m ³ /s	Actividades realizadas
6	2017-04-24	04:00	469,00	312,04	Se realizan aperturas y cierres de las compuertas de los desagües, según las necesidades para la evacuación de sedimentos.
		24:00	468,00	392,57	
7	2017-04-25	01:00	468,00	392,57	Se realizan aperturas y cierres de las compuertas de los desagües, según las necesidades para la evacuación de sedimentos.
		21:00	468,00	316,69	
8	2017-04-26	02:00	468,00	316,69	Se inicia el llenado controlado del nivel del embalse.
		24:00	474,20	421,91	
9	2017-04-27	01:00	475,00	434,30	Se continúa con el llenado controlado del nivel del embalse.
		12:00	480,30	342,20	
		24:00	486,10	362,12	
10	2017-04-28	01:00	486,90	389,67	Se continúa con el llenado controlado del nivel del embalse.
		13:00	492,90	371,51	

- Los días 2017-04-18, 2017-04-20 y 2017-04-21 se llevaron a cabo los muestreos de agua y sedimento, aguas arriba y abajo de la presa de la central hidroeléctrica, como parte del programa de monitoreo anual del Plan de Manejo Ambiental para la central.
- Los peces fueron mantenidos en los cinco tanques del Centro de Investigación, durante diez días del 2017-04-17 al 2017-04-27. En este último día se reintrodujeron al río Guayllabamba, en los puntos del No. 2 al No. 4 de la Tabla 3.
- Se efectuaron cambios de agua en los tanques, los últimos cuatro días antes de la reintroducción de peces. Esto se debió a que la descomposición de los restos de comida, y material orgánico; cambiaron el color del agua y esto podía afectar a la calidad de vida de los peces.
- La alimentación de los peces fue realizada en base a avena y termitas de los árboles de la zona, con muy buena aceptación, y a pocos días antes de su reintroducción al embalse se les dio yuca rallada.
- Permanentemente, personal técnico, estuvo presente, cuidando el estado de los peces.

En la Fig. 2, se presenta un diagrama con imágenes del sistema de rescate de peces.



Figura 2: Sistema de Rescate de Peces
a, b, c: artes de pesca; d: contabilización e identificación;
e: traslado a los tanques; f: tanques; g: aireación; h:
alimentación; i: reintroducción

La zona donde se desarrolló el proyecto, se detalla en la Fig. 3.



Figura 3: Ubicación de las Instalaciones, Ríos y Embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Presentación y Discusión de Resultados para la Prueba Piloto

3.1.1 Especies registradas

Se registraron 176 individuos pertenecientes a ocho especies, cinco familias y cuatro órdenes [4]. Los mismos se contabilizaron y fotografiaron antes de ser colocados en los tanques del Centro de Investigación, y se detallan a continuación:

Tabla 6: Lista de Especies Registradas, Nombre Común y Número de Individuos

Orden/Familia	Nombre científico	Nombre común	# ind.*
CHARACIFORMES Characidae	1 <i>Astyanax festae</i>	Hormiga de agua	4
	2 <i>Brycon dentex</i>	Sábalo	84
	3 <i>Bryconamericus brevirostris</i>	Doradilla	4
	4 <i>Rhoadsia altipinna</i>	Bunga	5
SILURIFORMES Heptapteridae	5 <i>Pimelodella cf. modestus</i>	Barbudo	47
Loricariidae	6 <i>Chaetostoma fischeri</i>	Guaña	13
CYPRINODONTIFORMES Poeciliidae	7 <i>Xiphophorus hellerii</i>	Pez espada	16
PERCIFORMES Cichlidae	8 <i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja	3
Total	8		176

* Cantidad de individuos.

Los peces rescatados fueron colocados en dos tanques durante la prueba piloto, y corresponden a las especies detalladas en la Tabla 7 [4].

Tabla 7: Disposición de los Peces en los Tanques No. 3 y No. 4

Tanque No. 3		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Astyanax festae</i>	4
2	<i>Brycon dentex</i>	84
3	<i>Bryconamericus brevirostris</i>	4
4	<i>Rhoadsia altipinna</i>	5
5	<i>Pimelodella cf. Modestus</i>	2
6	<i>Chaetostoma fischeri</i>	1
7	<i>Xiphophorus hellerii</i>	16
8	<i>Andinoacara rivulatus</i>	3
Total		119
Tanque No. 4		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Pimelodella cf. modestus</i>	45
2	<i>Chaetostoma fischeri</i>	12
Total		57

* Cantidad de individuos.

