



TOMO N° 7

CARACTERIZACIÓN CONSOLIDADA DEL ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

ESTUDIO MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
EMBALSE PASTO GRANDE DISTRITO CARUMAS, PROVINCIA
MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA

2012

VCHI S.A.

Contrato N° 002-2012-GG-PERPG

Consortio

 **acciona**
Ingeniería

V-5

TOMO 7

CARACTERIZACIÓN CONSOLIDADA DEL ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. GENERALIDADES.....	1
III. ANTECEDENTES.....	1
IV. CARACTERIZACIONES FÍSICA, QUÍMICA, BIOLÓGICA, HIDROBIOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE.....	2.
V. CARACTERIZACION, METEREOLÓGICA, HIDROLOGICA E HIDROGEOLOGICA.....	13
5.1 METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS.....	13
5.2 GEOLÓGICA E HIDROGEOLOGÍA.....	13

CARACTERIZACIÓN CONSOLIDADA DEL ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

I. INTRODUCCION

El Estudio de Mejoramiento de la Calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande, obedece al gran deterioro existente de las aguas desde el año en que se inició el llenado de la presa, y en la etapa de su operación de descarga desde el año 1995 hasta la fecha, producto de recepción de aguas ácidas de origen natural de algunos afluentes, presencia de contaminación metálica que obedece a las actividades mineras en explotación y de pasivos ambientales, así como la gran área superficial del embalse con coeficiente de evaporación elevada que ayuda a concentrar los elementos indeseables que impactan negativamente la calidad de las aguas.

El presente documento se elabora en base a los estudios realizados durante el periodo de ejecución del proyecto que se inicia en el año 2012, y teniendo como referencia los estudios previos de la problemática existente dado a conocerse con la mortandad de los alevinos de truchas y de la coloración rojiza de las aguas del embalse.

En el proyecto desarrollado se presenta propuestas de remediación para la recuperación de la calidad de las aguas del embalse a nivel de perfil, teniendo en consideración tratamiento de orden físico químico y biológico en los afluentes, embalse mismo y recomendaciones para el tratamiento a nivel de descarga antes de su ingreso a las plantas de tratamiento.

II. GENERALIDADES

La calidad de las aguas del embalse han venido mostrando un deterioro sostenido siendo respuesta de una serie de factores que han venido manifestándose con el tiempo; sin embargo estas muestras de cambio no fueron consideradas en su momento por desconocimiento o simplemente por la falta de una correlación adecuada por existir componentes nuevos tales como deglaciación y el meteorismo que afectan en forma conjunta las rocas mineralizadas expuestas.

III. ANTECEDENTES

En el diseño original del embalse no fue considerado algunos cambios de pH en el agua embalsada a pesar de que los aportes de algunos ríos fue ácido en forma permanente tal como el caso del río Millojahuirá. Sin embargo este factor ha tomado un valor muy importante debido a que las condiciones de meteorismo, deglaciación y evaporación han hecho que las características del embalse sufran cambios muy variados afectando la calidad físico química, biológica, hidrobiológica y microbiológica además de características de entorno ecológico que mantenga un sistema de vida continuo y sostenible

CONSORCIO V-5

Biga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Arapuren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP.

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55272

IV. CARACTERIZACIONES FÍSICA, QUÍMICA, BIOLÓGICA, HIDROBIOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

La calidad física, química de las aguas de los afluentes principales del embalse Pasto Grande, permite apreciar y determinar el origen y causas que contaminan las aguas del embalse.

Las características físicas, químicas y biológicas de los afluentes son analizadas desde su composición y del impacto que generan en el ecosistema del embalse Pasto Grande.

Seguidamente se presentan las características determinantes de calidad que demuestran las causas de deterioro de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande, desde los orígenes de las fuentes contaminantes, del impacto que se produce en las aguas del embalse y durante recorridos hasta los centros poblados de Ilo y San Antonio..

4.1 Afluentes Al Embalse Pasto Grande

4.4.1 Río Millojahuiria

Aspectos Físicos y Químicos:

- ◇ La calidad de las aguas en la micro Cuenca del río Millojahuiria, se encuentran alteradas desde la naciente del río (parte alta de la micro cuenca) hasta antes del ingreso al embalse Pasto Grande, con aguas ácidas producto de los suelos mineralizados donde discurre y de los aportes de aguas ácidas sub-superficiales de características termales.
- ◇ La característica principal de las aguas del río Millojahuiria, es la acides que varía entre 3.0 a 3.5 u.e, originada por diversas causas, una de ellas, por las formaciones de lixiviados de rocas mineralizadas existentes en la zona alta de la microcuenca, principalmente con compuestos piritosos; adicionalmente, el aporte de manantiales con aguas ácidas; se suma a la formación de aguas ácidas, el efecto climático con las variaciones de temperaturas que dan lugar a la desglaciación en la zona alta, dejando expuestas a rocas mineralizadas anteriormente estables. Las aguas ácidas formadas dan como resultado el estado de disolución de los compuestos mineralizados que se encuentran especialmente en la zona alta y a lo largo del cauce del río, con predominancia del ión hierro y aluminio en altas concentraciones, los que son descargados a las aguas del embalse afectando la calidad de sus aguas.
- ◇ Las aguas ácidas del río Millojahuiria presenta principalmente algunos metales como el hierro, aluminio, manganeso, níquel y zinc, 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.
- ◇ En el recorrido de las aguas del río Millojahuiria, se produce por efecto natural, la aireación de las aguas que genera la oxidación del hierro, impartiendo la tonalidad rojiza parduzca a las aguas y cauce del río.
- ◇ La tendencia del pH en el tiempo y en función a una base de datos desde el año 2005, el pH se encuentran por debajo de 4 u.e, siguiendo la línea de tendencia de incremento de acides en el valor reportado en el muestreo del año 2012 (tanto para la periodo de avenidas y periodo estiaje).
- ◇ La tendencia histórica del sulfato, aluminio y hierro, es de incremento para las aguas en futuros cercanos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la información evaluada.

CONSORCIO V-5
Bga. Ivette Avarita Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

- ◇ Las aguas del río Millojahuiria hidroquímicamente son aguas que varían entre cálcicas sulfatas y sulfatadas, con predominio del ión sulfato.
- ◇ El río Millojahuiria aporta con contaminación metálica al embalse, en el orden de 45.45%, dato preliminar, ocupando el 1er. lugar en el orden de afluentes que deterioran la calidad de las aguas del embalse, debido a su contaminación de origen natural.

