

MEDIDAS DE REMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE, MOQUEGUA - PERU

Francisco Sucapuca^{1,a}, José Díaz^{2,b}, Magda Mogrovejo^{2,c}, Gabriel Pérez^{2,d}

RESUMEN

Objetivo. Definir un plan de acción para el mejoramiento de la calidad de las aguas contenidas en el Embalse Pasto Grande, en base a las acciones realizadas por el Consorcio V-5 y su grupo de especialistas contratados. **Método.** Estudio descriptivo, se procedió a revisar los ensayos de laboratorio realizados por el Consorcio V-5, buscando el tratamiento químico que pueda revertir la acidez del agua embalsada, el tipo y tiempo de tratamiento propuesto para cada afluente, en su recorrido desde la naciente a su descarga al embalse, se definió de acuerdo a las características de cada punto, asumiendo, asimismo, que el sistema pudiera estar próximo a ser declarado en emergencia si las condiciones se mantienen. **Resultados y conclusiones.** Se considera como urgente el tratamiento químico de modo integral, con cal hidratada para el mejoramiento de la calidad de las aguas del embalse, luego de asegurada la neutralización sostenida de las aguas del embalse se reduce la aplicación en los afluentes para mantener un pH regulado de ingreso a rangos neutros o ligeramente ácidos pH (u.e) 3 y 3,3. de acidez en los afluentes millojahuiria y antajarani, sabiendo, lo normal es pH 5,795 u.e, en forma paralela se aplicarán tratamientos biológicos y mixtos, para los tratamientos químicos se considera el uso de estructuras sencillas para aplicación de cal hidratada y de floculantes; para los tratamientos biológicos se usarán especies vegetales capaces de retener o capturar metales de preferencia de origen nativo; para el tratamiento mixto se plantea el uso de piedra caliza como forma de dar facilidades al tratamiento químico previo para zonas alejadas o de difícil acceso.

Palabras clave: *Remediación de las Aguas del Embalse.*

MEASURES OF REMEDIATION OF THE WATER OF THE PASTO GRANDE MOQUEGUA - PERU

ABSTRACT

Objective. Define a plan of action for the improvement of the quality of the water contained in the Pasto Grande Reservoir, based on the actions carried out by the Consortium V-5 and its group of contracted specialists. **Method.** A descriptive study was carried out to review the laboratory tests carried out by Consortium V-5, seeking the chemical treatment that can reverse the acidity of the reservoir water, the type and treatment time proposed for each tributary, in its course from the nascent to its discharge to the reservoir, was defined according to the characteristics of each point, assuming also that the system could be close to being declared in emergency if the conditions are maintained. **Results and conclusions.** The chemical treatment is considered as urgent, with hydrated lime for the improvement of the water quality of the Reservoir, after ensuring the sustained neutralization of the water of the reservoir, the application in the tributaries is reduced to maintain a regulated pH of Entry to neutral or slightly acid ranges pH Ph. (Ue) 3 and 3.3. Of acidity in the tributaries millojahuiria and antajarani, knowing, the normal is pH 5.795 u.e, in parallel apply biological and mixed treatments, for the chemical treatments is considered the use of simple structures for the application of hydrated lime and flocculants; For the biological treatments will be used vegetal species able to retain or to capture metals of preference of native origin; For the mixed treatment the use of limestone is proposed as a way of giving facilities to previous chemical treatment for remote or difficult access areas.

Keywords: *Remediation of the Waters of the Reservoir.*

¹ Proyecto Especial Regional Pasto Grande, Gobierno Regional Moquegua. Moquegua, Perú

² Proyecto V 5

^a Ingeniero ambiental. Docente Universitario. Especialista en gestión y contaminación ambiental.

^b Ingeniero Pesquero, ^c Bióloga, ^d Químico

INTRODUCCIÓN

El embalse Pasto Grande está ubicado en la jurisdicción del distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, a una altitud de 4250 m, es la principal fuente de agua de las provincias de Ilo y Mariscal Nieto (Moquegua)^(1,2)

Este embalse fue ejecutado aprovechando las condiciones geográficas y topográficas, logrando embalsar 194 MMC con una presa de tierra de 80 m de coronamiento y 10,30 m de altura, y una extensión superficial de 45 km². Se constituye en el tercer embalse de mayor tamaño en el país⁽¹⁾.