3.1.2 Mediciones de temperatura

La temperatura en los tanques presentó variaciones de entre 2 °C y 3 °C, manteniéndose en el rango de 22 °C y 25 °C. Para el tercer día, de la prueba piloto, esta se estabilizó en el rango de 22°C a 23°C, como se observa en la Fig. 4 [4]. Al no haberse presentado mortandad de peces, bajo estas condiciones de variación de temperatura, se practicará el mismo sistema de aireación para el plan de acción.

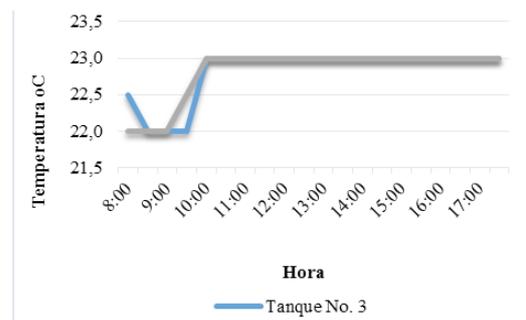


Figura 4: Resultados de la Temperatura en el Tiempo, para los Tanques No. 3 y No. 4 el 2017-04-05

3.2. Presentación y Discusión de Resultados para el Plan de Acción

3.2.1 Especies registradas

Se registraron 1949 individuos pertenecientes a diez especies, seis familias y cinco órdenes, estos se contabilizaron y fotografiaron antes de ser colocados en los tanques (Tabla 8) [5].

Tabla 8: Lista de Especies Registradas, Nombre Común y Número de Individuos

Orden/Familia	Nombre científico	Nombre común	# ind.*
CHARACIFORMES Characidae	1 <i>Astyanax festae</i>	Hormiga de agua	80
	2 <i>Brycon dentex</i>	Sábalo	667
	3 <i>Bryconamericus brevisrostris</i>	Doradilla	233
	4 <i>Rhoadsia altipinna</i>	Bunga	153
SILURIFORMES Heptapteridae	5 <i>Pimelodella cf. modestus</i>	Barbudo	284
Loricariidae	6 <i>Chaetostoma fischeri</i>	Guaña	8
CYPRINODONTIFORMES Poeciliidae	7 <i>Xiphophorus hellerii</i>	Pez espada	439
MUGILIFORMES Mugilidae	8 <i>Agonostomus monticola</i>	Lisa	9
PERCIFORMES Cichlidae	9 <i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja	75
	10 <i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	1
Total	10	1979	

* Cantidad de individuos.

Los días previos al lavado (2017-04-17 al 2017-04-19) se obtuvieron 62 individuos rescatados y el nivel del agua se encontraba alto, lo cual dificultó la captura de peces. Los días de mayor recolección de peces fueron del 2017-04-20 al 2017-04-23.

En la Tabla 9 se presenta la distribución de los peces en los tanques [5]:

Tabla 9: Distribución de los Peces Recolectados en los Cinco Tanques

Tanque No. 1		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Brycon dentex</i>	97
2	<i>Bryconamericus brevisrostris</i>	59
3	<i>Pimelodella cf. Modestus</i>	20
Total		176
Tanque No. 2		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Astyanax festae</i>	22
2	<i>Brycon dentex</i>	178
3	<i>Bryconamericus brevisrostris</i>	46
4	<i>Rhoadsia altipinna</i>	72
5	<i>Pimelodella cf. modestus</i>	177
6	<i>Xiphophorus hellerii</i>	26
7	<i>Andinoacara rivulatus</i>	34
Total		555
Tanque No. 3		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Astyanax festae</i>	35
2	<i>Brycon dentex</i>	214
3	<i>Bryconamericus brevisrostris</i>	57
4	<i>Rhoadsia altipinna</i>	32
5	<i>Pimelodella cf. modestus</i>	87
6	<i>Chaetostoma fischeri</i>	3
7	<i>Xiphophorus hellerii</i>	97
8	<i>Andinoacara rivulatus</i>	26
9	<i>Oreochromis niloticus</i>	1
Total		552
Tanque No. 4		
No.	Especie	# ind.*
1	<i>Brycon dentex</i>	86
2	<i>Chaetostoma fischeri</i>	5
3	<i>Agonostomus monticola</i>	9
4	<i>Andinoacara rivulatus</i>	15
Total		115
Tanque No. 5		