Aspectos Biológicos:

- ◇ Las aguas de la Micro Cuenca del Río Millojahuiria son ácidas desde la parte alta de la Micro Cuenca hasta ingresar a las aguas del Embalse Pasto Grande
- ◇ Las aguas presentan concentración de fitoplancton más representado por diatomeas seguido de clorophytas, en ambos monitoreo; lo que no constituye un río muerto; ya que también existen comunidades zooplanctónicas representados aunque en cantidades mínimas.
- ◇ La coloración rojiza que en algún momento pudiera darse en este afluente no puede ser por causas biológicas debido a la concentración mínima de los dinoflagelados
- ◇ La zona donde entrega sus aguas al embalse Pasto Grande, genera corrientes y depósitos de elevado contenido metálico en los sedimentos, teniendo como potencial de alto riesgo como la re suspensión de los hidróxidos férricos 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; biológicamente esta conclusión fisicoquímica genera preocupación debido a la alta cantidad de materia orgánica encontrada a este nivel. Así mismo los niveles de Toxicidad en el punto de salida de Millojahuiria es altamente tóxico lo que pudiera haber generado la mortandad de otras especies mayores tales como los peces.
- ◇ El nivel de ficotoxinas es bajo en correlación con las cianobacterias presentes en el sistema de modo moderado siendo los niveles promedio de 0,820 ug/L y 1.223 ug/L en avenida y estiaje respectivamente no habiendo indicios de eutroficación actual.
- ◇ El nivel de clorophylla A es bajo en Millojahuiria teniendo niveles de 6.543 mg/m³ y 10.17 mg/m³ siendo valores bajos debido al efecto de la acidez del río, quedando especies con estructuras fuertes y dominancias sobre otras más vulnerables las que necesitan un medio de pH neutro para una mayor diversidad.
- ◇ Los indicadores de contaminación fecal tales como coliformes, *Escherichia coli* y Enterococos fecales estuvieron presentes en los monitoreos, especialmente elevados en el I Monitoreo, cabe mencionar que el II Monitoreo disminuye significativamente debido tal vez a las temperaturas, ya que a pesar de ser estiaje disminuyen.
- ◇ La calidad biológica basada en el Índice diatómico General nos indica que Millojahuiria es de polución moderada en el I y II Monitoreo excepto en el punto 38 del II Monitoreo que aparece como aguas de buena calidad en relación al fitoplancton.
- ◇ El Índice IDG tienen la mayor expresión es decir de predominancia de diatomeas es el E-38 perteneciente al Sector Millojahuiria, en el segundo monitoreo (B), mientras que en el I Monitoreo lo fue en el sector de Antajarane.

Existe una estrecha relación del PH ácido con la disminución de la comunidad de fitoplancton y macro bentos no siendo así con la comunidad de zooplancton

4.4.2 Río Antajarane

Aspectos Físicos y Químicos:

- ◇ Las aguas de la micro Cuenca del río Antajarane en la naciente, parte alta de la cabecera de la Micro Cuenca, presentan como indicador de calidad, el valor de pH alcalino; son

CONSORCIO V-5

Biga Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

aguas claras y de bajo contenido salino. No presenta metales que superen los Estándares de Calidad de Aguas en las Categorías 3: Riego de vegetales y Bebida de Animales y la Categoría 4- Conservación del medio Acuático

- ◇ Las aguas del río Antajarane son afectadas en su primer tramo de recorrido por aguas ácidas de fuentes desconocidas que disminuyen el pH a rangos de ligera acides.
- ◇ 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 ácidas del río Antajarane, presentan contenido metálico de cobre, níquel y zinc, en cantidades no tan significativas que superan los lineamientos de los ECAs para las Categorías 3 y 4.
- ◇ Las aguas del río Antajarane en el periodo de estiaje, presentan concentraciones de metales en niveles mayores comparados con el periodo de lluvias.
- ◇ Se observa que durante el monitoreo realizado en época Estiaje (Julio 2012), las aguas superficiales del curso principal de la Micro Cuenca del Río Antajarane adoptan las características de su calidad con el aporte significativo de la quebrada Hualcane (afluente principal del río Antajarane); observándose un tendencia ascendente de sus concentraciones al igual que los resultados del monitoreo realizado en época de avenidas (Abril 2012). Asimismo, la calidad del agua del manantial que aporta aguas al curso principal no tiene influencia significativa en su calidad.
- ◇ Existe tendencia ascendente de los niveles de acides para las aguas del río Antajarane.
- ◇ La tendencia del pH en el tiempo y en función a una base de datos desde el año 2005, el pH del río Antajarane, se encuentran con tendencia a incrementarse la acidez por debajo de 3.2 u.e, siguiendo la línea de tendencia de incremento de acides en el valor reportado en el muestreo del año 2012, tanto en el periodo de avenidas y periodo de estiaje.
- ◇ La tendencia histórica del sulfato, aluminio y hierro en el río Antajarane, es de incremento debido a la contribución de las aguas del río Hualcane que presentan elevado contenido metálico.
- ◇ Las aguas de la microcuenca Antajarane; hidroquímicamente indican predominio de iones aluminio calcio y sulfato siendo el sulfato el anión predominante en los cuerpos superficiales y el anión bicarbonato en las aguas del manantial G-88.(Copapujo).

El río Antajarane aporta con contaminación metálica al embalse, en el orden de 34.55 %, dato preliminar, ocupando el 2do. lugar en el orden de afluentes que deterioran la calidad de las aguas del embalse, debido a su contaminación de origen natura

Aspectos Biológicos:

- ◇ La calidad de las aguas del río Antajarane en su naciente presenta aguas de buena calidad, alcalinas, claras y de bajo contenido salino.
- ◇ 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 de PH aguas que son entregadas al embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5
Blanca Hysky Alvarado Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
C.I.P. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 41222

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
C.I.P. 55872

- ◇ Se observó que el sector de cercanía de Hualcane y Antajarane es una mixtura ya que se entremezclan las aguas sin ser definida la separación establecida en los mapas convencionales.
- ◇ Las aguas de la microcuenca Antajarane mantienen las mismas características de Millojahuirá
- ◇ La coloración rojiza que en algún momento pudiera darse en este afluente de Antajarane no puede ser por causas biológicas debido a la concentración mínima de los dinoflagelados
- ◇ Los niveles de Toxicidad en el punto de salida de Antajarane es altamente tóxico mayor que la zona de Millojahuirá lo que pudiera haber generado la mortandad de otras especies mayores tales como los peces. También existe la preocupación de la re suspensión debido a la posición y generación de corrientes debido a que en sedimentos también es el punto que tiene mayor toxicidad.
- ◇ El nivel de ficotoxinas es bajo en correlación con las cianobacterias presentes en el sistema de manera moderada siendo los niveles promedio de 0,640 ug/L y 0,778 ug/L en avenida y estiaje respectivamente no habiendo indicios de eutroficación actual.
- ◇ El nivel de clorophylla A es bajo en Antajarane pero mayor que Millojahuirá teniendo niveles de 12.41 mg/m³ y 12.962 mg/m³ siendo valores bajos debido al efecto de la acidez del río, quedando especies con estructuras fuertes y dominancias sobre otras más vulnerables
- ◇ Los indicadores de contaminación fecal tales como coliformes, Escherichia coli y Enterococos fecales estuvieron presentes en los monitoreos, especialmente elevados en el I Monitoreo, cabe mencionar que el II Monitoreo disminuye significativamente debido tal vez a las temperaturas, ya que a pesar de ser estiaje disminuyen.
- ◇ La calidad biológica basada en el Índice diatómico General nos indica que Antajarane es de polución moderada y hasta óptima en el I y el punto 43 en el II Monitoreo excepto es de contaminación muy fuerte respecto a la calidad en relación al fitoplancton. Esto nos ayuda a entender que hay diferentes comportamientos en las estaciones de avenida y estiaje o en periodos trimestrales lo que refuerza la necesidad de hacer un monitoreo de vigilancia por lo menos cada trimestre.
- ◇ El Índice IDG tienen la mayor expresión es decir de predominancia de diatomeas es el E-45 perteneciente al Sector Antajarane, mientras que en el segundo monitoreo (B), la estación que presenta mayor IDG es la E-38, perteneciente al Sector Millojahuirá.