Se reportan dos afluentes principales que aportan aguas ácidas de origen natural en un aproximado del 30% siendo estos los ríos Millojahuira y Antajarane; además del afluente, río Patara que recibe aguas ácidas en sus nacientes de sus afluentes provenientes de fuentes termales y de zonas mineras, observándose la recuperación del nivel de pH a valores próximos a la neutralidad en su recorrido, por procesos de dilución y autopurificación; adicionalmente, el aporte del río Tocco y otros de menor tamaño, que presentan buena calidad de agua.

La problemática se inicia a partir de 1985 cuando se cerró la mina Cacachara que contaminaba con relaves al río Cacachara, afluente del río Patara. Durante ese tiempo no existían restricciones y/o normas ambientales para el cumplimiento de calidad de descargas por parte del Sector Minero.

En el año 1989, se concluye la construcción de la presa Pasto Grande con inicio de operación en 1995⁽¹⁾. En el año 1991 se siembran alevinos de trucha para la comercialización (empresa Lago Azul). En el año 2000, la empresa minera Aruntani inicia sus operaciones en su Unidad Minera Santa Rosa en la cabecera de la cuenca Cacachara, Cotañani y Acosiri, comprometiéndose con la instalación de piezómetros para el monitoreo de la calidad del agua, que a la fecha los resultados no fueron informados al PERPG

En el año 2006 se produce mortandad de alevinos de truchas ocasionado por la presencia de Cadmio (0,00351 mg/L), mercurio ($a < 0,00041$ mg/L), plomo ($a < 0,0026$ mg/L), talio ($a < 0,0013$), zinc (0,3956 mg/L), que alertó a las autoridades de la

región de Moquegua y se conforma una Comisión Técnica Multisectorial encargado del monitoreo de la calidad de las aguas del embalse. En abril de 2007 se realiza el estudio de calidad del embalse y se determinaron valores bajos de pH en los ríos Millojahuira y Antajarane; en este análisis predominan los nitratos (2,6 mg/L); el hierro (18,2 mg) y el aluminio (34,5 mg/L). Se determina una población biológica de 43 géneros, 29 familias y 22 órdenes y 4 divisiones, diversidad baja en zooplancton. A partir de la fecha se realizan monitoreos permanentes. En febrero de 2008 se presentó el fenómeno denominado florecimiento algal, con cambios de coloración en las aguas.

La puesta en operación del embalse Pasto Grande generó beneficios con grandes expectativas, que hicieron duplicar la oferta de agua para distintos usos, poblacional, agrícola e industrial de Moquegua y nuevas áreas agrícolas de Estuquiña y San Antonio.

Actualmente, la población y la agricultura se ven amenazados por la contaminación natural de los ríos Millojahuira y Antajarane; por la contaminación antrópica del río Cacachara debido a la presencia de la mina Cacachara (pasivo ambiental) y la contaminación antrópica de los ríos Cotañani, Acosiri y quebrada Cacachara, (presencia una mina en operación Unidad Santa Rosa de la empresa minera Aruntani SAC), Por ahora se encuentra en la etapa de cierre. Por el impacto negativo al embalse Pasto Grande, el PERPG, en el año 2012, se ha dispuesto a elaborar el estudio de mejoramiento de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande del distrito Carumas, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, que permita recuperar y conservar su calidad física, química y biológica, a fin de abastecer a la población de la ciudad de Moquegua, aguas seguras para su consumo humano y actividades económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio es descriptivo y ex post-facto. Para el desarrollo de la investigación, el Consorcio V-5, implementó la siguiente metodología, primero, una evaluación de campo con un equipo multidisciplinario, luego el diseño de un programa de monitoreo, toma de muestras y ensayos de laboratorio de agua según los protocolos establecidos.⁽²⁾ La evaluación de la calidad del agua en la zona de estudio contempla el análisis de los siguientes parámetros:

Parámetros físico y químicos

El pH, la conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, transparencia, demanda biológica oxígeno, y demanda química de oxígeno^(3,4).

Parámetros Inorgánicos

Sólidos totales disueltos, dureza total, cloruros, sulfatos, fósforo total, nitrato, y fluoruros.