No.	Especie	# ind.*
1	<i>Astyanax festae</i>	23
2	<i>Brycon dentex</i>	92
3	<i>Bryconamericus brevisrostris</i>	71
4	<i>Rhoadsia altipinna</i>	49
5	<i>Xiphophorus hellerii</i>	316
Total		551

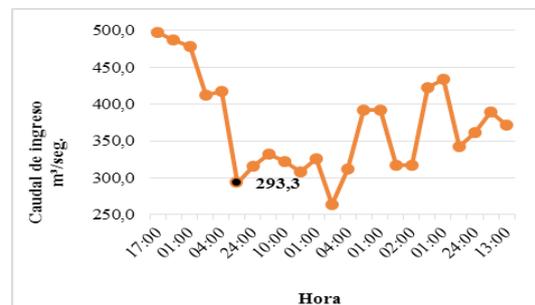
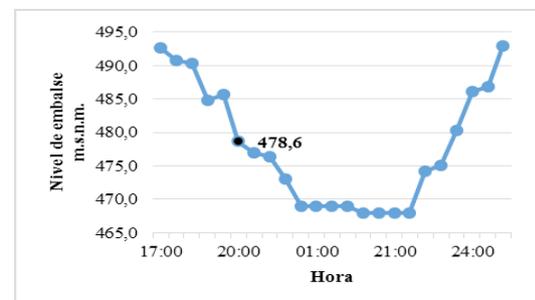
Los tanques No. 1 y No. 4 tienen menor número de individuos, ya que ahí se colocaron a los especímenes grandes y medianos. El tanque No. 4 fue cubierto con una red porque los peces saltaban fuera del mismo.

3.2.2 Mediciones de temperatura

La temperatura de los cuerpos de agua (mientras el embalse disminuía de altura) fue de 24 °C a 24,8 °C, mientras que la temperatura en los tanques fue de 23,3 °C a 25 °C [5]. Se comprueba nuevamente que la variación de temperatura identificada, no afecta a la calidad de vida de los peces.

3.3.3 Relación del caudal de ingreso, nivel del embalse y actividades de rescate de peces

De la Tabla 5 se desprenden las Fig. 5 y Fig. 6, donde se relaciona el caudal de ingreso, nivel del embalse y actividades de rescate de peces. Las actividades de pesca, se coordinaron conforme se maniobraba la apertura y cierre de los vertederos y la apertura de los desagües de fondo de la central hidroeléctrica [5].

**Figura 5: Caudal de Ingreso (m³/s) en Función de la Hora de Lavado de los Lodos de Fondo del Embalse****Figura 6: Nivel del Embalse (m.s.n.m.) en Función de los Días de Lavado de los Lodos de Fondo del Embalse**

Las maniobras de pesca se deben realizar intensivamente en los puntos del No. 1 al No. 4 (Tabla 3) antes del caudal de 293,30 m³/s (Fig. 5), puesto

que después de este, se empezaron a observar peces en el lodo. El caudal de 293,30 m³/s, se alcanzó el día 2017-04-21 a las 20:00, cuando adicionalmente, a la apertura de los vertederos se abrieron los desagües de fondo principales.

Bajo los 478,60 m.s.n.m., los puntos No. 5 y No. 7 (Tabla 3) son de interés, al existir pozas con agua, donde se rescatan peces en forma coordinada con el Área de operaciones de la central hidroeléctrica. Las maniobras de apertura y cierre de las compuertas de los desagües, se realizan en función de las necesidades para la evacuación de sedimentos (Tabla 5 y Fig. 6).

Con las maniobras controladas del descenso del nivel del embalse y apertura de vertederos, durante los días 2017-04-19 y 2017-04-20 (Tabla 5), fue posible efectuar el rescate de peces.