Existe una estrecha relación del PH ácido con la disminución de la comunidad de fitoplancton y macro bentos no siendo así con la comunidad de zooplancton.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

4.4.3 Río Patara

Aspectos Físicos y Químicos:

- ◇ La calidad del agua del río Patara en su nacimiento, presenta valores alcalinos de pH, aguas que son afectadas inicialmente por aguas de un manantial identificado como E-27 y por las aguas de su principal afluente, el río Cacachara, que se conforma de ríos y quebradas que reciben aguas ácidas de mala calidad y que su incremento del deterioro, al pasar por zonas de mina.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguén Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11222

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55372

- ◇ El río Cacachara en su nacimiento formado por bofedales, presenta aguas ácidas con valor de 3.1 u.e. de pH, manteniéndose en esos rangos al pasar pasivos ambientales como bocaminas y desmontera.
- ◇ El río Cacachara recibe como afluente al río Acosiri, que presenta aguas ácidas producto de su formación.
- ◇ Las aguas del río Acosiri, desde su nacimiento en bofedales y al recibir un afluente natural ácido en la zona, ya presenta acidez entre 4.8 y 3.0 u.e. de pH en los dos periodos estacionales respectivamente, manteniendo el valor de pH cuando pasa en su recorrido por zonas mineras en 5 estaciones de control.
- ◇ El río Cotañani afluente del río Acosiri, es formado por los bofedales en su nacimiento (E-01 y E-02) que son alimentados con aguas ácidas de pH entre 5.3 y 4.6 u.e. respectivamente, observándose que el pH disminuye aún más, en una proporción del 34.7% luego de pasar por zonas de labores mineras, llegando a valores muy ácidos de pH 3.0 u.e., cuando van a ser descargadas al río Acosiri. El río Acosiri es afluente del río Cacachara, y éste último es afluente del río Patara.
- ◇ El contenido de sales disueltas expresadas también por la conductividad eléctrica, de sulfatos y fosfatos, medidos en las aguas de los ríos que conforman la Micro Cuenca del río Patara, presentan valores superiores al de los ECAs, para las Categorías 3 y 4, en algunas estaciones de control del río Acosiri.
- ◇ El contenido metálico en las aguas de la microcuenca del río Patara, es menor a lineamiento de los ECAs, a excepción del cadmio y cobre, que se origina en el río Acosiri.
- ◇ Las aguas en la micro cuenca del río Patara presentan contenido de aluminio, debido principalmente por el aporte del río Acosiri que es afectado por la presencia de aguas sub superficiales en la estación E-07 y al paso de la zona de la mina en las estaciones E-08 y E-09 en proporciones de 41 y de 6 veces respectivamente de su concentración inicial. Concentraciones que son significativamente disminuidas en un 62% por la dilución con las aguas del río Cotañani.
- ◇ En su recorrido el río Cacachara recibe el aporte de las quebradas Jacosive y Palleutane, logrando reducir la concentración de aluminio, hierro, cadmio, cobre y zinc. El níquel en el río Patara se logra diluir hasta concentraciones menores de los lineamientos de los ECAs.
- ◇ La tendencia química de las aguas del río Patara indican el progresivo y elevado incremento de la acidez del pH de las aguas antes de su ingreso al embalse y el elevado incremento de aluminio y sulfatos.
- ◇ Según la evaluación hidroquímica, las aguas de la quebrada Cotañani son de tipo cálcica-magnésica-sulfatada, de la quebrada Acosiri indican son cálcicas sulfatadas en las nacientes y sulfatadas aguas abajo; las aguas de la quebrada Cacachara, predomina los iones calcio y sulfato, incrementando a solo sulfato después de su confluencia con la quebrada Acosiri; las aguas en las nacientes del río Patara son sódicas-bicarbonatadas, variando hasta antes de ingresar al embalse con aguas cálcicas-sulfatadas.
- ◇ El río Patara aporta con contaminación metálica al embalse, en el orden de 19.62%, dato preliminar, ocupando el 3er. lugar en el orden de afluentes que deterioran la calidad de las aguas del embalse, debido a su contaminación de origen natural y antrópica.

De acuerdo a los resultados presentados, se aprecia que la carga metálica preliminar contaminante a las aguas del embalse Pasto Grande se produce en el siguiente orden:

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 25762

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 25772

CONSORCIO V-5

Blga. Hilda Yáñez Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

Aportes Preliminar De Cargas Metálicas Al Embalse Pasto Grande

CONTRIBUCIÓN DE CARGA METALICA Y OTROS				PORCENTAJES DE APORTES POR AFLUENTES
ORDEN	PROCEDENCIA	TM/AÑO	ORIGEN DE CONTAMINANTES	
1ero	Río Antajarane	2,512.44	NATURAL	45.45 %
2do	Río Millojahuirá	1,910.27	NATURAL	34.55 %
3ero	Río Patara	1,084.73	NATURAL + ANTROPOGÉNICA	19.62 %
4to	Río Tocco	21	NATURAL	0.38 %

Los porcentajes obtenidos en esta etapa preliminar de evaluación indican que un 80.38 % corresponden a contaminación natural provenientes de los ríos Antajarane, Millojahuirá y Tocco; y un 19.62% corresponde a contaminación natural + contaminación antrópica proveniente del río Antajarane.

- ◊ La determinación del porcentaje de contaminación antropogénica aportante de contaminación metálica, se debe principalmente a los drenajes existentes en los tramos donde se ubican las instalaciones mineras de la Unidad Minera Santa Rosa y a los pasivos ambientales; para lo cual, corresponderá efectuar una evaluación exhaustiva y permanente, de drenajes mineros, fenómeno de la autopurificación por aireación de las aguas que oxida los metales y por efecto de dilución por aguas limpias, que contribuyen a disminuir las concentraciones a lo largo de la microcuenca especialmente del río Cacachara , principal afluente contaminador de las aguas del río Patara.

Aspectos Biológicos:

- ◊ Las características de la calidad del agua en la Micro Cuenca del Río Patara registradas en el I y II monitoreo presentan características ácidas con concentraciones de metales totales.
- ◊ En Patara existe la tendencia a incrementar las concentraciones de metales en época estiaje.
- ◊ Se observó que el sector de Patara es el afluente con mayor cantidad de tributarios siendo no homogéneo las características de Patara.
- ◊ En el sector Patara hay dominancia de diatomeas diatomeas con un 96%, además se presenta en todos los puntos de Patara cianobacterias siendo las especies más representativas Anabaena sp y Oscillatoria sp., las que más prevalecen.
- ◊ El sector del Río Patara presenta 26 taxas representativas, de las cuales Lecane acus; Neonatos de diplostraca y Podocopica son las especies más frecuentes en los puntos E09 (después de la Mina) y E22 estas especies tienen una cubierta tal que los protege de manera significativa a cierto tipo de contaminación de metales, es interesante ver que a pesar de la alta carga de contaminación metálica en el punto
- ◊ Las especies de cianobacterias Oscillatoria, Anabaena, demuestran que es aquí en el Río Patara que se recupera la cantidad de algas a diferencia de los puntos anteriores relacionados con el impacto de pasivos minerales de la Mina Santa Rosa de Aruntani; por ello se puede decir que el impacto de Acosiri y la quebrada Cacachara disminuyen debido a los volúmenes del Río Patara.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martín Franzén Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 14763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11922

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

- ◇ Las comunidades de algas, especialmente cianobacterias disminuyen considerablemente en los puntos 9 en el Río Acosiri, después de las operaciones de la mina, lo mismo que en punto 15 después de los desmontes de la Quebrada Cacachara especialmente en el II Monitoreo donde la concentración de metales pesado también se incrementó; pero no desaparecen en el sector ya que Patara y el sector de Jacosice y Palleutane aportan una buena calidad de aguas biológicamente hablando y equilibran nuevamente la presencia del fitoplancton y demás comunidades.
- ◇ La coloración rojiza que en algún momento pudiera darse en este afluente de Patara no puede ser por causas biológicas debido a la concentración mínima de los dinoflagelados
- ◇ Los niveles de Toxicidad en el sector de Patara es altamente tóxico mayor que la zona del punto E9 que corresponde a un punto mayor de 0,96%, es decir 0,96% de agua del Río Acosiri lo elimina a más del 50% de la población modelo. Además el punto 15 muestra una toxicidad alta de 1.07 % de toxicidad agua, y a pesar de los tributarios la toxicidad del Punto E36 que es la salida de Patara hacia el embalse también presenta toxicidad alta por menos en el I Monitoreo.
- ◇ La toxicidad de los sedimentos relacionados a los afluentes, se observan resultados más confiables por la inmovilidad del sedimento y la fotografía histórica de la toxicidad. Siendo que el Río Antajarane presenta una toxicidad alta debido a la reducida LC50% que se necesita para eliminar el 50% de población. Otros puntos del Embalse incluyendo la salida de Patara y la Salida del Embalse están como Ligeramente tóxicas.
- ◇ El nivel de ficotoxinas es bajo en correlación con las cianobacterias presentes en el sistema tiene niveles promedio de 1.772 ug/L y 1.639 ug/L en avenida y estiaje respectivamente no habiendo indicios de eutroficación actual, sin embargo en Acosiri las ficotoxinas 4 ug/L y 4.3 ug/L niveles altos en relación a los de Patara siendo contradictorio por la poca cantidad de fitoplancton especialmente cianobacterias generadoras de toxinas, mientras que en la zona de la quebrada de Cacachara y río Cacachara los niveles son de 0,5 ug/L y 1.8ug/L incrementándose ligeramente en el II Monitoreo.
- ◇ El nivel de clorophylla A son los más altos en Patara y en el ecosistema en general teniendo niveles de 28.83 mg/m3 y 29.362 mg/m3 siendo valores significativos habiendo comunidades de algas de modo más equilibrado., en la quebrada de y Río Cacachara los valores de clorophylla son bajos siendo 4.8 mg/m3 y 4.834 mg/m3 debido a la disminución significativa de fitoplancton
- ◇ Los indicadores de contaminación fecal tales como coliformes, Escherichia coli y Enterococos fecales estuvieron presentes en los monitoreos, especialmente elevados en el I Monitoreo, cabe mencionar que el II Monitoreo disminuye significativamente hasta llegar a ausencia de los principales indicadores, siendo presentes bacterias heterotróficas que nos da un nivel de ensuciamiento que nos ayuda hacer trazabilidad de las mismas al ingreso de las plantas de tratamiento, siendo sus valores presentes salvo en el Río Cacachara.
- ◇ La calidad biológica basada en el Índice diatómico General nos indica que Patara es muy diverso habiendo zonas de polución muy fuerte a débil, en el I Monitoreo el punto E27 correspondiente a Río Patara correspondiente a la naciente formación de varios manantiales es determinada como zona muy contaminada a nivel del agua superficial.
- ◇ Existe una estrecha relación del PH ácido con la disminución de la comunidad de fitoplancton y macro bentos no siendo así con la comunidad de zooplant Las aguas de la Micro Cuenca del Río Millojahuira son ácidas desde la parte alta de la Micro Cuenca hasta ingresar a las aguas del Embalse Pasto Grande

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRICOLA

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55372

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

- ◇ Las aguas presentan concentración de fitoplancton más representado por diatomeas seguido de chlorophytas, en ambos monitoreo; lo que no constituye un río muerto; ya que también existen comunidades zooplanctónicas representados aunque en cantidades mínimas.
- ◇ La coloración rojiza que en algún momento pudiera darse en este afluente no puede ser por causas biológicas debido a la concentración mínima de los dinoflagelados
- ◇ La zona donde entrega sus aguas al embalse Pasto Grande, genera corrientes y depósitos de elevado contenido metálico en los sedimentos, teniendo como potencial de alto riesgo como la re suspensión de los hidróxidos férricos 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; biológicamente esta conclusión fisicoquímica genera preocupación debido a la alta cantidad de materia orgánica encontrada a este nivel. Así mismo los niveles de Toxicidad en el punto de salida de Millojahuirá es altamente tóxico lo que pudiera haber generado la mortandad de otras especies mayores tales como los peces.
- ◇ El nivel de ficotoxinas es bajo en correlación con las cianobacterias presentes en el sistema de modo moderado siendo los niveles promedio de 0,820 ug/L y 1.223 ug/L en avenida y estiaje respectivamente no habiendo indicios de eutroficación actual.
- ◇ El nivel de clorophylla A es bajo en Millojahuirá teniendo niveles de 6.543 mg/m³ y 10.17 mg/m³ siendo valores bajos debido al efecto de la acidez del río, quedando especies con estructuras fuertes y dominancias sobre otras más vulnerables las que necesitan un medio de pH neutro para una mayor diversidad.
- ◇ Los indicadores de contaminación fecal tales como coliformes, Escherichia coli y Enterococos fecales estuvieron presentes en los monitoreos, especialmente elevados en el I Monitoreo, cabe mencionar que el II Monitoreo disminuye significativamente debido tal vez a las temperaturas, ya que a pesar de ser estiaje disminuyen.
- ◇ La calidad biológica basada en el Índice diatómico General nos indica que Millojahuirá es de polución moderada en el I y II Monitoreo excepto en el punto 38 del II Monitoreo que aparece como aguas de buena calidad en relación al fitoplancton.
- ◇ El Índice IDG tienen la mayor expresión es decir de predominancia de diatomeas es el E-38 perteneciente al Sector Millojahuirá, en el segundo monitoreo (B), mientras que en el I Monitoreo lo fue en el sector de Antajarane.
- ◇ Existe una estrecha relación del PH ácido con la disminución de la comunidad de fitoplancton y macro bentos no siendo así con la comunidad de zooplancton.