Metales

Aluminio, arsénico, boro, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo (hexavalente), cobre, hierro, potasio, litio, magnesio, manganeso, plomo, selenio, silicio (SiO₂), estroncio, titanio, talio, vanadio, zinc, plata, mercurio, oro y cianuro (Wad y total)⁽⁵⁾.

Para la evaluación espacial de la calidad del agua, que ayuda a visualizar el nivel de concentración y/o contaminación o incremento en el tiempo, se ha realizado gráficos de hidroquímica, tipo pie, Schouller, barras Collins, e isolíneas, para los diferentes rangos de valores de los parámetros de pH, conductividad, y para los metales las concentraciones de mayor incidencia en las aguas, tales como: hierro, arsénico y aluminio⁽⁶⁾.

La calidad del agua de los afluentes principales, agua del embalse y la descarga del embalse, se evalúa con el lineamiento establecido en el DS 002-2008 MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua", Categoría 1 (Aguas destinadas para la producción de agua potable – A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), Categoría 3 (Aguas para Riego de vegetales y bebida de animales) y Categoría 4 (Conservación del medio acuático, lagunas y lagos). pH promedio anual 5,795⁽⁷⁾.

RESULTADOS

Del análisis de caudales de los afluentes, se determina que los ríos Millojahuira, Antajarani y Patara, con aguas de drenaje ácido aportan el 68%; el río Tocco, y otros de menor caudal, representan el 32% con agua de buena calidad (Tabla 1). La acidificación del total de los ríos mediante un promedio ponderado anual le corresponde el valor de pH 5,795 u.e.

Tabla 1. Afluente del embalse Pasto Grande (m³/s)

AÑO	Milloj.	Antaj.	Patara	Tocco	Acum.	Q total
2005	0,507	0,351	0,896	0,456	0,679	2,889
2006	0,569	0,658	1,939	0,494	0,714	4,374
2007	0,386	0,297	0,637	0,366	0,132	1,818
2008	0,324	0,417	0,967	0,363	0,226	2,297
2009	0,373	0,41	0,895	0,348	0,155	2,181
2010	0,308	0,343	0,727	0,385	0,84	2,603
Q PROM	0,411	0,413	1,01	0,402	0,458	2,694
% Que repress	15,26	15,32	37,50	14,92	17,00	100,00

Fuente: Recuperado del Estudio V-5

Tabla 2. Nivel de acidificación de afluentes del embalse Pasto Grande

RIO	Milloj.	Antajar.	Patara	Tocco	Otros
%	15,26%	15,32%	37,50%	14,92%	17,00%
Ph (u.e.)	3	3,3	6,5	7,5	7,5
Ph anual (u.e.)	5,795				

Fuente: Resultado Estudio V-5

Río Millojahuira

Las aguas de la microcuenca del río Millojahuira son ácidas desde la parte alta de la microcuenca hasta ingresar a las aguas del embalse.

Las aguas presentan concentración de elementos disueltos que son producto de los suelos mineralizados y de los aportes de aguas ácidas subsuperficiales de características termales. Las aguas ácidas del río Millojahuira presentan, principalmente, algunos metales como el hierro (18,2 mg/L), aluminio (34,5 mg/L), manganeso (0,42 mg/L), níquel 0,03559 y zinc (0,1395) que superan los lineamientos establecidos en los ECA para aguas de Categoría 3 – Agua para Riego y Bebida de Animales, y para la Categoría 4: Conservación del Medio Acuático. Ríos Costa y Sierra.⁽⁷⁾ La coloración rojiza impartida es producto de la oxidación del hierro presente en las aguas, por el proceso natural de aireación en su trayecto hacia el embalse, por presentar una pendiente de 0,07.⁽⁶⁾ Las aguas superficiales de la microcuenca río Millojahuira; presentan una hidroquímica con predominio de iones calcio (16,5), y sulfato 259,8, según diagrama Piper.

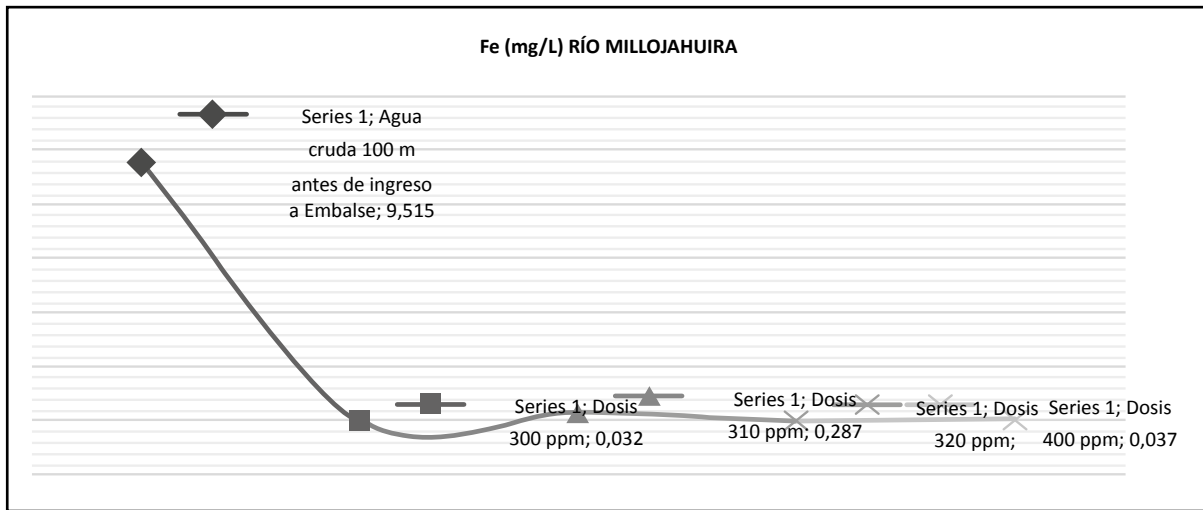


Figura 1. Variación contenido de Fe (mg/L)

Fuente: Recuperado del Estudio V-5

La tendencia histórica de la acidez de las aguas es de un nivel ligero de estabilización con tendencia a mantenerse en el tiempo, presenta una pendiente de 0,001. La zona donde entrega sus aguas al embalse Pasto Grande, genera corrientes y depósitos de elevado contenido metálico de hierro y aluminio en los sedimentos, teniendo como potencial de alto riesgo la suspensión de los hidróxidos férricos trivalentes a las aguas del embalse, por efectos naturales, tales como cambios de temperaturas, efecto eólico o una gran descarga imprevista de las aguas del embalse.

La principal carga metálica preliminar aportada por las aguas del río Millojahuira, medidas en base al caudal y concentración durante el segundo monitoreo, requieren mayor frecuencia y exactitud, y está conformada por contaminantes como aluminio y hierro, que más se aportan al embalse.

El río Millojahuira aporta con contaminación al embalse con hierro y aluminio, en el orden de 45,45%, dato preliminar, ocupando el primer lugar en el orden de afluentes que deterioran la calidad de las aguas del embalse, debido a su contaminación de origen natural.

Río Antajarane

La calidad de las aguas del río Antajarane en su nacimiento, es de buena calidad, alcalinas, claras y de bajo contenido salino: fosfatos 0,60 mg/L; sulfatos 233,7 mg/L; silicatos 102,36 mg/L, con ligero exceso

de cobre, 0,002 mg/L; níquel 0,056 mg/L y zinc 0,130 mg/L, según la Categoría 4 de los Estándares de Calidad Nacional. (ECAs)⁽⁷⁾.

El agua en su recorrido recibe al inicio el aporte de una hidrotermal que le baja ligeramente el pH 6,2 l y antes de su descarga al embalse, recibe las aguas del río Hualcane de elevada acidez 4,2 l, deteriorando la calidad de las aguas del río Antajarane.

Las aguas se ven muy afectadas cuando recibe el aporte de las aguas ácidas del río Hualcane, convirtiéndolas en aguas muy ácidas en valores de 3,0 u.e., aguas que son entregadas al embalse Pasto Grande.

Las aguas de la microcuenca Antajarane; hidroquímicamente indican predominio de iones aluminio 29 mg/L calcio 29 mg/l y sulfato 233,7 mg/L siendo el sulfato el anión predominante en los cuerpos superficiales y el anión bicarbonato.