La formación de islas de arena, constituye el punto a partir del cual ya no es seguro ingresar al embalse, para realizar las actividades de pesca (puntos No. 1 al No. 4 de la Tabla 3). Este fenómeno se evidenció aproximadamente, desde el 2017-04-21 a las 20:00 (Tabla 5).

Al segundo día de llenado del embalse (2017-04-27), se alcanzaron las condiciones más seguras para reintroducir los peces rescatados en los puntos del No. 2 al No. 4 de la Tabla 3, con un nivel de 480,90 m.s.n.m. y un caudal de 342,20 m³/s (Tabla 5).

3.3.4 Mortandad de peces

La distribución de la mortandad de peces se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10: Número y Porcentaje de Mortandad de Peces en los Tanques

No. de tanque	# ind.*	# ind. por tanque	% de muertos en cada tanque	% del total de muertos
Tanque No. 1	3	176	1,7	0,6
Tanque No. 2	431	555	77,7	82,1
Tanque No. 3	43	552	7,8	8,2
Tanque No. 4	2	115	1,7	0,4
Tanque No. 5	46	551	8,3	8,8
Total		525		100,0

ind.: Cantidad de individuos.

Hubo 525 peces muertos en los tanques, de los 1949 peces rescatados, lo cual corresponde a un porcentaje de mortandad de 26,9%.

Del total de peces muertos, 431 individuos corresponden al tanque No. 2, por lo tanto, el porcentaje de mortandad, en este, fue del 82,1% [5].

La especie *Pimelodella cf. Modestus* (mayormente colocada en el tanque No. 2), es susceptible al

cautiverio, sensible alimentariamente, y su mortandad se atribuye a que no pudo alimentarse en la columna de agua al encontrarse en la zona más baja. La mortandad de esta especie hizo que la calidad del agua del tanque sea perjudicial para las demás, a pesar de los cambios de agua realizados. Otra de las condiciones que sumaron a la muerte de los peces en el tanque No. 2, fue que aquellos rescatados durante el 2017-04-21, tenían sus branquias con lodo y su muerte originó una contaminación cruzada en el tanque.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se confirmó en el rescate de peces que el orden más diverso es el de los CHARACIFORMES (*Characidae*), lo cual, se encuentra en concordancia con los resultados del monitoreo ambiental del año 2016 de la central hidroeléctrica Manduriacu [6]. Además, se registró por primera vez, el pez espada (*Xiphophorus hellerii*). Esta es una especie introducida, por motivo de un proyecto para el control biológico de mosquitos en las provincias del Guayas, El Oro y Manabí [7].
- De las especies registradas durante el estudio no se registró ninguna considerada en peligro de extinción.
- Hubo 94 peces muertos en los tanques No. 1, No. 3, No. 4 y No. 5, lo cual representa el 18% del total de muertes.
- No se rescataron peces muertos de las orillas del embalse, río Guayllabamba o río Huaycuyacu durante el lavado del embalse.
- El monitoreo de calidad de agua y sedimento, de los lavados del embalse, permitirá contar con información respecto a la dinámica de los parámetros físicos y químicos. A partir de estos se conocerán las condiciones y hábitos de vida de las especies en el río Guayllabamba.
- Para mitigar el impacto de mortandad de peces en el embalse, se requiere realizar los lavados de los lodos de fondo, con un caudal hídrico de ingreso al sistema de generación de 496,85 m³/s del río Guayllabamba; una cota máxima del embalse de 492,60 m.s.n.m.; época de no actividades reproductivas en el mismo y acciones operacionales controladas.
- Los puntos del No. 1 al No. 4 (Tabla 3) representan los sitios donde la pesca debe realizarse hasta un nivel del embalse de aproximadamente 478,60 m.s.n.m. y un caudal de 293,30 m³/s, mientras que, a partir de estas

condiciones, se iniciará la pesca en los puntos No. 5 y No. 7.

- A partir de la apertura de los desagües de fondo además de los vertederos principales, se recogen menos peces, por tanto, la pesca será más intensa los dos primeros días de iniciadas las actividades del lavado del embalse, por parte del Área de operaciones.
- La reintroducción de peces se realizó en los puntos del No. 2 al No. 4, con un nivel de 480,90 m.s.n.m. y un caudal de 342,20 m³/s (Tabla 5).
- Esta metodología de rescate de peces, funciona para embalses de tamaño pequeño o mediano, en los cuales, gracias a su forma natural, se puede acceder a puntos seguros, para las personas e implementos como; botes, redes de agallas, y atarrayas. Lo cual, facilita la pesca y la movilización de los peces en el menor tiempo, hacia el sistema implementado para el cautiverio.