4.4.3 Río Tocco

Aspectos Físicos y Químicos

- ◇ La calidad de las aguas del río Toco son afectadas por el manantial (estación E-46) que descarga sus aguas en la naciente del río Tocco, aguas que son ligeramente ácidas, con valor de pH menor al ECA – Categoría 3 y 4.
- ◇ Las aguas del río Tocco en la estación E-47, antes del ingreso al embalse, son aguas de pH neutro con valor de 8.1u.e., valor que fue recuperado en su recorrido por los suelos y bofedales de la zona, alcanzando valores dentro del lineamiento establecido por los ECAs, Categoría 3 y 4.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Ananguén Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55.72

CONSORCIO V-5

Ing. Mayra Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

- ◇ Las aguas del río Tocco, son aguas claras de mediana salinidad y con bajo contenido metálico.
- ◇ Las aguas del río Tocco tiene como ión predominante al bicarbonato y como cationes predominantes al calcio y sodio.
- ◇ El río Tocco aporta con contaminación metálica al embalse, en el orden de 0.38 %, ocupando el 4to y último en el orden de afluentes que deterioran la calidad de las aguas del embalse, debido a su contaminación de origen natural.

Aspectos Biológicos

- ◇ Las aguas del río Tocco son consideradas como aguas de buena calidad física y química por las características que presenta.
- ◇ Las aguas del río Tocco, en la evaluación del periodo estacional de estiaje, han presentado características de aguas alcalinas.
- ◇ La coloración rojiza no se debe al afluente de Tocco no se da por causas biológicas debido a la concentración mínima de los dinoflagelados
- ◇ Los niveles de perifiton y macro invertebrados son los mayores en esta zona de Tocco, pero no se encontró peces de ningún tipo.
- ◇ Los niveles de Toxicidad en los puntos de Tocco nos indican que no son lugares tóxicos, incluyendo los sedimentos de Tocco, sin embargo en el I monitoreo si se dio cierto nivel de toxicidad. Lo que cree a la necesidad de usar este parámetro de modo más frecuente.
- ◇ El nivel de ficotoxinas en Tocco es relativamente bajo respecto al ecosistema siendo 1.223 ug/L y 1.352ug/L en avenida y estiaje.
- ◇ El nivel de clorophylla A es alto en Tocco son 12.70 mg/m³ y 12.09 mg/m³ menor que Patara y los valores de Acosiri, Bofedal y Cotañañi pero mayor que Millojahuirra teniendo niveles de 12.41 mg/m³ y 12.962 mg/m³ siendo valores semejantes a los de Antajarane por la presencia de clorophyceas y mucho mayor que en la zona de Millojahuirra: Solo hay ligera toxicidad en el Punto E47 de Tocco.
- ◇ Los indicadores de contaminación fecal tales como coliformes, Escherichia coli y Enterococos fecales estuvieron presentes en los monitoreos, especialmente elevados en el I Monitoreo, cabe mencionar que el II Monitoreo disminuye significativamente excepto en el punto E47 donde corresponde a la trocha carrozable y se corresponde con la presencia de Toxicidad.
- ◇ Los helmintos llegaron a ser 37 HH/L disminuyendo a 9 HH/L en el II Monitoreo.
- ◇ La calidad biológica basada en el Índice diatómico General nos indica que Tocco es de polución moderada y hasta óptima en el I y el punto 43 en el II Monitoreo excepto es de contaminación muy fuerte respecto a la calidad en relación al fitoplancton.

Existe una estrecha relación con el incremento del pH alcalino con el incremento de la comunidad de fitoplancton y macro bentos no siendo así con la comunidad de zooplancton

4.5 Aguas del Embalse Pasto Grande

CONSORCIO V-5

 Bióloga Haydee Alvarino Flores
 BIOLOGA
 CBP. 2531

- ◇ La calidad física y química de las aguas del embalse, indican que son aguas ligeramente ácidas con tendencia al incremento de la acidez de acuerdo a la evaluación de tendencia

CONSORCIO V-5

 Ing. Victor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

 Ing. Martha Alejandra Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

 Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5

 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO

histórica, los valores varían de 4.6 a 6.5 u.e., valores de pH menor al valor establecido en los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA) para la Categoría 4. Conservación del Medio Acuático (Lagos y Lagunas).

- ◇ Los perfiles longitudinales del embalse Pasto Grande indican que la calidad física y química del agua en la superficie, parte media (30% de la superficie) y en la profundidad (80% del nivel de la superficie) no varía significativamente; por lo que se asume que existe una mezcla homogénea en el embalse.
- ◇ 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 Estiaje (Julio 2012); lo caracteriza en general valores de pH entre ácidos y neutros; con altas concentraciones de elementos metálicos de aluminio, arsénico, hierro, silicio y zinc. 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 resuspensión ante factores climáticos adversos, que podría afectar la calidad de las aguas superficiales del embalse.
- ◇ En las zonas de ingreso de los afluentes al embalse, se aprecia arrastre de sedimentos, disminuyendo el nivel de transparencia en comparación con las zonas centrales que son aguas más claras, favorecido por el tiempo de residencia de las aguas en el embalse.
- ◇ El contenido elevado de metales en los sedimentos no compactados, genera un riesgo potencial de resuspensión debido a fenómenos naturales como variación de temperaturas, eólicos o por descarga brusca de caudales a la salida del embalse, lo que podría afectar la calidad de las aguas del embalse.

4.6 Descarga 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 a las aguas ácidas a las aguas a la 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 ECAs 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.

Bofedales

- ◇ El efecto de remediación natural existente en la Pampa Humalso, se puede apreciar en el siguiente cuadro de porcentajes de remoción metálica.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CSP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apaella Nalvarie
ING. AGRÍCOLA
CIP 11629

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 5572

PORCENTAJES DE REMOCION Y/O DILUCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES POR MANANTIALES Y BOFEDALES (E-62 y E-67) Julio 2012																
Aluminio	Arsénico	Boro	Bario	Calcio	Cobalto	Cobre	Hierro	Potasio	Litio	Mg	Manganes o	Níquel	Fósforo	Silicio	Estroncio	Zinc
39.2	-50.0	33.8	26.7	12.5	50.0	22.2	29.6	11.8	33.3	69.8	36.6	37.5	0.0	-12.1	14.5	64.8

La remoción de metales por efecto de discurrir las aguas del embalse por la zona de los bofedales en la Pampa Humalso, se produce una remoción preliminar con datos promedio del 38.% para este dato puntual de medición de metales pesados, mejorando la calidad del agua.

◇ Plantas de Tratamiento

En las plantas de tratamiento de agua potable de Chen Chen y Pampa Inalámbrica, se logra remover en mayores porcentajes el manganeso, hierro, bario, aluminio principalmente.

PLANTA DE TRATAMIENTO	PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE METALES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (Julio 2012)								
	Aluminio	Boro	Bario	Calcio	Hierro	Potasio	Litio	Magnesi o	Mangane so
CHEN CHEN	2.13	3.91	17.07	-1.10	56.68	2.36	7.69	2.46	75.51
PAMPA INALAMBRICA	9.09	3.67	8.57	5.62	-677.27	1.66	2.78	0.98	83.33

◇ Canal Ite

Las aguas del canal Ite que ingresa a la Planta de Tratamiento de Cata Catac, presenta elevado contenido de boro, hierro, manganeso y arsénico, con valores que superan el ECAs para la Categoría 1- A2.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apollia Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

V. CARACTERIZACION, METEREOLÓGICA, HIDROLOGICA E HIDROGEOLOGICA

5.1 Meteorológicas e Hidrológicas

Las condiciones climáticas e hidrológicas del área de influencia del Proyecto tienen influencia en la temperatura y el ciclo hidrológico. Desde el punto de vista de la temperatura se sabe que estas son en extremo bajas lo cual dificulta la velocidad las reacciones químicas, presentándose por otro lado, las máximas precipitaciones de la cuenca desde sus nacientes. Las aguas de escorrentía arrastran los diversos materiales conformantes del suelo. La calidad del agua se ve afectada por las actividades humanas y condiciones naturales, de manera tal que confluyen en el embalse una serie de sustancias contaminantes.

Es conocido que los diversos cursos de agua que llegan al embalse son de diferente composición, sumado a esto, la presencia de aguas termales y de la desglaciación.

Es de conocido también, que los ríos del sur contienen sustancias salinas y bóricas, lo cual la hace impropia para diversos tipos de uso y para lo cual se requiere su tratamiento.

Volviendo al tema del clima, su temperatura no es continua durante el día, pudiendo lograrse temperaturas de 12 o más grados durante el día, que permite la evaporación por lo extenso de las aguas del embalse, provocando tensión superficial favorable a este fenómeno.

Es de saber, que las pendientes de los cursos de agua aportantes, son suaves, de tal manera que los flujos son predominantemente laminares, excepto las épocas de mayores precipitaciones.

Respecto de la calidad del agua, es menester, determinar las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos y estaciones definidas y con frecuencias constantes de manera tal que se pueda establecer el modelamiento correspondiente.

Los parámetros a determinar deben ser analizados por uno o más laboratorio-s que sea-n debidamente acreditados, recomendando mantener los mismos laboratorios.

Es preciso también contar con personal calificado y apropiadamente entrenado en toma de muestras y en análisis de laboratorio, así también entrenado en aforo de caudales y batimetría del embalse. Junto a lo expresado, hay que considerar la determinación de los parámetros meteorológicos, como: la temperatura, precipitación, humedad relativa, evaporación y velocidad y dirección de los vientos.odo ello, permitirá contar con una data histórica solvente como para aplicar diversos tipos de modelos aplicables al ámbito de influencia del embalse.

En suma, la información básica, homogénea e histórica nos permitirá la aplicación de modelos de calidad del agua aplicables al embalse, que sirva a la toma de decisiones de los directivos del Proyecto Especial Pasto Grande.

5.2 Geológica E Hidrogeológica

En la caracterización geológica e hidrogeológica del área del embalse Pasto Grande, en la subcuenca del río Vizcachas y sus afluentes, se proponer un modelo conceptual del funcionamiento del sistema acuífero existente para explicar de manera razonable las causas y efectos que producen las aguas subterránea respecto a la contaminación de las aguas, y a la vez exponer los argumentos fundamentales que sustentan esta situación con aspectos de geología y geoquímica que explican las diversas relaciones agua-suelo-roca y su incidencia en la calidad del agua en el embalse.

CONSORCIO V-5

Biga. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
QBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarte
ING. AGRÍCOLA

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

La concepción hidrológica e hidráulica primigenia del Proyecto Pasto grande, en su inicio probablemente evaluó solo la disponibilidad de los recursos hídricos existentes y se diseñó la capacidad del embalse teórico para los objetivos planteados. Sin embargo, se desconocía sobre los efectos mediatos que podrían ocurrir al almacenar grandes masas de agua, cuya calidad viene siendo impactada desde hace pocos años por causas de la contaminación natural y antropogénica que no se conocían plenamente, pero que su efecto actual, pone en grave riesgo el uso de sus aguas para los fines que fueron planteados

De acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio se ha determinado exceso de sustancias y elementos químicos contaminantes en el embalse y de algunos afluentes como en las aguas provenientes del sector Norte y Noreste en las micro cuencas de los ríos Millojahuirá, Hualcane y Antajarane que son atribuidas a procesos de contaminación por lixiviación natural en el ámbito geológico de las cabeceras de cuenca en los cerros con presencia de zonas mineralizadas y alteración hidrotermal, surgencias de aguas termales ácidas. En la microcuenca del río Cacachara, la contaminación ocurre por el desarrollo de actividad minera, pero también por procesos naturales. Sin embargo, para comprender la naturaleza de los procesos que contaminan las aguas del embalse se ha requerido, entre otros, de estudios geológicos, hidrogeológicos y geoquímicos.

Las diferentes formaciones geológicas a nivel regional y que constituyen la zona de estudio en la subcuenca del río Vizcachas son antiguas y datan del Terciario, vale decir, desde el Terciario Inferior hasta el Cuaternario Reciente. Presentan características litológicas y estructurales muy particulares, representadas principalmente por rocas volcánicas extrusivas y rocas sedimentarias; actuando sobre estos materiales rocosos, procesos geodinámicos, tanto internos como externos, y que siguen operando en la región, modificando las formaciones rocosas de acuerdo al mayor o menor comportamiento geomecánico.

La geología de la subcuenca del río Vizcachas y de sus microcuencas, está dominada mayormente por rocas volcánicas de las formación Volcánicos Barroso y los volcánicos y sedimentarios de la formación Capillune, las que presentan amplia distribución en toda la Región y su incidencia en los procesos geológicos que causan la contaminación del embalse es determinante, por la propia naturaleza litológica y mineralógica de estos volcánicos.

El calentamiento global está también está afectando directamente a los glaciares existentes en esta parte del Perú. Este fenómeno es de conocimiento y dominio mundial y actualmente viene siendo estudiado y monitoreado por el INGEMMET, las Naciones Unidas y diversas entidades internacionales interesadas en conocer el fenómeno y sus consecuencias, una de las cuales es precisamente el retroceso y desaparición de antiguas zonas glaciares, que exponen terrenos de diversa naturaleza.

En la cuenca del río Vizcachas existen aguas superficiales, subterráneas y termales, que constituyen recursos hídricos importantes para el desarrollo de la Región. El interés particular por el estudio del agua subterránea se debe a la necesidad de llegar a conocer el grado de influencia que tiene el medio geológico sobre éstas, así como llegar a establecer las interrelaciones entre las aguas superficiales, subterráneas y termales, dada la problemática actual sobre la calidad del agua del embalse Pasto Grande. La presencia de volcanes activos causa que las aguas termales contengan anomalías minerales que alteran de forma natural la composición del agua fría que discurre normalmente por sus cauces hacia el embalse. Las surgencias de aguas subterráneas y termales que alimentan a los pequeños ríos en la subcuenca del río Vizcachas contienen altos niveles de algunos elementos contaminantes y metales pesados que afectan la calidad de las mismas, proceso que continúa desarrollándose cuando drenan finalmente en el embalse Pasto Grande.

En el área de proyecto existe, pues, un sistema hidrogeológico regional constituido principalmente por el acuífero de la formación Maure. Sin embargo, el sistema acuífero local está conformado por

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 2522

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 19022

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55172

CONSORCIO V-5
Ing. Alvarito Flores
INGENIERA GEÓLOGA
CIP. 2531

dos tipos de acuífero. Primero, por acuíferos en medio poroso dispersos sobre las quebradas y pampas en toda el área altiplánica, constituyendo acuíferos freáticos detríticos en depósitos fluvioglaciares, coluviales, aluviales y bofedales no consolidados. Segundo, por acuíferos fracturados en lechos rocosos sedimentarios y volcánicos, destacando de manera especial el acuífero Capillune.

Dentro de los factores que contribuyen a la contaminación del embalse se tiene el impacto producido por los fluidos termales provenientes de aguas subterráneas termales de origen profundo y/o meteórico, y su vertido desde distintas fuentes hacia los cursos superficiales de drenaje natural, los que contribuyen en diverso grado con la contaminación de las aguas del embalse Pasto Grande. El sistema fuente termal se reconoce en la naciente del río Millojahuirá y el curso superior de este río, así como dos surgencias de agua termal: la primera, ubicada en las inmediaciones de Caironi y las surgencias del sitio denominado Aguas Calientes, que da origen a un pequeño arroyo que desemboca en el río Patara. Todo el volumen generado por estas aguas termales, finalmente, desemboca en el embalse Pasto Grande.

Por otra parte, los trabajos de investigación preliminares han permitido reconocer las interacciones roca-suelo-agua por medio de herramientas geoquímicas y mineralógicas con el fin de entender la dinámica de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos en el embalse y su implicancia en la contaminación del agua almacenada.

Los resultados preliminares de este estudio muestran que en la Región se produce un transporte poco activo de materiales en el ámbito de la subcuenca del río Vizcachas a partir de los afluentes, por lo que se genera relativamente poca acumulación de sedimentos en el embalse.

La presencia de agua termal que se mezcla con agua fría en los cauces de los ríos y quebradas, cambian la calidad del agua superficial que finalmente llega al embalse, adicionándole elementos contaminantes. Existe, por tanto, una estrecha relación entre la mineralogía de las rocas volcánicas, tipos de suelos generados con la calidad de las aguas corrientes y las aguas del embalse y los sedimentos de fondo del mismo.

En general, la contaminación en la subcuenca del río Vizcachas ha afectado en diverso grado a los recursos hídricos y suelos. Las aguas del embalse, obviamente se han ido contaminando paulatinamente, por lo que sus parámetros físico-químicos, como el pH y conductividad eléctrica, entre otros, ha variado negativamente, hasta la situación actual de poner en grave riesgo su uso.

Desde la década pasada, ya se había determinado exceso de sustancias y elementos químicos contaminantes en el embalse Pasto Grande. Las aguas superficiales provenientes del sector Norte y NNE de la subcuenca, de manera particular las provenientes de las micro cuencas de los ríos que drenan directamente al embalse como el Millojahuirá, Hualcane y Antajarane presentaban niveles de contaminación natural desde ámbito de las cabeceras de cuenca en los cerros que anteriormente estaban cubiertos con nieve. Debido al proceso de desglaciación se tiene presencia de zonas mineralizadas con alteración hidrotermal, así como surgencias de aguas termales ácidas.

El desarrollo de la actividad minera en la microcuenca del río Cacachara y sus afluentes menores, es un factor al que se le atribuía la posible causa de este proceso, pero a la luz de los actuales resultados de los diversos análisis de aguas, suelos y rocas de la subcuenca, la contaminación causada por la actividad minera es menor frente a la contaminación natural. Si bien en la microcuenca del Cacachara existe fuerte grado con la contaminación de las aguas, estas al desembocar al Patara originan la dilución de la contaminación, siendo así que las aguas del Patara que desembocan directamente al embalse lleguen con buena calidad.

Por otro lado, la composición química de las aguas subterráneas puede aportar una información muy valiosa sobre el comportamiento hidrogeológico regional, principalmente del flujo subterráneo. Para ello se requiere contar con una buena red de pozos y piezómetros, que permitan proporcionar

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRÍCOLA

15

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO

Blga. Dayde Alvarito Flores
MÓLOGA
CBP. 2531

información sobre el flujo de agua en el subsuelo y la calidad de la misma. En el área de estudio no se tiene suficiente información histórica y carece de infraestructura vital para la evaluación hidrogeológica del sistema acuífero, y solo ha sido posible analizar local y parcialmente la calidad hidroquímica del acuífero superficial en la zona de cabecera de la microcuenca del río Cacachara en la zona de mina Santa Rosa, cuyos resultados permiten concluir que existen aguas subterráneas afectadas por la contaminación antropogénica y natural.

Para el resto de la subcuenca del río Vizcachas, solo se cuenta con escasos datos de la calidad del agua de algunos manantiales y bofedales. Si bien estos últimos son manifestaciones del agua subterránea, por ser receptores de agua de los diversos afluentes de la red hidrográfica, los resultados de los análisis de agua no son representativos sobre la calidad del agua subterránea propiamente dicha. Solo el agua de los manantiales podría proporcionar una idea general sobre la calidad de estas aguas, basándose en los análisis ICP-OES con los cuales se podría establecer algunas relaciones preliminares entre suelo, subsuelo y agua subterránea y su incidencia sobre la calidad de las aguas del embalse.

La influencia del agua subterránea vertida en superficie sobre la calidad de las aguas del embalse simplemente es positiva por ser aguas de buena calidad. La incidencia de las aguas subterráneas contaminadas como las provenientes de las cuencas Cacachara y Millojahuirá, definitivamente es negativa, y depende de factores como volúmenes vertidos al medio y la carga química que llevan.

Definitivamente, para establecer la influencia de las aguas subterráneas en el acuífero superficial o profundo, desde la zona de mina hasta el embalse se requiere un monitoreo desde la cabecera de microcuenca ya través de los ríos Cacachara y Patara. Se estima que la influencia de estas aguas subterráneas de la zona de mina sobre la calidad de las aguas del embalse es nula, dada la lejanía entre ambos puntos y porque el flujo de aguas subterráneas es demasiado lento ocurriendo, además, un proceso de autopurificación de las aguas en el subsuelo de manera natural.

Las aguas superficiales presentan una situación diferente pues el impacto es mediato a inmediato dependiendo de la distancia y las condiciones particulares de la zona. Así, por ejemplo, el flujo menor de aguas fuertemente contaminadas del río Cacachara al verterse en el río Patara, de mayor caudal y buena calidad, diluye el nivel de contaminación con que llegan las aguas del Cacachara, teniéndose como resultado final, que las aguas del río Patara lleguen al embalse en buenas condiciones. La evaluación de su carga metálica así lo confirma. De igual manera, se ha investigado la influencia de las aguas termales procedentes de la microcuenca del río Millojahuirá y, la incidencia de las aguas subterráneas sobre las aguas del río Hualcane. Las aguas del río Tocco son de buena calidad y en su microcuenca deben existir aguas subterráneas de similar naturaleza..

La calidad de las aguas subterráneas con la calidad de los afluentes del embalse esta en relación directa, es decir, si las aguas de los flujos subterráneos son de buena calidad ayudaran a mejorar la calidad de las aguas de los afluentes del embalse, como es el caso de los manantiales existentes en la subcuenca, Contrariamente, las aguas termales, como las existentes en la cabecera de microcuenca del Millojahuirá, en general, contribuyen negativamente en el desmejoramiento de la calidad de las aguas superficiales, crean condiciones para la generación de drenaje ácido, es decir, incrementan la mala calidad de las aguas superficiales ya contaminadas por otros procesos. Por tanto, en la subcuenca del río Vizcachas solo las aguas termales, por su mala calidad, inciden negativamente en las calidad de las aguas de los afluentes, y por tanto, en la calidad de las aguas del embalse mismo.

Respecto a la calidad del agua y la litología, de acuerdo a los análisis ICFP-OES y los análisis petrográficos de las rocas volcánicas presentes en el área de proyecto, en general, la composición química del agua superficial en las cuencas altas varía respecto a las aguas en las cuencas bajas. Se observa que ciertos elementos minoritarios incrementan sus valores como el Al y Si, pero existe variabilidad especialmente en Pb, As y Zn.

CONSORCIO V-5
Blga. Marycely Alvarrillo Flores
INGENIERA BIÓLOGA
C.I.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
C.I.P. 54763

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO

Como conclusión final, basados en los estudios de la hidroquímica de las aguas de la región, se evidencia que existe un control litológico y climático, pero localmente en las zonas mineralizadas existe incidencia de la actividad antropogénica y los procesos naturales y presencia de aguas termales. Las condiciones climáticas de ser una zona fría y semidesértica determina el grado incipiente de alteración de los silicatos, componentes mineralógicos de las rocas volcánicas. La litología netamente volcánica presente en la subcuenca del río Vizcachas constituye el factor dominante que impone una señal de la química de las aguas superficiales de la Región, y la misma naturaleza de los remanentes de esta misma actividad volcánica a nivel regional incide en la presencia de aguas termales.

Los resultados de los análisis de sedimentos de fondo realizados durante las dos campañas de muestreo y monitoreo han brindado la información pertinente para la caracterización preliminar de estos sedimentos, los cuales contienen elevados niveles de Fe que contribuyen con formación de flóculos de hierro, que se resuspenden temporalmente proporcionando la coloración rojiza a marrón rojiza que muestran las aguas del embalse frente a un cambio en la dinámica ambiental.

La investigación de la problemática ambiental de la contaminación de los sedimentos de fondo, por la gran importancia que tiene este embalse, y por la magnitud de la problemática de deterioro de las aguas, ha requerido de una evaluación integral de las causas que afectan la calidad de las aguas para valorar el nivel de contaminación por elementos trazas y elementos mayoritarios.

Singular mención tienen las altas concentraciones del hierro (Fe) en el embalse, cuyo origen es principalmente litogénico, y su área de mayor aporte proviene del lado Norte y Noreste de la cuenca, donde en la cabecera se ubican zonas mineralizadas y alteración hidrotermal, remanentes de actividad minera antigua y minería reciente. Solo un mínimo porcentaje de Fe tendría origen antropogénico. La fuente del hierro, aluminio y sílice son los mismos materiales rocosos, en cuya composición petro-mineralógica presentan minerales de óxidos de hierro y minerales silicatados con componentes de hierro, que alcanzan porcentajes entre el 2 hasta 8 % en las andesitas y latitas

Las acumulaciones de metales en los sedimentos, a futuro, probablemente se incrementen debido a la escasa circulación que presenta el agua en este ecosistema artificial. Los elementos con mayores concentraciones están asociados principalmente con el hierro. Los valores de las concentraciones del hierro son bastante altos, y los niveles más elevados fueron apreciados en las estaciones frente a los ríos Mollojahuira, Hualcane - Antajarane y mucho menos frente al Patara, existiendo una relación directa entre la concentración del hierro con el aluminio y el arsénico, manteniéndose la siguiente relación: **Fe** mayor que el **Al**, mucho mayor que el **As**.

Los estudios geoquímicos preliminares muestran con claridad las relaciones roca-suelo-agua y las relaciones suelo-subsuelo-agua subterránea, por lo que se recomienda continuar con estudios más detallados utilizando esta herramienta, a fin de caracterizar la dinámica del proceso de erosión con el transporte de sedimentos y elementos metálicos y sustancias contaminantes desde las áreas fuente hacia el embalse. Además, existe una compleja relación entre las aguas frías y termales, la mezcla entre éstas, y su incidencia en la contaminación de las aguas que circulan superficialmente en la subcuenca del río Vizcachas.

Definitivamente, la naturaleza del ambiente geológico volcánico con presencia de zonas mineralizadas que por procesos naturales producen contaminación de suelos y aguas, tiene la mayor incidencia en el comportamiento de las aguas y sedimentos en el embalse Pasto Grande.

Finalmente, de manera categórica, y a la luz de los análisis hidroquímicos, geoquímicos y la naturaleza geológica de los terrenos y las características del clima de la subcuenca del río Vizcachas, se puede inferir que la causa de la contaminación de las aguas del embalse es mayormente de origen litogénico o natural, siendo la participación antropogénica, debido a la actividad minera, de un orden mucho menor. Con el cierre de mina en Santa Rosa, las condiciones

CONSORCIO V-6

Bta. Payún Alvarado Flores
BIOLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-6

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6520

CONSORCIO V-6

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA

CONSORCIO V-6

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

del cese de actividades permitirán una remediación lenta y paulatina que incidirá positivamente, por tanto, habrá una tendencia al mejoramiento de la calidad de estas aguas en su entorno en el tiempo.

CONSORCIO V-5


Bla. Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5


Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5


Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5


Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11825

CONSORCIO V-5


Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 35972