Las aguas ácidas del río Antajarane, presentan contenido metálico de hierro 12,4 mg/L , fósforo 0,053 mg/L y zinc 0,130 mg/L en cantidades no tan significativas que superan los lineamientos de los ECAs para las Categorías 3 y 4.

La presencia del bajo nivel de metales se incrementa ligeramente en el periodo de estiaje, siguiendo similar tendencia. La calidad del río Antajarane se confirma con los dos monitoreos efectuados en diferentes periodos estacionales, de lluvia y de estiaje.

Existe tendencia a niveles bajos de acides para las aguas del río Antajarane, en base a la data histórica procesada. La tendencia histórica del pH en las aguas del Río Antajarane es a la continuidad de la acidez.

Tabla 3. Afluente del río Antajarane (m³/s)

Año	Milloj.	Antaj.	Patara	Tocco	Acum.	Q total
2005	0,507	0,351	0,896	0,456	0,679	2,889
2006	0,569	0,658	1,939	0,494	0,714	4,374
2007	0,386	0,297	0,637	0,366	0,132	1,818
2008	0,324	0,417	0,967	0,363	0,226	2,297
2009	0,373	0,41	0,895	0,348	0,155	2,181
2010	0,308	0,343	0,727	0,385	0,84	2,603
Q PROM.	0,411	0,413	1,01	0,402	0,458	2,694
% Que repress	15,26	15,32	37,50	14,92	17,00	100,00

Fuente: Recuperado del Estudio V-5

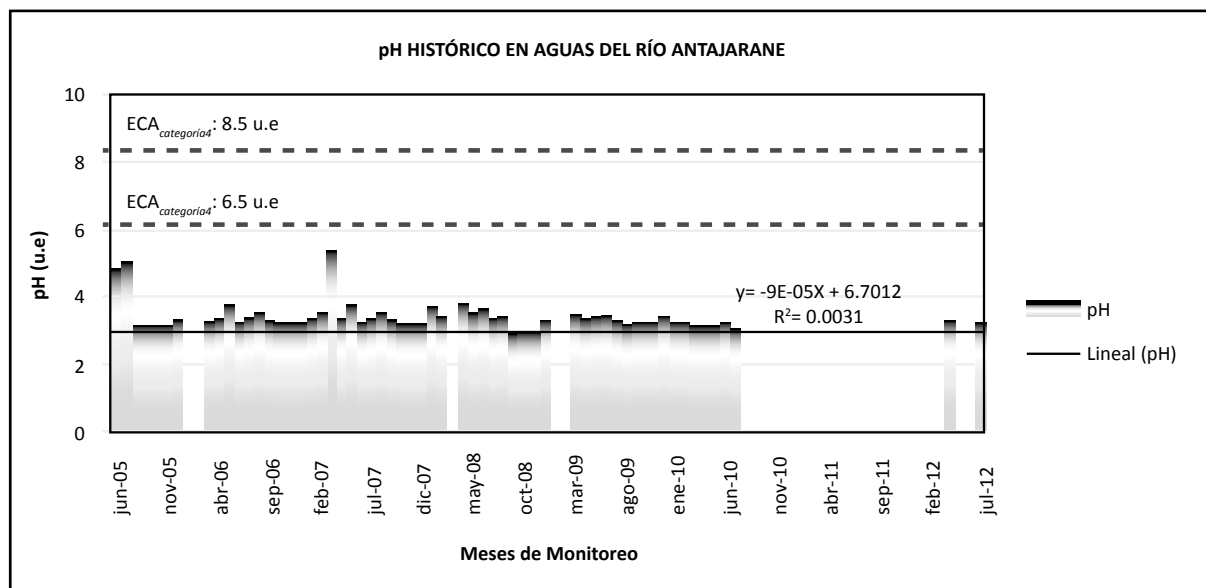


Figura 2. Variación contenido de Fe (mg/L).

Río Millojauira						
Carga Metálica TM/Año						
Al	As	Cr	Fe	Mn	Zn	
1935	1,27	0.29	65.7	1.10	0.74	

Fuente: Resultado de análisis y seguimiento PERPG

Río Patara

Las características de la calidad del agua en la microcuenca del río Patara, registradas en el monitoreo de la segunda campaña (julio 2012) indican al igual que el monitoreo en época de avenidas que los afluentes que ingresan al curso

principal presentan características ácidas con bajas concentraciones de metales totales: Ag 0,002 mg/L; Al 3;38 mg/L; B 1,85 mg/L; Ba 0,035 mg/L; Be 0,0002 mg/L; Ca 14,6 mg/L; Cd 0,0058 mg/L; Co 0,106 mg/L; Cr 0,003 mg/L; Cu 0,002 mg/L; Fe 1;89 mg/L; K 107 mg/L; Li 0,57 mg/L; Mg 4;01 mg/L; Mn 0,539 mg/L; Na 66;4 mg/L; Ni 0,007 mg/L; P 0,01

mg/L; Pb 0,002 mg/L; Se 0,002 mg/L; Sn 0,0008 mg/L; Sr 0,197 mg/L; Ti 0,0006 mg/L; Tl 0,0001 mg/L; Zn 0,181 mg/L.

Existela tendencia a incrementar las concentraciones de metales en época estiaje. Las aguas de la microcuenca Patara reportaron una hidroquímica cuya tendencia predominante son los cationes Ca 14,6 mg/L y Al 3,38 mg/L y los aniones mayoritarios son sulfatos 50,1 mg/L, y con menor proporción de cloruro silicatos 33,32 mg/L.

Río Tocco

Las aguas del río Tocco son consideradas como aguas de buena calidad física y química por las características que presenta ^(4, 7-9). En la evaluación del periodo estacional de estiaje han presentado características de aguas alcalinas (pH 7,68), que supera el límite superior del rango de pH 6,5-7,5 establecido en los ECA para las Categorías 4 y 3. Estas aguas son claras. de bajo contenido salino, sulfatos 1,8 mg/L, con posible ausencia de materia orgánica por la demanda bioquímica no detectable. ^(10,8,7)

Por el contenido de sales carbonatas cálcicas y magnésicas no tengo registro expresadas como dureza, se puede calificar que son aguas blandas. De escaso contenido metálico, con excepción de la presencia de zinc 0,014 mg/L que aporta el manantial Copapujo (E-47) y que supera el ECA Categoría 4. La leve concentración de zinc no supera la Categoría 3, aguas para riego y bebida de animales.

Las aguas de la microcuenca del río Tocco tiene como ión predominante al magnesio 3,28 mg/L y como cationes predominantes al calcio 7,10 mg/L y sodio 11,16 mg/L. Mantiene la tendencia con respecto a los resultados obtenidos en el monitoreo en periodo de lluvias (abril 2012) ⁽²⁾.

Embalse Pasto Grande

Con respecto a la calidad de agua reportada en los perfiles longitudinales 1 y 2, en general, no existe variación significativa de los parámetros reportados en la segunda campaña de monitoreo (julio) a diferentes profundidades. Sin embargo, las concentraciones de la segunda campaña comparadas con los resultados obtenidos durante el monitoreo de la primera campaña (abril 2012) estas son de mayor concentración.

La evaluación de la calidad de sedimentos obtenido de los monitoreos realizados en la época de estiaje (julio 2012), lo caracteriza en general valores de pH entre ácidos y neutros 4,5 y 7,0 con altas concentraciones de elementos metálicos de aluminio, 61,3 mg/L; arsénico 0,005 mg/L; hierro 13,9 mg/L, y zinc 0,334 mg/L, los cuales, al ser comparados con los resultados obtenidos en la primera campaña (abril 2012) indican una ligera disminución en la mayoría de parámetros. Los compuestos metálicos presentes en los sedimentos, genera permanentemente el riesgo potencial de re suspensión ante factores climáticos adversos, que podría afectar la calidad de las aguas superficiales del embalse.

La hidroquímica de las aguas superficiales de las microcuencas estudiadas indican que en la microcuenca Millojahuiria; Antajarane y algunos afluentes de la microcuenca Patara son de aguas con contenido calcio-sulfatadas; asimismo, las concentraciones de la microcuenca Tocco presentaron facies de tipo cálcicas-sódicas- magnésicas, mientras que las facies o tipos de familia de las aguas a la salida del embalse son variables con iones mayoritarios de calcio, sodio sulfato y cloruro.

Descargas de las aguas del embalse Pasto Grande

Según la evaluación hidroquímica de las aguas superficiales a lo largo de la salida del embalse; mantiene las características de ser en su mayoría de tipo sódicas-cálcicas-bicarbonatadas-cloruradas, con predominio de los iones bicarbonato y sulfato a lo largo de todo su recorrido.

Túnel Jachacuesta

Las aguas alcalinas (pH de 7,9 u.e) que aporta las filtraciones del túnel son ácidas a las aguas de salida del embalse que presenta un pH de 3,8 u.e, mejoran notablemente la calidad de las aguas, incrementando el pH (6,1 u.e.) a niveles próximos de neutralidad de acuerdo a los valores establecido en los ECA para la Categoría 4 y 3, lo que favorece e notablemente a las condiciones del ecosistema en la zona media y baja del área de influencia del embalse.

Alternativas de tratamiento

Las aguas ácidas del embalse necesitan un tratamiento químico que asegure el viraje del pH a rangos básicos sostenidos. La dosis a aplicar en los ríos ácidos como Millojahuiria y Patara sería

de 400 ppm de cal hidratada para obtención de $\text{pH} > 9,0 - 10,0$ como primera etapa durante un año, considerando el tiempo de retención estimado para el embalse y de 200-240 ppm como segunda etapa para asegurar el pH básico previamente obtenido en el embalse, este tratamiento es permanente y de por vida, dada la naturaleza ácida de los afluentes.

La dosificación propuesta de álcali en cada punto asegura el viraje de las aguas a rangos básicos con lo que se asegura la remoción de la mayoría de metales por los cambios de valencia al ser oxidados y asegurar de este modo su precipitación.

Las aguas contenidas en el embalse tienen diferentes valores de pH : en zonas muertas frente a la desembocadura de los ríos ácidos el pH está entre 3,5 – 3,9; frente al río Tocco está entre 7,6 – 7,8; dentro del Embalse los valores encontrados de pH están entre 4,0 – 4,2; cercana a la estructura de salida el pH sube a rangos de 6,0 – 6,5 por auto recuperación natural (fenómenos de aireación y turbulencia). El pH descargado de Pasto Grande levanta hasta niveles de $\text{pH} > 7,2$ luego de la mezcla con aguas básicas del túnel Jachacuesta y de los bofedales de la zona de Humalso.

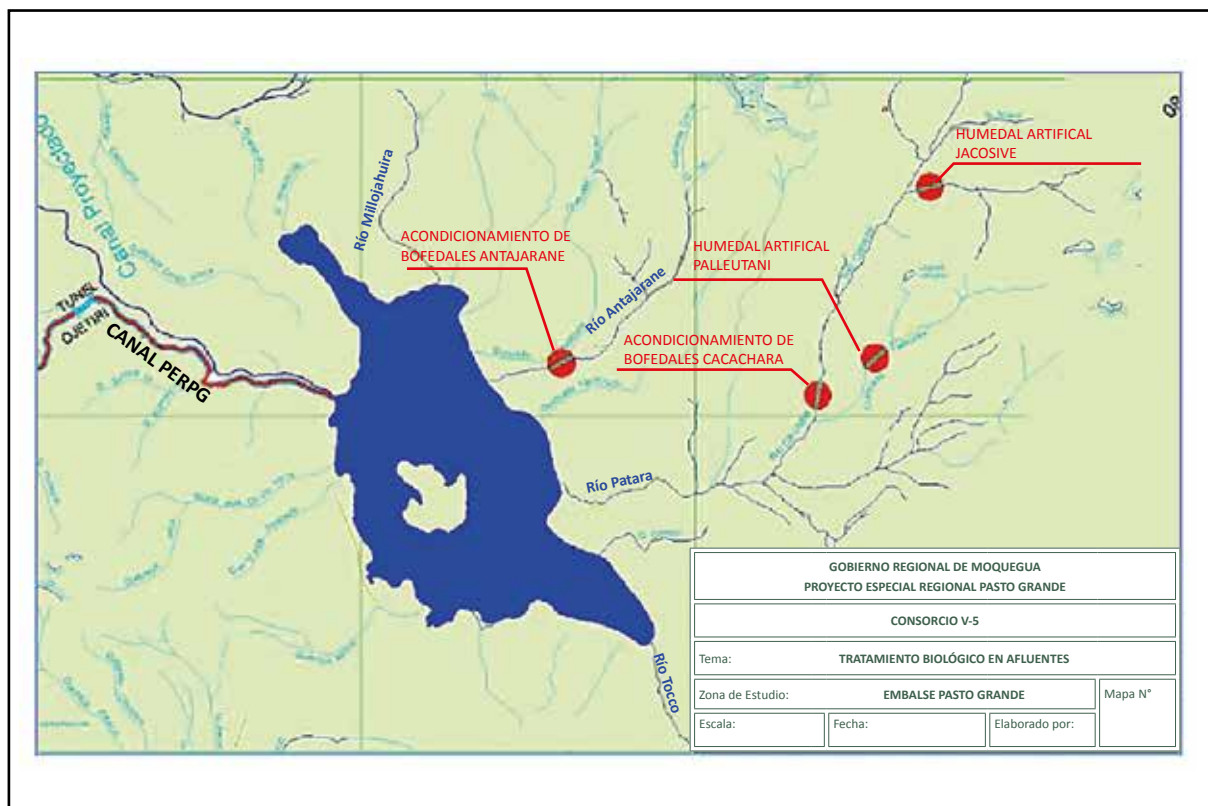


Figura 3. Esquema de ubicación y tratamiento biológico

Fuente: Resultado de análisis y seguimiento PERPG

CONCLUSIONES

- Se evidencia una amenaza real por la contaminación al embalse de Pasto Grande con drenaje ácido de roca (medio natural) de los ríos de Millojahuirá y Antajarane y del drenaje ácido de mina (antrópico) del río Patara, que aportan el 68% de agua al embalse versus 32% de aguas de buena calidad del río.
- En conjunto mezclados en el embalse dando un pH ácido de 5,795 promedio ponderado anual.
- Por el momento, no provoca un caos generalizado, porque se mezcla con los aportes hídricos de la naciente del río Humalso y el agua de la salida del túnel Jachacuesta cuyo caudal es de aproximadamente de 800 L/seg.

- Este alivio, sin embargo, no es sostenible con la presencia del cambio climático y una sequía prolongada que disminuye el caudal de los ríos e incrementa la contaminación y la concentración de metales pesados.
- La acidez presente en las aguas de la presa pasto grande pueden agravarse, con tendencia a bajar hasta por debajo 3-4 de pH en periodos de estiaje, mientras tanto se conservará latente en periodos de tiempo húmeda, por lo que es necesario tratar las aguas por biorremediación a fin de reducir los costos con insumos presente en la macrorregión sur del Perú.

Agradecimientos: al Proyecto Especial Pasto Grande, por proporcionarnos documentación técnica (*).

Contribuciones de autoría: en el proceso de la concepción, diseño del artículo, redacción del artículo, análisis y la revisión crítica del artículo está a cargo de Francisco Sucapuca con vínculo laboral con el Proyecto Especial Regional Pasto Grande; mientras tanto la interpretación de los datos fue con la participaron de los especialistas: José Díaz, Magda Mogrovejo y Gabriel Pérez, sin vínculo con el PERPG (consultores contratados).

Conflicto de interés: los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consorcio V-5. Mejoramiento de la Calidad del Agua del embalse Pasto Grande, Moquegua. PERPG. Moquegua; 2013.
2. Ley 29338 - Ley General de Recursos Hídricos. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 31/03/2009).
3. Decreto Supremo 003-2010-MINAM - Aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 17/03/2010).
4. Resolución Directoral 3930-2009/DIGESA/SA - Aprueba la Directiva Sanitaria para la Interpretación de Resultados de Ensayo de Calidad de Agua. (Publicado en la web: www.digesa.minsa.gob.pe, el 24/09/2009).
5. Decreto Supremo 002-2008-MINAM - Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 31/07/2008).
6. Ley 27446 - Ley del Sistem Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 23/04/2001).
7. Decreto Supremo 001-2010-AG - Aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 24/03/2010).
8. Ley 26842 - Ley General de Salud. (Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 20/07/1997).

Correspondencia: Francisco E. Sucapuca Sucapuca

Dirección: Urb. E. López Albújar G-6 II Etapa, San Antonio, Mariscal Nieto, Moquegua 18001 - Perú

Correo electrónico: sucapucaf@hotmail.com