Las recomendaciones que se desprenden del presente proyecto son:

- Es necesaria la coordinación entre todas las áreas involucradas a nivel institucional e interinstitucional, y la difusión oportuna de las actividades a desarrollar, tanto a nivel interno como externo.
- Colocar los peces muertos en fosas y cubrirlos con tierra, en zonas alejadas de actividades humanas, pero dentro del área de la central hidroeléctrica.
- Para contribuir a la supervivencia de los peces, hay que considerar principalmente las siguientes variables; temperatura, alimentación, aireación y cambios de agua.
- Para la disminución de la mortandad de peces, la separación de estos durante el cautiverio, se realizará en función de; el tipo y forma de alimentación en la columna de agua, el nivel de sensibilidad biológica y el tamaño. Adicionalmente, aquellos peces que se recolecten durante los últimos días de rescate, deberán ser colocados en un tanque diferente. Esto, con la finalidad de evaluar las condiciones de salud y la mortandad por separado, sin que se afecte a la calidad de vida de los demás.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador, 2014.
- [2] Hidroequinoccio, Consorcio TCA Tractebel Caminosca Asociados, Proyecto Hidroeléctrico Manduriacu Estudio de Impacto Ambiental definitivo (EIAD). Quito, Ecuador, 2012.
- [3] Ideambiente Cía. Ltda., Actualización del Plan de Manejo Ambiental del proyecto hidroeléctrico Manduriacu de 60 MW. Quito, Ecuador, 2013.
- [4] P. D. Cecilia, “Primer informe: prueba piloto para el rescate de peces durante el lavado de sedimentos del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW” Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Abr. 2017.
- [5] P. D. Cecilia, “Informe rescate de peces durante el lavado de sedimentos del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW” Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Abr. 2017.
- [6] S. M. Franklin, “Monitoreo Ambiental en la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW de capacidad, de CELEC EP Coca Codo Sinclair, año 2016” Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Dic. 2016.
- [7] B. S. Ramiro, “Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador” Revista Politécnica, vol. 30, número 3, ISSN: 1390-0129, pp. 83-119, Sep., 2012.



Valeria Arcos Hervas.- Socióloga de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Máster en Relaciones Internacionales con mención en Negociación y Cooperación Internacional de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Con experiencia en diagnósticos socioambientales,

elaboración de estudios de impacto ambiental, auditorías ambientales, gestión y transformación de conflictos socioambientales, participación social, mapeo de actores, legislación y capacitación. Se ha desempeñado en diversas entidades, con capacidad para la negociación y transformación de conflictos, atención oportuna en situación de riesgo y manejo de crisis.



Susan Andrea Feijóo Bermeo.- Nació en Machala, Ecuador en 1987. Graduada de Ingeniera Ambiental en la Escuela Politécnica Nacional en 2013; de Máster en Gestión Ambiental y de Calidad en la Empresa en el Centro Europeo de Posgrados de España de

la Universidad de Alcalá, en 2015. En 2009 trabajó en el Ministerio del Ambiente y en la Consultora Ecoclima; en 2010 realizó pasantías en Petrobras; del 2011 al 2013 laboró en Efficacitas Consultora y desde ese año hasta la actualidad es Especialista en Gestión Ambiental en CELEC EP. Experiencia en: eficiencia energética, calidad de la empresa, consultoría ambiental y seguridad industrial.



Jahir José Valencia Larrea.- Nació en León, Nicaragua en 1978. Obtuvo el título de Biólogo Marino en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en 2003; Máster en Gestión de Residuos en el Instituto de Investigaciones Ecológicas, España en 2005.

Laboró en Hidropastaza EP en 2008; en la Unidad de Negocio Hidroagoyan como Supervisor Gestión Ambiental y Comunidades en 2010; como técnico del CONELEC en 2013; en la Unidad de Negocio Enernorte de Jefe de Gestión Social y Ambiental en 2013; y desde el 2015 hasta la actualidad como Especialista en Gestión Ambiental de la Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair.