



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



TOMO N° 1

INFORME FINAL DEL ESTUDIO: "MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUAS DE EMBALSE PASTO GRANDE DEL DISTRITO CARUMAS, PROVINCIA MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA"

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 1

**INFORME FINAL DEL ESTUDIO: "MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD
DE AGUAS DE EMBALSE PASTO GRANDE DEL DISTRITO
CARUMAS, PROVINCIA MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA"**

ÍNDICE

CAPITULO 1

Resumen Ejecutivo

CAPITULO 2

Aspectos Generales

CAPITULO 3

Revisión, Análisis y Procesamiento de Información

CAPITULO 4

Caracterización Física, Química, Biológica, Hidrobiológica y
Microbiológica en las Aguas del Sistema del Embalse Pasto Grande

CAPITULO 5

Tratamiento Físico, Químico, Biológico, Hidrobiológico y Microbiológico
de Aguas del Sistema del Embalse Pasto Grande

CONSORCIO V-5

CAPITULO 6

Evaluación y Selección de Alternativas de Tratamiento, Diseños y
Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento

Ing. Ricardo Apaella Navaric
ING. AGRICOLA
CIP. 11923

CONSORCIO V-5

CAPITULO 7

Modelamiento del Ecosistema y Ciclos Biogeoquímicos del Embalse
Pasto Grande

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CAPITULO 8

Conclusiones y Recomendaciones

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranda Ven Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 3476

CONSORCIO V-5

Blyu. Mayde Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 253

CAPITULO 1

RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO Nº1

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCION

El Embalse de Pasto Grande tuvo su origen en el represamiento de las aguas del Río Vizcachas en el año 1998 y su objetivo principal era en mantener la oferta hídrica de la población de Moquegua y Tambo en Arequipa. Estas aguas a pesar de los aportes ácidos de los ríos Millojahuirá, Patara y Antajarane siempre mantuvieron una excelente calidad mientras se mantuvo las condiciones climáticas favorables.

El presente trabajo muestra las acciones realizadas por el Consorcio V -5 y su grupo de Especialistas contratados para definir un plan de acciones referidas al mejoramiento de la calidad de las aguas contenidas en el Embalse Pasto Grande que han devenido en un deterioro sostenido de la calidad de sus aguas

Cada Especialista y su respectivo grupo de trabajo, ha recorrido y tomado evidencias de los puntos asignados para poder integrar una visión conjunta del problema y así poder elaborar un adecuado diagnóstico que integre las causas, efectos y pautas que puedan brindar una adecuada respuesta a los cambios observados en busca de una adecuada solución.

Se contó con la información entregada por el PERPG como parte previa a estos ensayos, la participación de personal del PERPG como dueños del sistema y el apoyo de algunas instituciones componentes del comité multisectorial creado para este fin.

Las muestras fueron tomadas en las nacientes, recorridos, bofedales, ingreso y salida del Embalse, aguas contenidas en el Embalse, muestras a lo largo del recorrido hasta las PTAP de Moquegua e Ilo hasta su desembocadura al mar.

Se investigó sobre los aportes de la contaminación en los ríos Millojahuirá, Antajarane, Patara y Tocco y correlacionándolos con sus afluentes, vertimientos y descargas en cada caso, teniendo especial cuidado en mantener el curso de cada afluente desde su origen hasta su ingreso al Embalse Pasto Grande. Las características observadas en cada punto y su interrelación con los puntos sucesivos y/o adyacentes nos dieron valiosa información sobre cuál era la tendencia de la calidad de las aguas embalsadas, su origen, comportamiento actual y su respuesta posterior en correlación con el medio circundante.

La información recibida del PERPG sobre análisis y estudios anteriores indicaban el deterioro progresivo de la calidad de las aguas del sistema, pero era en mucha información dispersa y faltaban mayores elementos de integración que permitan una visión global de los problemas observados.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angurén Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zardudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Biga. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Ayacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11623

Luego de los informes preliminares de cada Especialista se tuvo una mayor visión del problema del deterioro

El aporte ácido de algunos ríos se ha incrementado año a año debido al efecto de la Deglaciación y que se manifiesta en el retiro gradual y sostenido de la cubierta de hielo protector de las cumbres cordilleranas dejando desnuda la superficie de cerros mineralizados y que por acción del meteorismo oxidan a los compuestos sulfurosos y los metales presentes formando compuestos oxidados de hierro (Fe+3) y soluciones con abundante SO₂, los que al combinarse con agua de neblinas, lluvias o simplemente ser arrastradas por los ríos, se transforman en ácido sulfúrico de modo natural con su consiguiente acción devastadora. Esta es considerada como la mayor fuente responsable de la degradación a rangos ácidos de las aguas del Embalse.

La caracterización físico química de los puntos monitoreados puso en evidencia el tipo de aporte de cada punto y su interrelación con las variaciones encontradas en las aguas del embalse a lo largo del tiempo; las curvas de tendencia indican que la variación del pH en rangos ácidos, cada vez más bajos, es sostenida y se agrava cada vez que se presenta los llamados años secos o de sequia, según la información cruzada con los estudios de Hidrología y Meteorología. Es importante asimismo considerar que la evaporación o pérdida de volumen de agua almacenada contribuye a bajar más la acidez por efecto de la concentración de sales y elementos metálicos. Esta pérdida por evaporación se considera en el orden de 50 MMC anuales indiferente de ser año húmedo o seco.

La caracterización biológica demostró que los cambios generados en el Embalse en los años 2007-2008 fueron originadas por muchas causas una de ellas de tipo biológico; en la actualidad se considera que ninguna causa es biológica, sino al contrario el cambio biológico es consecuencia de todas las causas recurrentes naturales. Las algas del grupo de los dinoflagelados en los monitoreos del año 2012, se encuentran presentes en cantidades mínimas, por lo que no es posible que generen cambios a color rojizo en la superficie del agua.

La contaminación de origen natural y/o antropogénicas de las aguas que aportan al embalse Pasto Grande, en relación a los incrementos de la acidez, ha influido en la diversidad del ecosistema eliminando las comunidades hidrobiológicas, permitiendo que solo predominen especies con cierta protección morfológica. Estos estudios muestran, como se fueron alterando las condiciones de calidad de las aguas, al inicio en condiciones aptas para la vida acuática; y a posteriori, a condiciones de pérdida de calidad mostrando una clara tendencia a su deterioro sostenido. Según la definición biológica o categorización trófica de las aguas del embalse Pasto Grande, la degradación de la calidad de las aguas como parte esencial de vida se define actualmente como **mesotrófica** y con tendencia a cambios a un nivel de **oligotrófica**, es decir aguas exentas de la capacidad de albergar formas de vida natural, equivalente a aguas pobres.

Luego de tales consideraciones de parte de los Especialistas, se procedió a realizar ensayos de laboratorio buscando el tratamiento químico que pueda revertir la acidez del agua embalsada, determinando las dosis de álcali necesarias para conseguir en forma clara y definida su viraje a rangos básicos dentro del Embalse.

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,

2

CONSORCIO V-5

Dr. Cesar Lazcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 289

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
INGENIERO CIVIL
CIP. 11923

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zenudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 5858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguiz Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Hilda Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2631

asimismo que el sistema pudiera estar próximo a ser declarado en emergencia si las condiciones se mantienen.

Se considera como urgente el tratamiento químico de modo integral durante un año o dos como máximo (considerando el tiempo de retención dentro del Embalse) en los afluentes ácidos para revertir la acidez generada en las aguas embalsadas en muchos años y luego reducir el tratamiento a solo dosis de mantenimiento para neutralizar la acidez natural de los ríos aportantes; este tratamiento se estima será permanente.

En caso hipotético de emergencias o necesidad de acelerar el viraje del pH de las aguas ácidas del embalse a neutras, se plantea la aplicación de soda caustica con polimeros a las aguas del embalse, para asegurar el rápido cambio y posterior deposición y compactación de lodos en el lecho del embalse. Estos lodos tratados estarían fuertemente compactados para así asegurar su confinamiento y evitar la re suspensión con arrastre de metales en caso de cambios posteriores en las características de las aguas

Siendo que el llenado del Embalse depende de deshielos, aporte de lluvias, escorrentía de los ríos, pérdidas por evaporación y descargas reguladas del volumen almacenado, es necesario se mejore la gestión hídrica por parte del PERPG para reducir los efectos negativos que se generan de modo sostenido para optimizar y mantener el mejoramiento de las aguas del Embalse Pasto Grande.

El PERPG tiene como una de sus misiones asegurar que el Embalse Pasto Grande brinde la oferta de agua necesaria para cubrir la demanda de agua de la población bajo su alcance, considerando las variables de cantidad y calidad.

La calidad de las aguas embalsadas se ha deteriorado por factores de origen natural y antropogénico, lo que ha originado el viraje a rangos ácidos de sus aguas permitiendo la disolución de metales y la consiguiente pérdida de la biodiversidad, que sería estimada como variable indicadora de su deterioro.

A pesar de tener resultados de ensayos previos de hace buen tiempo, desde hace muy poco se ha tomado en consideración el factor de cambio de clima (entre ellas la deglaciación) como elemento importante a considerar por lo que aparentemente pasó como intrascendente la desaparición gradual de flora y fauna existente en el embalse

Una de las causas de tener una interpretación inexacta de la situación de deterioro de las aguas del Embalse es el hecho que de modo natural las aguas en la zona de descarga, están en rangos ligeramente ácidos pero que se neutralizan y toman rangos definidos como básicos luego de recibir aporte de las aguas del túnel Jachacuesta y de muchos bofedales de la zona, además del gran recorrido y pendiente que recorren, estas aguas hasta las captaciones en las PTAP de Moquegua e Ilo son favorecidas por la aireación. Estas aguas "estabilizadas" de modo natural no han ocasionado quejas por parte de ningún usuario hasta la fecha. El riesgo es que las aguas ácidas del Embalse puedan llegar a fluir sin modificación y sin oportunidad de cambios naturales cercanos a la descarga. Esta opción es posible si se presentan 2 años secos consecutivos, de allí la importancia de la toma oportuna de acciones.

CONSORCIO V-5
 Biga. Haydee Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 68858

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. César Escano Carreño
 BIÓLOGO
 C.B.P. 269

Es posible que las aguas ácidas del Embalse estén atacando las estructuras de la presa por la acción corrosiva de las aguas embalsadas, por lo que se sugiere acudir a un Especialista en corrosión para evaluar el posible daño a las estructuras.

Tratamientos

Para el mejoramiento de la calidad de las aguas del Embalse se plantea un tratamiento químico de ataque a nivel de afluentes ácidos para elevar el rango de pH ingresante al embalse a rangos de 9 - 10 u.e. para neutralizar progresivamente las cargas acidas de las aguas embalsadas tiempo estimado entre uno a dos años por el periodo de retención. 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 con el fin de mantener las condiciones básicas previamente obtenidas en el Embalse. En forma paralela se aplicaran tratamientos biológicos y mixtos en algunos afluentes reconocidos como aportantes de acidez para contribuir en el mantenimiento de la neutralización previamente alcanzada en las aguas del embalse. Es importante considerar que estos tratamientos serán permanentes por que los aportes ácidos son de origen natural. Otra forma sugerida es tratamiento biológico a nivel orillas del embalse cuando se recupere la calidad de las aguas del embalse

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.

En todos los casos se cuenta con las propiedades o características de auto purificación causadas por el viento sobre la superficie del embalse que contribuye con aportes de oxigeno que contribuyen a su estabilización.

Las aguas descargadas del embalse reciben aportes benéficos del túnel Jachacuesta y de los bofedales de la zona lo que sumado a la enorme gradiente hidráulica por la que discurre (descenso desde 4000 msnm y recorrido de casi 150 km) llegan a ser aguas de excelente calidad por lo que jamás dieron motivo de queja por calidad a sus usuarios.

El problema grave del embalse Pasto Grande está en la acidez de las aguas embalsadas y que continúa en deterioro permanente por que las condiciones ambientales se han agravado con los años. El tratamiento propuesto modificara las aguas acidas del embalse para llegar a niveles de neutralidad que propicien el desarrollo de flora y fauna propios de la zona en su concepción original y que cumpla con las características que exige la Ley General de aguas Clase II

Por las características del embalse se considera que mantiene su condición de llenado plurianual, lo que a veces obliga a tener conflictos de sobrecarga (rebose) o de dificultades para recuperación de niveles por lo se hace necesaria la participación de toda institución (regantes, ganaderos, industrias, EPS, usuarios en general) relacionada al recurso agua para juntos definir una política de descargas mas de acuerdo a su realidad.

CONSORCIO V-6

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP- 253-1

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apucilla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP- 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55372

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66458

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6539

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranduren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CAPITULO 2

ASPECTOS GENERALES

CONSORCIO V-6

.....
Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

.....
Dr. César Lazzano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-6

.....
Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Martha Anguilen Carhajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Cesar Zamorán Calderón
INGENIERO CIVIL
CIP. 31505

CAPITULO 2

ASPECTOS GENERALES

I. **NOMBRE DEL ESTUDIO:** MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE PASTO GRANDE, DISTRITO CARUMAS, PROVINCIA MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA.

II. **ENTIDAD CONVOCANTE:**

Nombre: Proyecto Especial Regional Pasto Grande
RUC: 20519923182
Representante Legal: Freddy Eloy Zeballos Núñez
Gerente General
Domicilio Legal: Km.03 Carretera Moquegua – Toquepala
Fuente De Financiamiento: Recursos Determinados.

III. **ENTIDAD EJECUTORA:**

Nombre: Consorcio V-5
RUC: 20546400485
Domicilio Legal: Av. Larco 383 6to Piso – Miraflores – Lima - Perú
Representante Legal: Ing. Víctor Chávez Izquierdo
Gerente General de VCHISA S.A.

CONSORCIO V-5
Bga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Ing. Esperanza Cárdenas Runzer
Gerente General de ACCIONA INGENIERÍA S.A.

CONSORCIO V-5

IV. **INSTITUCIONES INVOLUCRADOS EN ESTUDIOS REALIZADOS**

Las instituciones que se encuentran involucradas en el monitoreo, calidad y uso del recurso hídrico del Embalse Pasto Grande y sus afluentes son las siguientes:

PERPG : Proyecto Especial Regional Pasto Grande (Gobierno Regional Moquegua).
DIGESA : Dirección General de Salud Ambiental, sede Moquegua.
MINEM : Dirección Regional de Energía y Minas.
GRM : Gobierno Regional Moquegua.
ALAM : Administración Local de Aguas-Moquegua (Ministerio de Agricultura).
DIREPRO : Dirección Regional de Producción-Ilo (DIREPRO-Ilo).
MPMN : Municipalidad Provincial Mariscal Nieto.
IMARPE : Instituto del Mar del Perú. (Sede Moquegua).
DRAM : Dirección Regional de Agricultura Moquegua.
EPS : Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Moquegua e Ilo.
EPS : Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento ILO

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 24763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zuvarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

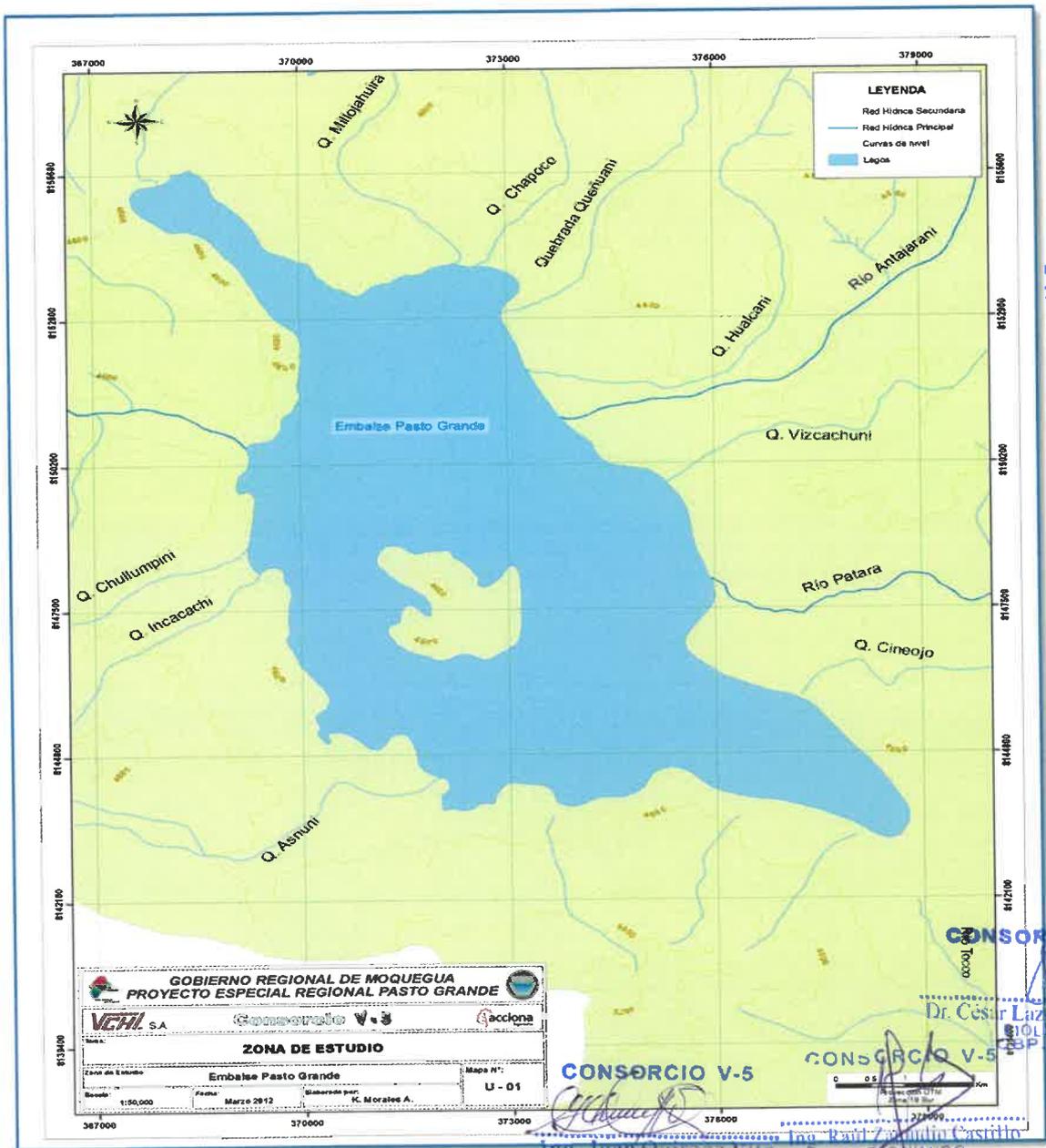
MDC : Municipalidad Distrital de Carumas
 JUDRM : Junta de Usuarios Distrito de Riego Moquegua
 JUDRT : Junta de Usuarios Distrito de Riego Torata

V. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

5.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

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.s.n.m, al este de la ciudad de Moquegua. Ver Figura N°1

Figura N°1:
 Mapa de Ubicación de la Zona del Embalse Pasto Grande



CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Alvarino Flores
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacilla Naivaric
 ING. AGRICOLA

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zumbado Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 2
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aranguren Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

Geográficamente el área está enmarcada en las coordenadas siguientes y en el Datún Horizontal - WGS 84: Ver Figura N°1

Cuadro ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1

Coordenadas UTM de ubicación del Proyecto

Norte	Este
8 144 000 8 156 000	369 0 378 000

5.2 AREA DE INFLUENCIA

Se circunda al área de la Sub Cuenca del río Vizcachas. El área de captación del río Vizcachas es de 447,49 Km2. El embalse Pasto Grande y las zonas adyacentes comprendidas en el aérea de estudio están situadas en los pisos ecológicos superiores denominados Paramo húmedo subalpino y Tundra. Existen dos formaciones, siendo la primera donde se extiende entre los 3 900 y 4 500 msnm y la segunda formación es extiende hasta alrededor de los 5000 msnm.

Además, el área de influencia abarca la cuenca de la descarga hasta el territorio de las zonas de la costa y de la sierra con alturas que varían desde los 0 metros hasta más de 4 000 metros sobre el nivel del mar. (Figura N° 2)

Figura N° 02: Area de Influencia - Ubicación Geográfica en el Departamento De Moquegua



CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carhaja
 INGENIERA QUIMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carréon
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 56872

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-6
 Blega. Haydée Alvarillo Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

5.3 VÍAS DE ACCESO

El acceso desde Lima es principalmente por la ciudad de Tacna donde se llega por vía área, para luego llegar a la ciudad de Moquegua por vía terrestre. Por la vía Torata se continúa hasta el embalse. El trayecto se recorre en aproximadamente 4 horas en vehículo liviano.

VI. MARCO DE REFERENCIA

6.1 ANTECEDENTES

El embalse Pasto Grande 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, constituyendo el tercer Embalse de mayor tamaño en el país.

El Embalse como se indica tiene poca profundidad, con una máxima de 8.0 m y una extensión superficial de 45 km². Se reportan como afluentes principales, dos afluentes que aportan aguas ácidas de origen natural en un aproximado del 30% siendo estos, los ríos de 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 autpurificación; adicionalmente el aporte del río Tocco que presenta 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 no existían restricciones y/o cumplimientos 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.

En el año 1991, se siembran alevinos 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 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 que alertó a las Autoridades de la Región de Moquegua y se conforma una Comisión Técnica Multi-Sectorial encargando el Monitoreo de la calidad de las aguas del embalse. En abril 2007 se realiza el estudio de calidad del embalse y se determinó valores bajos de pH en los ríos Millojahuira y Antajarane, y en el análisis predominan los nitritos y nitratos; y el hierro y aluminio en los ríos afluentes. 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 del 2008, se presentó el fenómeno denominado florecimiento algal, con cambios de coloración en las aguas.

En el año 2009, se contrata los servicios de ATLANTIS, para realizar los estudios a nivel de perfil de mejoramiento de la calidad del embalse.

En el año 2010 el PERPG obtiene el Perfil con Código SNIP N° 147098.

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 Estuquía y San Antonio.

CONSORCIO V-5
Bilga Herdte Alvarillo Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zúñudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 55858

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 35565

6.2 ANÁLISIS DE CAUDALES

En el cuadro siguiente de análisis de caudales de los afluentes, se determina que el 83% de los aportantes corresponde a 4 ríos: Millojahuira, Antajarane, Patara y Tocco; y la acidificación le corresponde el valor promedio anual de 5.795 u.e.

El uso anual del embalse se limita de 7 a 8 meses, los restantes meses es para el llenado de la presa.

Cuadro N°1

CAUDALES DE AFLUENTES AL EMBALSE PASTO GRANDE (M³/S)

AÑO	AFLUENTES DEL EMBALSE PASTO GRANDE (m ³ /s)					Q total
	Millojahuira	Antajarane	Patara	Tocco	Acumulado	
2005	0.507	0.351	0.896	0.456	2.210	2.889
2006	0.569	0.658	1.939	0.494	3.660	4.374
2007	0.386	0.297	0.637	0.366	1.686	1.818
2008	0.324	0.417	0.967	0.363	2.071	2.297
2009	0.373	0.410	0.895	0.348	2.026	2.181
2010	0.308	0.343	0.727	0.385	1.763	2.603
Q PROMEDIO	0.411	0.413	1.010	0.402	2.236	2.694
% Que representa	15.26%	15.32%	37.50%	14.92%	83.01%	100.00%

AFLUENTES DEL EMBALSE PASTO GRANDE					
Rio	Millojahuira	Antajarane	Patara	Tocco	Otros
%	15.26%	15.32%	37.50%	14.92%	16.99%
pH (u.e.)	3	3.3	6.5	7.5	7.5

pH anual (u.e.)	5.795
-----------------	-------

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, por la presencia de la Unidad Santa Rosa de la empresa minera Aruntani, que se encuentra en la etapa de cierre de mina.

VII. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

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.

CONSORCIO V-5
 Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apaella Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31423

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55872
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858
 CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530
 CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 3476
 CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565
 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázaro Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ◊ Evaluar, procesar e interpretar la información recopilada del Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERG) por el **CONSORCIO V-5** y de las diferentes Instituciones públicas y privadas que hayan efectuado estudios sobre el Embalse de Pasto Grande y Afluentes, tal que sirvan como complemento al trabajo que se realice durante la ejecución del estudio "Mejoramiento De La Calidad De Las Aguas Del Embalse Pasto Grande".
- ◊ Establecer y Ejecutar un Programa de Monitoreo e Investigación Integral de Calidad Física, Química y Biológica de las Aguas para los periodos estacionales de los componentes que conforman el Sistema Pasto Grande, afluentes desde su naciente, aguas y sedimentos del embalse y descarga de las aguas almacenadas hasta su recorrido hasta la ciudad de Ilo.
- ◊ Efectuar la caracterización física, química, hidrobiológica y microbiológica de las aguas de los afluentes que descargan al embalse Pasto Grande.
- ◊ Efectuar la caracterización física, química, hidrobiológica y microbiológica de las aguas y sedimentos almacenados en el embalse Pasto Grande.
- ◊ Efectuar la caracterización física, química, hidrobiológica y microbiológica de las aguas de la descarga de la presa del embalse Pasto Grande, a lo largo de su recorrido desde la salida hasta la ciudad de Ilo.
- ◊ Efectuar la caracterización meteorológica en el ecosistema del embalse Pasto Grande y sus componentes.
- ◊ Efectuar la caracterización Geológica e Hidrogeológica de la Sub Cuenca del río Vizcachas del embalse y sus afluentes.
- ◊ Evaluar alternativas de tratamiento Físico y Químico en el Sistema Pasto Grande en sus componentes, afluentes, embalse y descarga de la presa, diseño hidráulico de sus infraestructuras requeridas y sus costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativa seleccionada.
- ◊ Evaluar alternativas de tratamiento Biológico en el Sistema Pasto Grande en sus componentes, afluentes, embalse y descarga de la presa, diseño hidráulico de sus infraestructuras requeridas y sus costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativa seleccionada.
- ◊ Evaluar alternativas de tratamiento mixto: físico, químico y biológico en los componentes del Sistema Pasto Grande, afluentes, embalse y descarga de la presa, diseño hidráulico de infraestructuras requeridas y sus costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativa seleccionada.
- ◊ Efectuar el modelamiento del ecosistema y ciclos biogeoquímicos del embalse Pasto Grande para determinar el comportamiento del ecosistema en función de los factores y parámetros ambientales y de la alternativa seleccionada en base a modelos matemáticos.
- ◊ Proponer y desarrollar las mejoras que permitan la recuperación y control de la calidad de las aguas del embalse Pato Grande.

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Aparicio Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11023

VIII. MARCO LEGAL

Se tuvo en cuenta los siguientes lineamientos técnicos del marco legal que se presenta a continuación:

- Ley General del Ambiente N° 28611
- Ley General de Recursos Hídricos N° 29338

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zumbado Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Dr. César Lázcano Carreñ
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguen Carhaja
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

- Ley N° 26842, Ley General de Salud, indica que el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.
- Ley General de Salud N° 26842
- D.S. N°002-2008 – MINAM - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- D.S. 003-2010-MINAM- Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
- D.S. N° 010-2010-MINAM Aprueban Límites Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos de Actividades Minero- Metalúrgicas.
- Resolución Jefatural N°182-2011-ANA, Protocolo Nacional De Monitoreo De La Calidad En Cuerpos Naturales De Aguas Superficiales.
- Resolución Jefatural N°202-2010-ANA, Clasificación de los Cuerpos de Agua Superficiales y Marinos Costeros.
- Código Penal - Título XIII
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley 29338, Ley General de Recursos Hídricos.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314
- Reglamento de la Ley N° 27314, de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.
- Decreto Legislativo N°1065 del 28.06.08 que Modifica la Ley General de Residuos Sólidos.
- Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, del 22 de marzo de 2010 que aprueba la clasificación de los recursos hídricos ubicados en el territorio de la República del Perú.
- Resolución Directoral 3930-2009/DIGESA/SA, que aprueba la Directiva Sanitaria para la Interpretación de Resultados de Ensayo de Calidad de Agua.
- Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, aprobado mediante D.S. N° 031-2010-SA.
- Norma de Saneamiento OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacila Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55 72

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguiz Carvajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 24762

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CAPITULO 3

REVISIÓN, ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

CONSORCIO V-5


Bíloga Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5


Ing. Ricardo Apaclia Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5


Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55972

CONSORCIO V-5


Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65858

CONSORCIO V-5


Dr. César Lazcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5


Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5


Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 24720

CONSORCIO V-5


Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CAPITULO N°3

REVISIÓN, ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

I. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Regional de Moquegua (GRM) a través del Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG) ante la problemática de una posible contaminación de las aguas del Embalse Pasto Grande, producida por los afluentes que aportan al embalse, conformó una Comisión Técnica del Agua, conformada por un grupo Multi-Sectorial de la Región de Moquegua, para la elaboración de la Licitación Pública sobre el desarrollo del Estudio "Mejoramiento de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande", siendo otorgada posteriormente al **CONSORCIO V-5** en enero del 2012.

El estudio comprende varias etapas, siendo la de inicio, la colección y revisión y procesamiento de la información existente y disponible a la fecha.

II. INFORMACION RECEPCIONADA

La información proporcionada por el Proyecto Especial Regional Pasto Grande, compiló estudios realizados por el mismo Proyecto desde el año 2005 y estudios contratados a terceros desde monitoreos de aguas, diagnosticos y dieños a nivel de Pre factibilidad con el cual se aprobó el SNIP en su fase inicial.

Los estudios abarcaron Los Recursos Hídricos De Las Cuencas Moquegua Y Tambo, sub cuenca de los Ríos Millojahuira, Antajarane, Patara y Tocco, como caracterizaciones de aguas en aspectos físicos quomicos y biológicos .

Se eralizaron igualmente estudios Geológico Geotécnicos para la Construcción de Presa y Disipadores de Energía Estática para el río Millojahuira y Construcción de Bocatomas de Captación y Pozas Disipadoras en el río Antajarane y en el Río Patara para la Preservación de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande, así como para la Construcción de la Represa Osmore y Linea de Conducción para la Ampliación de la Frontera Agrícola en las Lomas de Ilo Provincia de Ilo, Región Moquegua. Ubicación : Río Osmore-Ilo.

Estudios que eran para proyecciones de aprovechamiento de Recursos Hídricos excedentes del rio Carumas para la Ampliación de la Frontera Agrícola y studios de Impacto Ambiental Sub Sistema Rio Chilota Vizcachas, canal Moquegua - Ilo Tramo Jaguay-Ilo, asi como de la Irrigación Lomas de Ilo, y los estudios base para Perfil de Inversión de la "Construcción de la Represa Osmore y Canal de Derivación hacia las Lomas de Ilo", para Perfil Del Proyecto De La Culminación De La Segunda Etapa Del Proyecto Especial Regional Pasto Grande. Además de estudios de Pre Factibilidad "Recuperación y Conservación de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande".-Estudio de Impacto Ambiental, entre otros.

En aspectos biológicos, se ahondo los estudios con evaluaciones Toxigénicas de Cianobacterias del Embalse Pasto Grande Mediante Ensayos Biológicos, análisis hidrobiológico y tuvo acceso a las evaluaciones Consolidadas De Resultados de la DIRESA, EPS, MUNIMOQ y PERPG de la Calidad de Agua de la Subcuenca Pasto Grande Gobierno Regional de Moquegua. 2009.

CONSORCIO V-5

ING. RICARDO AGRICOLA NAIVARTE
ING. AGRICOLA

CONSORCIO V-5
Biga. Haydeé Alvariano Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
C.P. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Marguere Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34762

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP: 31565

III. OBJETIVO

Procesar y evaluar la información recopilada por el **CONSORCIO V-5** del Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERG) y de las diferentes Instituciones públicas y privadas que hayan efectuado estudios sobre el Embalse de Pasto Grande y Afluentes, sirvan como una base y/o complemento al trabajo que se realice durante la ejecución del estudio "Mejoramiento de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande", en función a la variación observada de la tendencia histórica de calidad en el tiempo.

IV. CONSIDERACIONES GENERALES

De acuerdo a los Términos de Referencia, el presente informe comprende la recopilación y análisis de toda la información existente, como análisis de calidad de aguas, Informes, diagnósticos, evaluaciones, estudios de contaminación de aguas, etc. que tanto el PERPG como diversas instituciones públicas y privadas hayan efectuado en las aguas del embalse Pasto Grande y sus afluentes, relacionados con la caracterización meteorológica del ecosistema del embalse Pasto Grande.

La revisión, el análisis y procesamiento de la información permitirá:

- Tomar conocimiento de las gestiones ambientales realizadas hasta la fecha.
- Identificar problemas de calidad y la magnitud de los análisis
- Determinar las variaciones de los indicadores obtenidos en el tiempo en base a los análisis similares y en los mismos puntos de muestreo.
- Caracterizar la calidad física, química, microbiológica e hidrobiológica de las aguas con la información proporcionada.
- Conocer si la información es suficiente o si se requiere complementarla, actualizarla y/o confirmarla.
- Determinar criterios básicos del tratamiento que requieren las aguas para su descontaminación y las posibles alternativas de tratamiento que se desarrollarán posteriormente.
- Determinar las evaluaciones necesarias para identificar problemas a ser resueltos.
- Evaluar el manejo integral del sistema en función a los aspectos hidrológicos y poblacionales.

V. SÍNTESIS DE LA ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.1 EVALUACION DE LA INFORMACIÓN METEREOLOGIA

En esta fase del estudio se evalúan aspectos climáticos en el ámbito de influencia del Proyecto, tomando como referencia las estaciones meteorológicas siguientes:

Cuadro N° 02
Estaciones Meteorológicas

Estación	Tipo	Propietario	Coordenadas		Altura m s.n.m.	Ubicación			Período de Registro	Record años
			Latitud Sur	Longitud Oeste		Región	Provincia	Distrito		
Suches	CLI	Southern Perú	16°56'	70° 24'	4452	Moquegua	Mcal. Nieto	Carumas	1952 – 2009	57

CONSORCIO V-5
Rtga. Huidje Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP-2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zumudío Castillo
ING. DÚMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. María Angélica Carabajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 3476

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

Pasto Grande	CLI	Southern Perú	16° 56'	70° 13'	4550	Moquegua	Mcal. Nieto	Carumas	1952 – 2009	57
Titijones	PLU	SENAMHI	15° 47'	70° 33'	4500	Moquegua	Mcal. Nieto	Carumas	1952 - 2009	57

Fuente: SENAMHI– 2009.
 CLI = Climatológica.
 PLU = Pluviométrica

De todas ellas la estación Pasto Grande, se ubica dentro del ámbito de influencia directa del Proyecto y las estaciones Suches y Titijones, próximas a él. Las estaciones de Suches y Pasto Grande son climatológicas y están controladas por Southern Perú, la tercera estación de tipo pluviométrica es controlada por SENAMHI; todas ubicadas por arriba de los 4 300 msnm.

Las variables climatológicas, que registran las estaciones seleccionadas son:

- Temperatura promedio mensual (TPMME)
- Precipitación media mensual (TMME)
- Evapotranspiración media mensual (EVP TMME)
- Velocidad del viento (EVPP).
- Humedad Relativa

Con la abundante información se realiza la caracterización de las condiciones climatológicas en el ámbito del embalse Pasto Grande (PG), hallándose que éstas corresponden a características típicas de puna, para altitudes mayores a 4 000 msnm.

Por la altitud de la zona (4 400 – 4 600 msnm.) y a la latitud (16°50'), las condiciones climatológicas imperantes son extremas; las temperaturas del ambiente son bajas durante todo el año, la temperatura mínima desciende normalmente hasta 10 a 12°C por debajo del punto de congelación, mientras que la temperatura diurna varía entre 15 a 20°C.

Las bajas temperaturas ambientales se deben principalmente a la fuerte pérdida de calor por irradiación rápida a la atmósfera a través del aire enrarecido del Altiplano, pérdida que prevalece aun en los meses de verano, cuando la tasa de insolación es alta.

La humedad relativa es generalmente baja durante el día, pero aumenta en las noches llegando a veces al punto de saturación con la formación de escarcha en el suelo y en la vegetación.

Las tasas de evaporación en la zona del embalse, son elevadas; investigaciones realizadas en la zona de Tocco en 1983, permitieron establecer que la tasa promedio de evaporación anual que afecta a un bofedal es de 346 mm/año.

La tasa de precipitación anual en la región del altiplano, por lo general es mayor para terrenos elevados (cerros y cordilleras) que para terrenos bajos (pampas y planicies), lo cual explica en parte, las diferentes tasas de precipitación que se registran en pluviómetros ubicados en altitudes similares.

5.2 EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN DE HIDROLOGÍA

La hidrología del Embalse Pasto Grande corresponde al área de drenaje del río Vizcachas, con afluentes todos ellos sobre la cota de 4400 msnm, siendo los siguientes: ríos Vizcallococo, Millojahuira, Chapijoco, Queñuani, Antajarane y Hualcane, manantial Chijorani,, río Vizcachuni, manantial Ocoroni, río Patara, río Iricollo – Challajavira, Vilacollo, río Tocco, Manantial

CONSORCIO V-6
 Bi. H. H. Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lavayana Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Chapicoco, río Aznune (Anjo Anjo), manantial Japocalla, río Incacache – M. Esjullo, río Chuculpine, río Raymonduna.

Existen acuíferos en los depósitos cuaternarios que captan principalmente aguas de lluvia, granizo y nieve, formando las aguas subterráneas, las que descargan a la cuenca mediante manantiales, incrementando los caudales de los ríos en periodos de lluvias.

Las rocas volcánicas que rodean el valle se encuentran intemperizadas y fracturadas, dando lugar a acuíferos rocosos, así como las rocas piroclásticas (conglomerados que son impermeables). El nivel del acuífero se encuentran al fondo de las quebradas y el flujo de estas aguas es paralelo a los ríos superficiales.

Las aguas subterráneas están divididas en acuíferos de porosidad primaria, en depósitos cuaternarios constituidos por material morrénico coluviales y los bofedales, cubriendo los flancos de las quebradas. Los acuíferos de porosidad secundaria están constituidos por rocas intemperizadas que se encuentran desde las cumbres hasta el fondo de los valles.

El caudal de los ríos varía con las precipitaciones en los periodos de lluvias, llegando en conjunto entre 14 a 20 m³/s y disminuyendo en el periodo de estiaje a 0.60 m³/s, con el aporte principalmente de manantiales.

En cuanto a la infiltración de las aguas del embalse al sub suelo, no se dispone de información, sin embargo por la gran extensión del embalse se estima que la evaporación alcanza a los 38 millones de metros cúbicos por año.

Es importante indicar que se tiene el compromiso de descargar agua almacenadas de la Represa Pasto Grande a la Cuenca del río Tambo, el equivalente al rendimiento hídrico de la cuenca en el periodo de estiaje, cantidad que se descarga desde el canal de trasvase previo al túnel trasandino de Sachacuesta.

Seguidamente se muestra la Cuenca de influencia del Embalse Pasto Grande.

**Mapa N°2:
Cuenca del Embalse Pasto Grande
Distrito Carumas – Provincia Mariscal Nieto- Región Moquegua**

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Hugué Alvarado Flores
BIÓLOGO
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

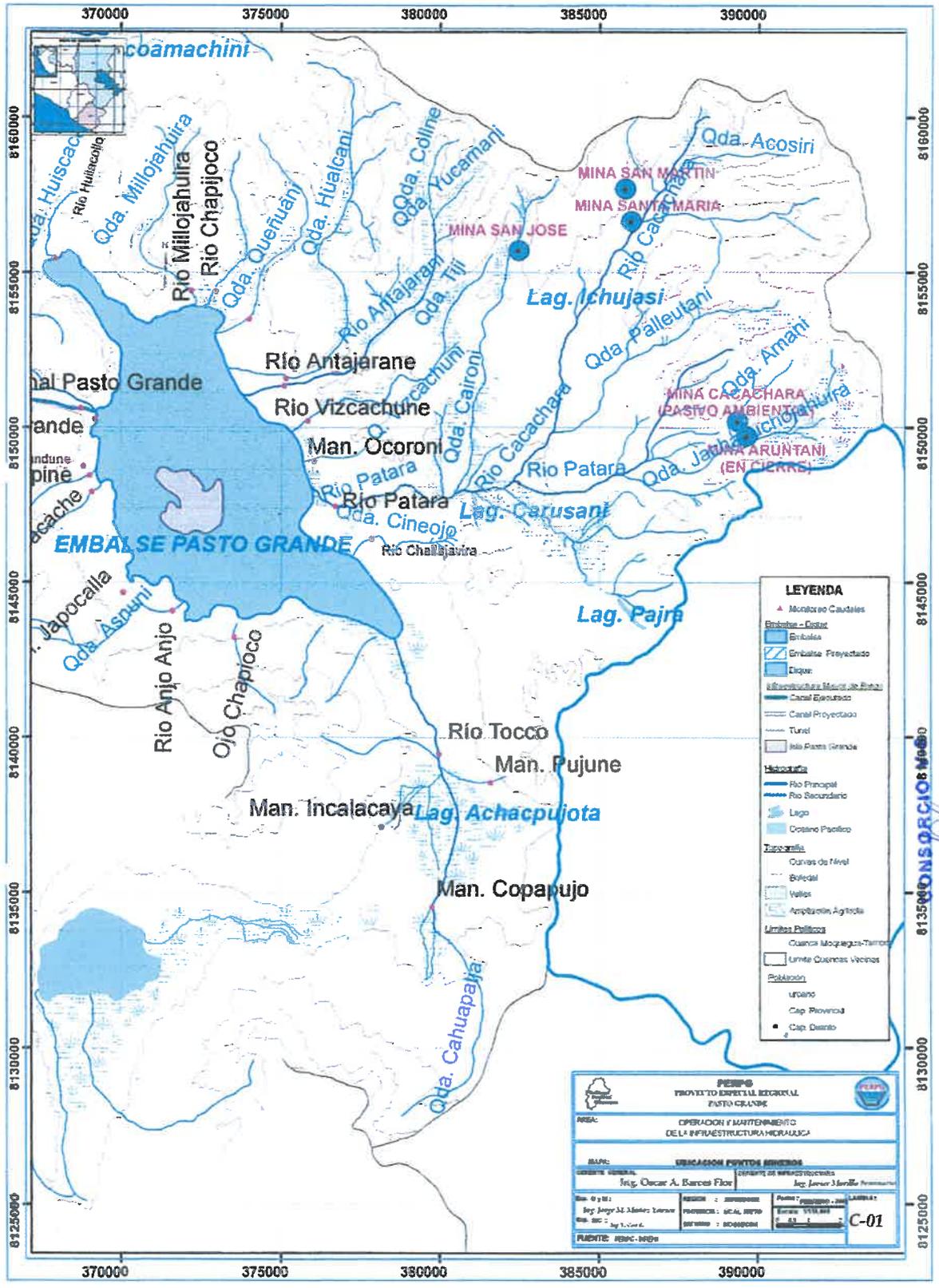
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angélica Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565



CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Bija. Haydel Alvarino Flores
 BIOLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUIMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázcano Carreño
 BIOLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Marguere Carbajal
 INGENIERA QUIMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

5.3 GEOLOGÍA

La información revisada sobre este aspecto del Proyecto, enfoca el estudio Geológico - Geotécnico de las áreas cercanas a las desembocaduras de los ríos Millojahuirá, Antajarane, y Patara, afluentes del Embalse de Pasto Grande.

Este estudio será complementado con el estudio Geológico- Hidrogeológico de las áreas que no han sido estudiadas y que serán visitadas durante el desarrollo del presente proyecto. La visita revisara especialmente las zonas que produzcan la posible contaminación de las aguas del embalse.

Estos estudios serán necesariamente complementados con los estudios Geofísicos y Geoquímicos que serán realizados durante los trabajos de campo.

5.4 CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE AGUAS

La Normatividad vigente a utilizarse de referencia es el D.S. N°002-2008-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas, siendo la Categoría 3: Riego de vegetales y de bebida de animales y la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, las referenciales de acuerdo a la clasificación de la Resolución Jefatural N° 202-2010 – ANA del 22 de marzo de 2010, que aprueba la clasificación de los recursos hídricos ubicados en el territorio de la República del Perú.

De acuerdo a la información recopilada, se observa que la calidad física y química de las aguas, se presentan en forma dispersa registrando puntos de control diferentes para muchos casos y discontinua por no mantener una frecuencia constante, debiendo haber sido consideradas las evaluaciones en los periodos de avenidas y de estiaje. Además, de no mantener la totalidad de parámetros en las evaluaciones presentadas, para las aguas del embalse Pasto Grande y sus afluentes y para la derivación hasta las plantas de tratamiento de agua potable de Moquegua y de Ilo.

La información de calidad de aguas contempla parámetros físicos como el pH, temperatura, conductividad eléctrica, transparencia, color, sólidos y oxígeno.

Como parámetros inorgánicos se evalúan las sales básicas, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos y fosfatos. Como metales básicos principalmente arsénico, aluminio, cobre, cinc, hierro, manganeso. Adicionalmente, cianuros como compuesto no evaluado permanentemente.

Los programas de vigilancia son realizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la Dirección Regional de Salud Ambiental (DIRESA) y laboratorios particulares.

En los Reportes emitidos por la EPS Ilo S.A. para el año 2011, de las plantas de tratamiento de Cata Catas e Inalámbrica, en base a muestreo puntual realizado en julio del 2011 para el contenido metálico, se confirman resultados de calidad de las aguas para los ríos Millojahuirá y Antajarane de condiciones de elevada acidez, aguas que requieren de tratamiento previo antes de su ingreso al embalse Pasto grande.

Igualmente la calidad de las aguas del río Patara con presencia elevada de metales, corresponde a los responsables de las actividades mineras, quienes deben asumir el tratamiento de las aguas.

CONSORCIO V-5
Blga. Hilda Alvarino Flores
BIOLOGA
C.B.P. 2331

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacita Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11623

CONSORCIO V-5
Dr. César Lescano Carricho
BIOLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP 55972

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66358

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31585

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aranzuren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

En Afluentes del Embalse:

En las evaluaciones de la Vigilancia de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Pasto Grande 2004-2006, realizados por DIGESA, se observan los cambios de calidad presentados en las aguas del embalse que afectaron la actividad económica de la crianza de truchas por la empresa Lago Azul, producto de las actividades económicas mineras y de la contaminación natural del río Millojahuira.

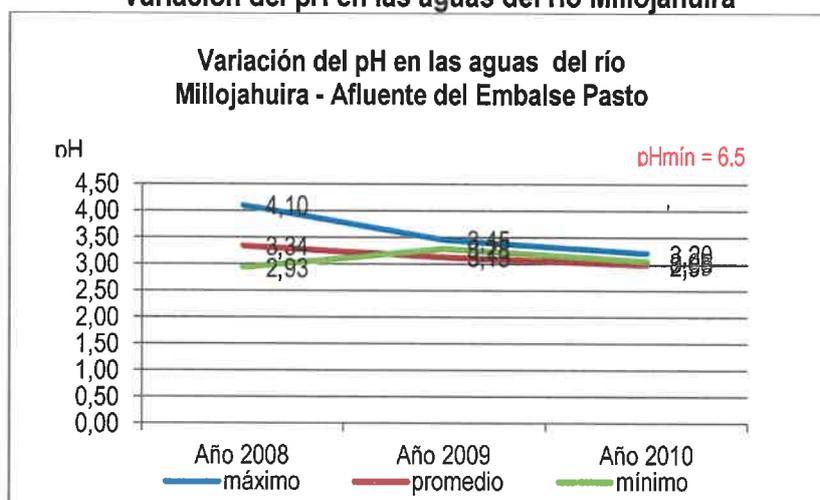
Inicialmente se establecieron 05 estaciones: 03 en ríos afluentes y 02 en el embalse; siendo los ríos Cacachara, río Patara y río Millojahuira y en el embalse, en el centro del espejo de agua y a la salida del embalse, para posteriormente incrementar los puntos de muestreo con los ríos Acosiri, Cotañani, Cacachara frente a las mina y en el año 2006 el río Tocco.

Según los últimos estudios realizados en el año 2011 por la Dirección Regional de Salud de Moquegua, en los meses de marzo y julio, se procedió a las evaluaciones de calidad de los ríos Patara, Millojahuira, Tocco, Antajarane y Queñuani, donde se confirma que la calidad física y química de las aguas de los ríos Millojahuira, Patara y Antajarane afluentes del embalse, se encuentran alterados por la presencia del exceso de hierro y manganeso, estando los demás metales por debajo de los valores límites máximos para las categoría 3 de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (ECA). Adicionalmente, el río Patara presenta concentraciones elevadas de arsénico, contaminante que ingresa a las aguas del embalse Pasto Grande.

Diferenciándose en el segundo monitoreo realizado en el mes de julio, en el periodo de estiaje existen elementos adicionales que superan los valores establecidos en los ECAs tales como el Aluminio en los ríos de Cacachara, Patara, Antajarane y Millojahuira y el Cadmio y Cobre en los ríos Cacachara y Patara, así como el Cobalto para los ríos Patara y Antajarane.

Seguidamente se muestran gráficos con los parámetros relevantes de la variación de la calidad de las aguas de los afluentes y embalse Pasto Grande.

Gráfico N°01
Variación del pH en las aguas del río Millojahuira



La variación de los valores de pH para el promedio anual de los años 2008 al 2010, se aprecia la tendencia a la disminución en el rango ácido, muy por debajo del límite mínimo aceptable para cursos de agua, aguas que inciden directamente en la calidad de las aguas del Embalse, modificando las condiciones del ecosistema negativamente.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Alejandra Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacella Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11023

CONSORCIO V-5

César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CIP. 269

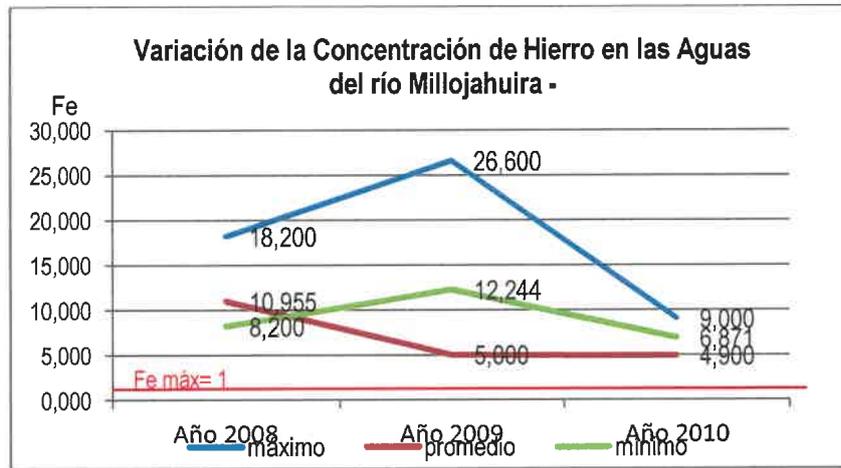
CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

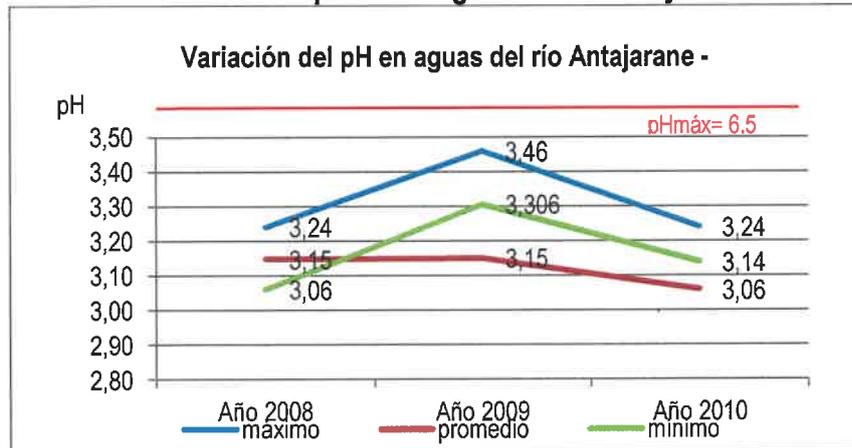
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Gráfico N°02
Variación de la concentración de Hierro en las aguas del río Millojahuira



La presencia del hierro en las aguas del río Millojahuira producto del afloramiento de aguas ácidas del drenaje de los suelos por donde discurre, traen como consecuencia la alteración física y organoléptica de las aguas del embalse del cual es afluente, presentando concentraciones que superan el límite establecido en los ECAS para la categoría 3.

Gráfico N°03
Variación del pH en las aguas del río Antajarane



La variación de los valores de pH para el promedio anual de los años 2008 al 2010, se aprecia que las aguas se encuentran en el rango ácido debiéndose determinar su origen. Son aguas que por el caudal que aportan al Embalse Pasto Grande, influye notablemente en la calidad de las aguas degradándolas en los valores de acidez.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11023

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lavano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

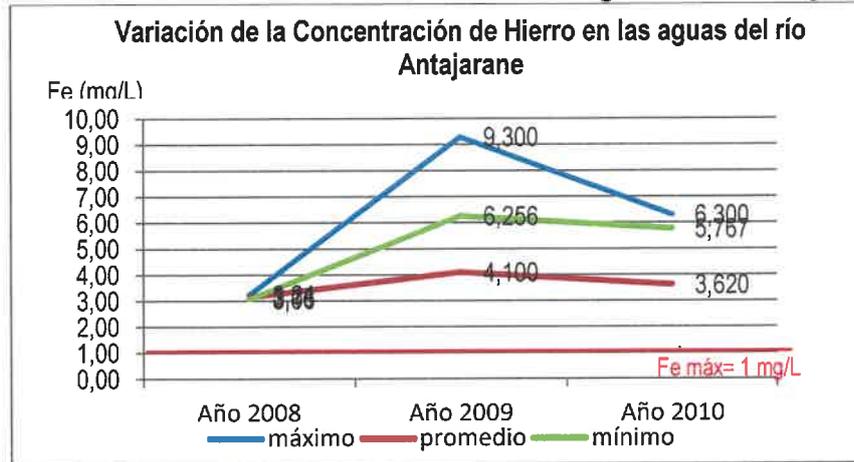
CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

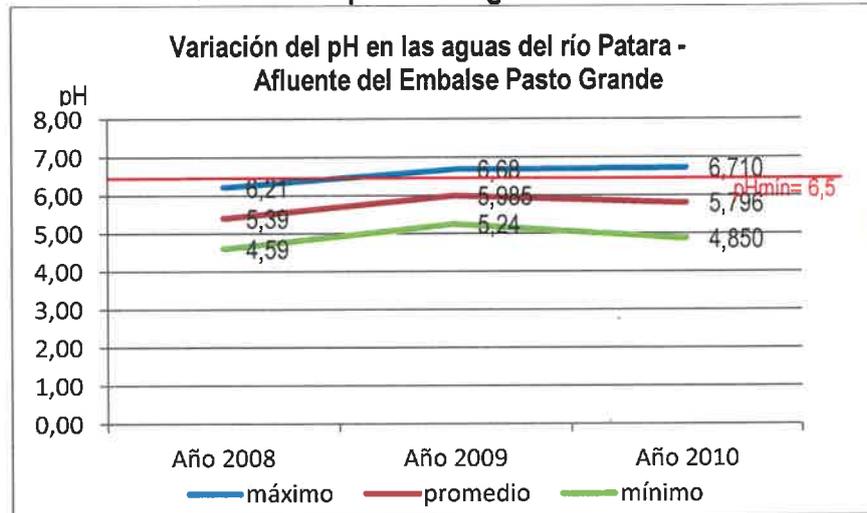
Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Gráfico N°04
Variación de la concentración de Hierro en las aguas del río Antajarane



La presencia del hierro en las aguas del río Antajarane se encuentra en valores superiores al límite establecido en los ECAS; son aguas que por la acidez el hierro encuentra el en estado disuelto. La tendencia de la presencia del hierro en las aguas se mantiene en niveles elevados lo cual se debe determinar la procedencia si es de origen natural o antropogénicas.

Gráfico N°05
Variación del pH en las aguas del río Patara



Los niveles del pH en las aguas del río Patara, se encuentran por debajo del valor mínimo establecido en los ECAS para el promedio anual de los años 2008 al 2010. La acidez de las aguas del río Patara con un aporte aproximado del 30% a las aguas al embalse, implica contribuir al incremento de la acidez de las aguas que ya son afectadas por los ríos Millojahuiria y de Antajarane.

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP: 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarie
 ING. AGRÍCOLA
 CIP: 11623

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP: 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zardudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP: 66858

CONSORCIO V-5

Ing. César Zambrán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP: 269

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 6530

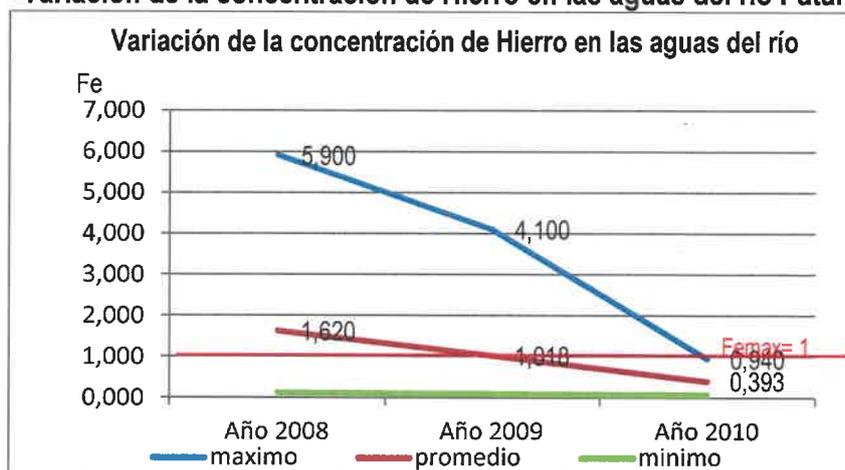
CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguren Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP: 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zambrán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP: 31565

Gráfico N°06
Variación de la concentración de Hierro en las aguas del río Patara



La concentración del hierro en las aguas del río Patara en el periodo evaluado, se observa la disminución significativa llegando a valores por debajo del límite máximo según lo establecido en los ECAS para la Categoría 3. La presencia metálica en estas aguas obedece a las actividades mineras de la zona.

En el Embalse Pasto Grande:

Existen múltiples estudios donde se describe la problemática del deterioro de las aguas del embalse Pasto Grande a consecuencia de la mala calidad de los afluentes, sea de tipo natural o antrópica, que aportan metales pesados y tóxicos, así como de la acidez debido a los sulfuros de hierro, entre otros, que inicialmente reaccionaron con el agua y dieron lugar al ácido sulfúrico, condición química que cambia las características iniciales de las aguas del embalse Pasto Grande.

La acidez de las aguas es un medio que no permite vida acuática, siendo la condición básica para la disolución de metales y su permanencia en ella.

Cabe mencionar que hubiese sido y sigue siendo necesario establecer un Programa de Vigilancia de Calidad de las Aguas del Sistema del Embalse Pasto Grande, en forma permanente y con los parámetros de control estandarizados, que permitan identificar los cambios y los factores que inciden en la variabilidad de la calidad de las aguas, con el objeto de tomar medidas oportunas de remediación.

La evolución del deterioro de la calidad de las aguas se puede apreciar en el siguiente gráfico con la data obtenida de la información existente.

CONSORCIO V-5

Biga. Haydée Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apacña Nalvarie
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11923

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. César Espinoza Carteaño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

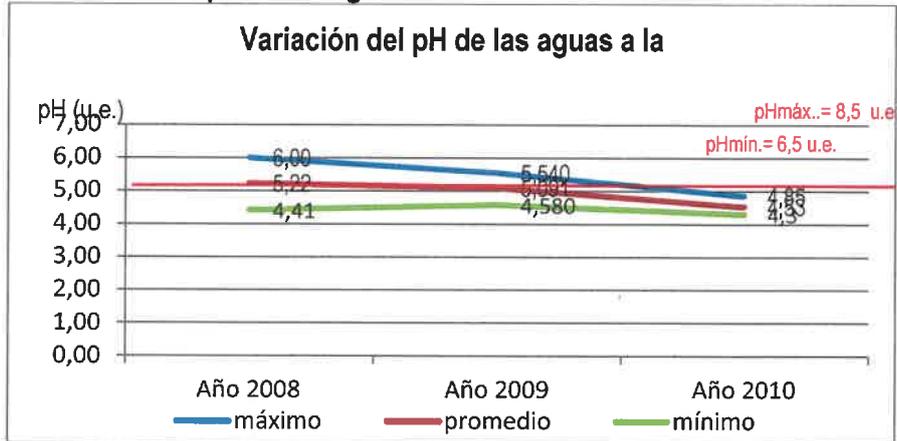
CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguen Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

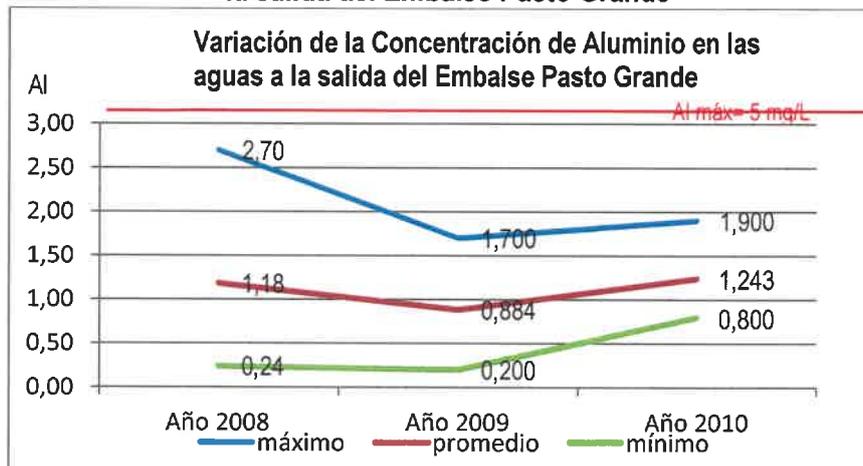
Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Gráfico N°07
Variación del pH en las aguas a la salida del Embalse Pasto Grande



La tendencia de las aguas del embalse hasta el año 2011, era la disminución del pH, con la consecuente incremento de las condiciones de acidez, parámetro que implica la imposibilidad del uso de sus aguas, sino se busca remediación inmediata.

Gráfico N°08
Variación de la concentración del Aluminio en las aguas a la salida del Embalse Pasto Grande



Las concentraciones de aluminio en las aguas del Embalse Pasto Grande, se presentan con tendencia a incrementarse, debiéndose confirmar con las evaluaciones actualizadas a realizarse en el presente estudio.

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarie
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angarín Carbaljal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 3476

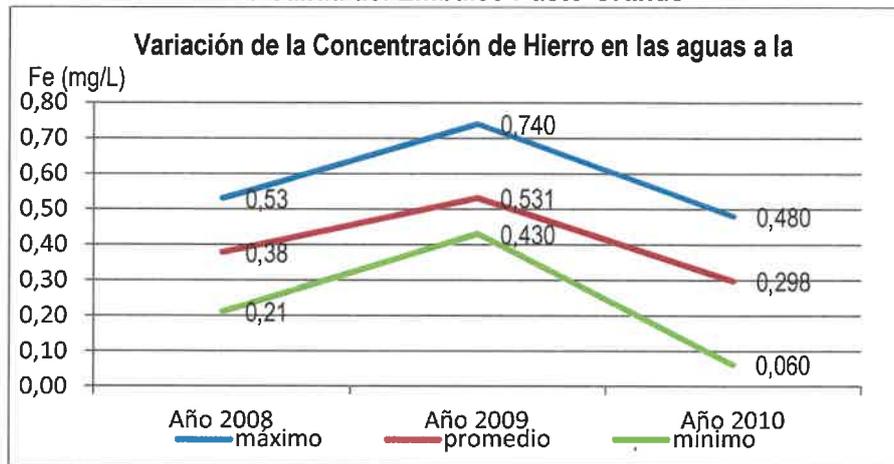
CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carroño
 BIÓLOGO
 C.B.P. 269

Gráfico N°09
Variación de la concentración del Hierro en las aguas a la salida del Embalse Pasto Grande



El hierro presente en las aguas del embalse, ha sufrido una gran disminución con respecto a las concentraciones de hierro presente en los afluentes al ingreso al embalse, debido al efecto de dilución de las aguas contaminadas con aguas de buena calidad, caso de las del río Tocco y a la sedimentación de los hidróxidos de hierro en el embalse disminuyendo la capacidad útil del embalse.

Si bien es cierto no está reglamentado en la Categoría 4 de los ECAS, es necesario mantener el hierro en bajas concentraciones por el aspecto organoléptico que produce afectando la estética del embalse, habitat de la fauna acuática y de los recursos hidrobiológicos del embalse.

En el Sistema de Derivación o Descarga del Embalse Pasto Grande:

Se observa en los últimos monitoreos realizados en la zona de derivación de la Cuenca Pasto Grande, por la Dirección Regional de Salud de Moquegua, en los meses de marzo y abril, el parámetro físico que cambia es el pH, llegando hasta ligeramente mayor a 8.0 unidades en el Río Moquegua y en cambio para el mes de julio en el trayecto alcanza valores de pH bajos considerados en el rango ácido.

La presencia de los metales que exceden los valores de los ECAs, se encuentra en el punto de la Bocatoma Humalzo, siendo el hierro, manganeso, cobre, cadmio cobalto, cobre, hierro y manganeso y en los puntos de Tunel Jachacuesta, río Chilligua y Otorá las aguas tienen concentraciones altas de manganeso.

Presencia que indica que en periodos de estiaje, las concentraciones aumentan por disminuir los caudales de los ríos, que actúan en la dilución de las concentraciones.

La presencia de nutrientes se encuentran en concentraciones superiores a los valores fijados en los ECAs, confirmando los antecedentes de calidad e indicando la gran proliferación de materia orgánica en la zona.

Al Ingreso de las Plantas de Tratamiento:

Según el Programa De Vigilancia De La Calidad De Los Recursos Hídricos, Evaluación Anual 2007-2008- Moquegua, de la Dirección Regional de Salud de Moquegua, las aguas al ingreso de la planta de Chen Chen, las variaciones del pH se encuentran dentro del rango de 7.8 a 8.4

CONSORCIO V-5
Ing. Victor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Bilga. Haydeé Alvarrino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11623

CONSORCIO V-5
Ing. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

u.e., Para los metales y no metales, se observa que el arsénico, aluminio, hierro y manganeso, sobrepasan los valores establecidos actualmente en los ECAs para aguas que son destinadas al tratamiento para agua potable.

5.5 CALIDAD BIOLÓGICA DE AGUAS

Para poder determinar cómo se ha venido desarrollando la contaminación y alteración del ecosistema de Pasto Grande, debido a que este se ha venido presentando a través de un largo proceso, tal y como se reflejan en los antecedentes; se debe establecer un patrón base para empezar a realizar los análisis comparativos correspondientes y de esa manera ayudar a determinar las posibles causas de la contaminación, considerando que esta se debe principalmente, a la participación de industrias y la intervención del hombre, en particular, por los impactos de la actividad minera referida en los antecedentes.

No es posible hacer una comparación de datos específicos Biológicos debido a ser todos enfoques diferentes y en algunos casos poco exhaustivos incluso, en ser expresados en diferentes unidades.

En los trabajos previos realizados, no se contempla el planteamiento de otros embalses como alternativa de solución, ni se establece como la creación de un nuevo embalse afectaría la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande; teniendo en cuenta los caudales o efluentes que llegan al mismo, por lo que plantear esta posible medida de solución sería innovadora, y podría vislumbrar nuevas posibles medidas de solución al problema actual en la zona del Proyecto.

El Enfoque Técnico de los estudios presentados no tienen un desarrollo de las actividades de remediación que se debe seguir, los estudios oscilan entre ser:

- Estudios de Diagnóstico situacional
- Identificación de fuentes de contaminación
- Valoración de pH, problemas de pH ácido
- Valoración visual de color rojizo en la superficie
- Búsqueda de puntos de muestreo representativos de la problemática
- Variabilidad Físicoquímica
- Variabilidad Microbiológica
- Variabilidad Biológica
- Evaluación Toxigénica.
- Valoraciones de parámetros del espejo de agua, con algunos parámetros
- Conclusiones que no llevan exactamente las acciones de remediación a llevarse a cabo
- No se menciona la remediación biológica a mediano y largo plazo.
- No se menciona Tratamiento Químicos ni biológicos
- No se menciona optimización de caudales para estabilizar las comunidades hidrobiológicas
- Las comparaciones se hicieron en función de la Normativa vigente a la fecha, la cual ha sido actualizada.
- La evaluación del Manejo y Tratamiento Actual del Sistema.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacita Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Amudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34700

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP - 31565

5.5.1 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN MICROBIOLÓGICA

Los estudios realizados en el Embalse Pasto Grande, con respecto a la presencia de indicadores de contaminación fecal, da cuenta de densidades bacterianas que en la mayoría de los casos no exceden los valores propuestos por las ECAS en el 2008 según Categoría A-2 para uso poblacional, Categoría 3 para riego de vegetales y Categoría 4 - Conservación del medio acuático.

Así mismo, la presencia de algas, cianobacterias y nutrientes están en cantidades elevadas, sin embargo, aparentemente no alcanzan los niveles que podrían ocasionar problemas de eutrofización de las aguas o presencia de sustancias tóxicas que pudieran ocasionar un riesgo para la salud de las personas o de la biota.

El informe DIGESA 2004-2006, presenta el pH del río Millojahuira con valores de 3 a 4 unidades y las aguas del embalse, con un pH promedio de 6,0 unidades (3,9 a 8,9), además, informa la desaparición de alevinos de trucha en cantidades elevadas durante los años 2005 y 2006, como consecuencia de los valores bajos de pH de los ríos Millojahuira, Antajarane y Cacachara y a la contribución de metales pesados como el plomo provenientes del río Patara.

Con respecto a la calidad microbiológica del agua al ingreso de la Planta de Tratamiento Cata Cata, no es posible llegar a una conclusión acerca de la calidad bacteriológica representada por los coliformes totales y termotolerantes con tan solo un resultado de análisis, puesto que es necesario que se realicen una serie de análisis mensuales y trabajar con el promedio geométrico de los datos y estos compararlos con los ECAs para la categoría 1, A-2; lo mismo se puede decir para las otras Plantas de Tratamiento: Planta Inalámbrica y Planta Chen Chen.

En el 2011, es la única evaluación sólida realizada en dos periodos estacionales diferentes, en donde se nota una baja concentración de coliformes totales y termotolerantes, observándose mayor presencia de coliformes en el centro del embalse en el mes de marzo 2011 con respecto a las aguas a la salida del embalse.

En la bocatoma de Ite, los coliformes totales presentan concentraciones elevadas de 11,000 NMP CT/100 mL en el mes de marzo, no haciendo referencia para el mes de julio. No se realiza el análisis de bacterias heterotróficas, que son las que mejor expresan el nivel de ensuciamiento de un ecosistema abierto y no necesariamente de amplia influencia antropogénica.

No se ha encontrado una evaluación sostenida de parámetros microbiológicos en el embalse, si en el Ingreso de las Plantas tal como SUNASS lo solicita.

5.5.2 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARASITOLÓGICA

Con respecto a la presencia de formas parasitarias en las aguas que ingresan a las Plantas de tratamiento, la presencia de quistes de *Entamoeba coli*, no representa un riesgo a la salud, debido a que es solo un comensal que no origina enfermedad en el hombre, sin embargo su presencia en el agua tratada (potable), representa un buen indicador debido a su tamaño, que en promedio es de 25 µm, por lo que es posible la presencia de quistes de protozoarios como *Giardia* y *Cyptosporidium* que si representan un riesgo para la salud. Estos quistes son resistentes a las condiciones físicas y químicas, sólo es posible eliminarlos con los métodos usuales de tratamiento del agua potable: coagulación-floculación, sedimentación y filtración, utilizando como índice de calidad la turbidez del agua tratada, que en el mejor de los casos debe

CONSORCIO V-5
Blga. Hayde Alvarillo Flores
BIÓLOGA
CBP. 2591

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apaclla Naivante
ING.-AGRICOLA
CIP-11623

CONSORCIO V-5
Ing. César Lazzaro Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP-55872

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING.-AGRICOLA
CIP. 31565

ser menor a 0,5 NTU. El proceso de cloración puede ayudar, pero en menor escala, debido a la resistencia que presentan a este desinfectante. Lo mismo se puede decir por la presencia de huevos de Uncinarias y *Strongyloides sp.*, además en el caso de *Strongyloides sp.* es poco probable que se encuentre esa especie por lo menos en la salida de planta, ya que en agua no se encuentran en la forma de huevos sino de larva filariforme que incluso ingresa a la piel, lo cual puede haber sido confundida por Nematodos de vida libre del género *Rhabdoleimus*. En el caso de Uncinarias sp, se ha mezclado un término que se usa de modo común o vulgar cuando se refiere a *Ancylostoma duodenale* o *Necator americano* ambos nemátodos parásitos, los cuales en agua están generalmente en el estadio de huevo.

Antes del 2011 no se encuentran en los informes, estudios de parasitología referidos a Amoebas parásitos, solo se reporta *Entamoeba coli*, (Tablas 5, 6 y 7 del Informe del 2011) que se analiza en las Plantas de Chen chen, Cata Catas e Inalambrica.

Respecto a Organismos de Vida libre solo se menciona "algas" y nemátodos de forma muy general y de modo cualitativo, siendo la referencia presencia y ausencia.

CONSORCIO V-5

5.5.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HIDROBIOLÓGICA

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

5.5.3.1 DIAGNÓSTICOS EN DIFERENTES ESTUDIOS QUE MENCIONAN EL FACTOR BIOLÓGICO

En el año 1991 el Proyecto Especial Pasto Grande sembró alevinos en el Embalse Pasto Grande, para la crianza y comercialización de la trucha, siendo administrada por la empresa "Lago Azul" conformada por los comuneros afectados. Los informes señalan una importante producción con tendencia positiva cada año, a pesar del inicio de operación del embalse en 1995.

En el año 2 000 la Empresa Minera ARUNTANI SAC inició sus operaciones de la mina Santa Rosa ubicada entre las quebradas de los ríos Cotañani y Acosiri, que son afluentes del río Cacachara y este a su vez afluente del río Patara.

Este inicio de operaciones mineras, es un factor que influye grandemente en las comunidades biológicas y características físicas y químicas.

El estudio preliminar de gestión integrada del 2005, es un informe muy completo y diagnostica la situación óptima del Embalse pasto Grande como apto para uso piscícola con un pH de 6.9 unidades, oxígeno de 6,12 mg/L y temperaturas de 15 °C.

No hay el detalle de lo sucedido, solo menciones, en antecedentes de otros estudios. Pero en el año 2006, se produce el primer aviso de alarma, con la mortandad de alevinos de trucha de la Empresa Comunal de Producción y Servicios "Lago Azul" en el Embalse de Pasto Grande.

Se inicia Monitoreos de la Calidad de agua a cargo de los laboratorios del Ministerio de Salud (MINS), además de análisis en laboratorios privados, los cuales reportaron altas concentraciones de Hierro (Fe) y una elevada acidez (pH) del agua del embalse.

Entre el 2004 y 2006 se menciona que realizan monitoreos, pero no hay registros desplegados, por ende no se puede determinar la situación biológica real.

Entre el 2007 y 2008 se menciona que realizan monitoreos, de la calidad sanitaria del embalse pero no hay registros desplegados del 2007.

Los informes del 2008 señalaron el incremento de la coloración roja a un florecimiento algal a nivel de las riberas del embalse. No se señala que especie biológica pudiera ser la causante de

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacita Naranjo
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

la coloración, se determina el pH ácido y esto explica la mortandad de los peces Truchas representativas.

En 2007 Abril, se realiza un estudio con mayores factores evaluados a cargo de GEPRODA, es un informe técnico bastante completo que incluye factores biológicos, el cual se realiza con el apoyo de IMARPE - Moquegua

En el año 2008, el Informe de la EPS Moquegua, reporta un fenómeno conocido como florecimiento micro algal. Se reporta un bloom de algas en las orillas del embalse, se diagnostica un fenómeno debido a la presencia de **Gymnodinium** y otra especies en cantidades de 1000 y 600 individuos/mL lo cual aparenta ser valores altos, el informe menciona que la especie que predominó fue Dinophyta seguida por Bacillariophyta y Chlorophyta, llama la atención la marcada presencia de *Gymnodinium cf caudatum*, aunque no se conocen floraciones algales nocivas de esta especie si se encuentra en la literatura toxicidad en especies marinas (*G. catenatum*) y solo se ha reportado en una ocasión *G. fuscum* con actividad tóxica para aguas continentales, lo cual es apropiado.

Para la muestra 2 y 3 la división que predomina son las Bacillariophyta; sin embargo cabe resaltar que aunque el número de individuos de **Gymnodinium** encontrados disminuye considerablemente aumenta la cantidad de quistes. No se comprende a que se refiere los quistes.

También se menciona en el estudio que en todas las muestras se encontró el género **Chrysochromulina** el cual tiene especies reportadas con floraciones algales nocivas en ambientes continentales generando eventos como muerte de peces; sin embargo la determinación a nivel de especie de este género hace necesario el uso de microscopia electrónica, lo cual podría no ser necesario.

Finalmente el listado de especies tiene ciertas incoherencias en denominaciones y clasificación de las especies, así mismo hay reportes de especies no propias del sector.

Se hace una evaluación integral, preliminar a consecuencia del florecimiento algal, incluyendo la evaluación de metales pesados a nivel del músculo de las truchas detectándose arsénico en niveles de 0,150 mg/L.

Se hace un esfuerzo en la evaluación de la consolidación de los resultados de varias instituciones sobre la calidad de agua en Pasto Grande hasta el 2009.

Se realiza la Evaluación de la Calidad Sanitaria del 2009 con monitoreos en marzo, Julio, Setiembre y noviembre.

En este trabajo se señala a la cyanobacteria **Anabaena** como predominante seguida de Fragillaria y Cocconeis, señalándosele la causante de las coloraciones rojizas en el embalse. Los niveles de diversidad son bajos alrededor de 0,69.

En el Diagnóstico Industrial del año 2009, realizado por PRODUCE se menciona en el ítem 2.1.3.1 que se han sembrado alevines para el repoblado de trucha, en 6 cuerpos de agua entre ellos el Embalse Pasto Grande (además en Laguna Toro Bravo, Laguna de Bolsoni, Laguna de Jucumarini, Río Chilota, Estanque Humalso), pero no menciona que el problema de mortandad había sucedido en el 2006.

Como datos históricos tenemos que la producción de trucha obtenida para consumo humano directo para 1998, es de 4,657 kilogramos a nivel regional (Moquegua). Sin embargo no detallan las circunstancia o la producción de Trucha en el embalse.

Además el presupuesto fue restringido para realizar las investigaciones sobre el embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5

Biga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CIP: 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaclla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP: 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Larcano Carreño
BIÓLOGO
CIP: 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO QUÍMICO
CIP: 3172

CONSORCIO V-5

Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP: 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP: 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angélica Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP: 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP: 31565

El informe de Linda Villegas, recomienda monitoreos y búsquedas de propuestas para remediar la problemática ya evidente en el embalse de pasto Grande, este informe de Villegas titula de modo especial "Cuidemos la Laguna azul" en donde presenta fotografías del inicio de Pasto Grande y la coloración azul muy diferente al problema actual de coloración que presentaba.

En el 2009, también el PERPG hizo un informe técnico del protocolo de monitoreo de la calidad del recurso hídrico de la provincia Mariscal Nieto, uno de los resultados que uno espera encontrar es la localización exacta de los puntos de muestreo críticos y mínimos para evaluar la calidad del agua del embalse Pasto Grande, sin embargo lamentablemente no se determinan la estandarización de dichos puntos, sucediendo que los posteriores trabajos, estudios y evaluaciones se realizan de acuerdo al enfoque de cada institución y/o evaluación.

En el 2009, la consultora ATLANTIS realiza un estudio integral en el que considera que en el embalse no ocurre el fenómeno de eutrofización, por lo contrario determina una oligotrofización, lo cual parece contradictorio a los resultados expuestos en los informes anteriores y con los resultados de nutrientes encontrados por la misma Consultora. No se pudo encontrar los resultados de los análisis Hidrobiológicos de forma desplegada.

En Mayo 2009, se encuentra un Estudio Técnico de la Mina Aruntani, este estudio de Plan de Cierre no menciona la medición de la calidad de efluentes producto de los pasivos ambientales generados por su actividad.

En el 2010, se realiza un Estudio de Impacto Ambiental por el Biólogo Santa Cruz quién valora con una matriz de Leopold los criterios ambientales, no considerándose el detalle de la flora y fauna del embalse, ni mayores comentarios de la problemática de Pasto Grande.

En el 2010, se realiza un estudio toxigénico de Cyanobacterias del Embalse Pasto Grande en este estudio se menciona amplia teoría de Microcystina LR, determina al Embalse como Eutrófico debido al ingreso constante de nutrientes, disminución de pH y variación de temperatura. Realiza ensayos de toxicidad con biomasa, señala informes de Zooplancton de CERPER certificaciones del Perú, más no lo encontramos. Concluye que no hay toxicidad pero insiste en la toxicidad de toxinas por cianobacterias.

En el 2010, se encuentra un estudio con el nombre de Florecimiento Algal del embalse Pasto Grande: Análisis hidrobiológicos, estudios que se hicieron en los dos periodos representativos Marzo-Mayo y Junio-Setiembre; existe una evaluación hidrobiológica de Fitoplancton. Evaluaciones Microbiológicas (abril y agosto).

El fitoplancton se encuentra en concentraciones menores en el embalse frente al río Millojahuirra y con densidades mayores frente al río Tocco. La presencia de arsénico y otros compuestos tóxicos en el agua, contribuyen además con la disminución del plancton y otras especies dentro de la cadena alimenticia en el embalse, deteriorando la calidad de las aguas, especialmente por compuestos químicos (Pb, As, Fe, Mn, etc), habiéndose detectado además concentraciones altas de Boro, que deteriora la calidad del agua para riego.

Allí se menciona que el recurso hídrico es mal empleado, ya que se riega de manera excesiva, no se realiza una adecuada operación del embalse, se producen pérdidas, etc. lo cual podría explicar porque la zona de estudio, es considerada un lugar que sufre de Estrés Hídrico y ayuda a entender mejor el problema de la mala calidad de las aguas, al no ser equilibrado la demanda poblacional. Esto explicaría también el efecto en las comunidades hidrobiológicas, ya que estas responden al estrés hídrico, de modo negativo, desapareciendo su presencia en cantidades significativas. Así mismo se evalúan nutrientes que ingresan al Embalse en cantidades sostenibles, significativas lo cual da lugar a un incremento de las cantidades de algas que se presentan en la cuenca de Pasto Grande.

CONSORCIO V-5

Ing. Haydel Alvarino Flores
BIÓLOGO
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Naivare
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 4572

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 88958

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

Este estudio señala potenciales procesos de Eutrofización asociados, de todas formas no se basa en estudios de eutroficcaciones o parámetros que ayuden a explicarlo.

Se hace énfasis a las cianobacterias potencialmente tóxicas y se compara con valores establecidos en la norma de saneamiento de Uruguay.

Las condiciones extremas que se aprecian en la cuenca hacen inhabitables la presencia de peces ya que estos no se adaptan a valores de pH por debajo de 5.0, Los cálculos de HSI sobre la base de la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha), tienen un valor de 0.41.

Se han hecho estudios de diseño de metodología para caracterizar ciclos de sucesión de la comunidad planctónica y de protocolos para la toma de muestras de poblaciones de dinoflagelados atecados y otros.

El perfil del proyecto: Mejoramiento de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande distrito Carumas. Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua, presenta datos referenciales y críticos de la problemática, con información de importancia a base de antecedentes, salvo algunas referencias a la Demanda Bioquímica de Oxígeno pero lo comenta como Demanda Biológica de Oxígeno.

El estudio de Monitoreo y Evaluación de la calidad del agua 2011. Es un monitoreo participativo y evaluación de la calidad del agua para consumo humano desde el embalse pasto grande hasta las plantas tratamiento de la EPS Moquegua e llo. Fue realizado también considerando 2 fechas representativas del año.

El estudio fue ejecutado en 2 épocas Marzo y Julio 2011, sin embargo se han tomado solo 5 puntos en el embalse y los demás en el ingreso y salidas de las 3 Plantas de Tratamiento, relacionadas con las descargas de Pasto Grande.

Se han realizado evaluaciones de los procesos de las plantas de tratamiento y procesado el Índice de diversidad siendo valores que llevan a aguas mediana y altamente contaminadas. La expresión es por Cel/L lo que hace que estos valores sean significativamente altos, sin embargo internacionalmente debe referirse por cel/mL.

En las diferentes puntos de evaluación se encuentran hasta 16 especies diferentes de algas, especialmente diatomeas, los valores de algas en las fuentes son bastante altos según el gráfico 8 en la Planta de Chen Chen, en la entrada y salida; mientras que en la Planta de Cata Cata disminuye y se vuelve a incrementar a la salida de los filtros, En la tabla se menciona la remoción de algas, datos que presentan un problema que analizar, debido a la normatividad actual para Aguas de consumo humano.

Al ingreso de la Planta Chen Chen se reporta dinoflagelados del género *Amphidinium* y cianobacterias, con errores e su nomenclatura, ya que la especie es *Pseudoanabaena* y no Pseudoanabanea; pero en cantidades significativas, y asociadas en otros trabajos, que dan presencia de las mismas en el embalse Pasto Grande. Ninguna Planta cumple con el requerimiento hidrobiológico estipulado en el DS N° 031-2010. La tabla 12 del informe del 2011, señala que la Planta Inalámbrica es la que menor remoción fitoplanctónica tiene, seguido de Chen Chen y Cata Cata.

No hay evaluación de zooplancton, ni relaciones con parámetros físicos y químicos lo que daría explicación a muchos temas. La conductividad explica la presencia de nutrientes pero no están relacionados con los factores biológicos, ni siquiera en los comentarios.

Las áreas en Biología son microbiología la que estudia bacterias y no es el problema en el ecosistema de Pasto Grande, mientras que en el Área de Hidrobiología se estudia las Algas como comunidades de vida libre y en el Área de Parasitología se estudia formas parasitarias; vale decir en estas dos últimas hay problemas que atender según la evaluación de DIGESA, sin

CONSORCIO V-5
Blga. Haidée Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apaella Navarrete
ING-AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP-55972

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP-56858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Escoburen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zúmarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

embargo, las recomendaciones se centran con el título de microbiología en donde el proceso de desinfección es la clave, no siendo necesariamente lo que se necesita optimizar en el proceso de tratamiento de las Plantas. Las conclusiones señalan la contaminación de la fuente de abastecimiento de las 3 plantas pero sin mayor explicación señalan al agua de consumo humano no apta.

Los Informes de DIGESA señalaban un incremento especial en las aguas superficiales del embalse de *Chlorogonium* (no es *chrogonium*) y *Amphidium*, *Dynobryon*, las cuales tienen una estructura y ecología capaz de producir cierta coloración a los cuerpos de agua presentes. La primera *Chlorogonium* presente en aguas eutróficas es decir muy contaminadas, la segunda *Amphidium* tiene una teca marrón la cual en grandes cantidades puede dar una coloración rojiza al agua. La tercera *Dynobryon*, tiene una lórica que en determinadas circunstancias (por ejemplo cuando se incrementa el hierro) puede actuar como una bioacumuladora externa e incrementar la coloración rojiza en el espejo de agua.

La parte microbiológica señalan una cantidad baja de coliformes Totales y termotolerantes, incluso por debajo del límite del método, oscilando entre <1,8 NMP/ 100 mL a 79 NMP/100 mL) con excepción del Río Queñuani antes de su desembocadura al Embalse Pasto grande con hasta 3,300 NMP/ 100 mL y un punto de Río Tocco.

Este informe tiene también recomendaciones de la Visión del Manejo Integral del recurso hídrico, para minimizar caudales de tratamiento, costos de operación y mantenimiento en el Proyecto de Preservación de la calidad de Las Aguas Del Embalse Pasto Grande y una Gestión eficaz del recurso hídrico a beneficio de la población del Proyecto Especial de Moquegua.

El Informe de Evaluación de la Calidad de Recursos Hídricos efectuado por la Ing^o Rosario Araoz, Blgo Ivan Yupanqui; de setiembre 2011, es un informe Interpretativo de las evaluaciones anteriores (Informe de Evaluación del 2011) que DIGESA realizó en Marzo y Julio 2011, setiembre quien concluye que los ríos Tocco y Queñuani son los más contaminados microbiológicamente, por los valores de hasta 22,000 Coliformes Totales en el Río Tocco; en donde el pH está entre 7 y 8; además en base a la información biológica señalan etiquetas de bajo riesgo pese a las cantidades de cyanobacterias y diatomeas tales como 260, 000 cel/L, así mismo señalan la presencia de floración algal el cual producen dicen la coloración rojiza pardo en el embalse, sin embargo no se ha evaluado Oxígeno disuelto.

En la evaluación fisicoquímica solo se menciona nitrógeno total y no otros nutrientes como el fósforo, los mismos se dan de modo aislado sin relacionarlos con los parámetros biológicos, sin embargo constituye una de las evaluaciones más completas efectuadas a la fecha.

En síntesis las concentraciones algales expresados de modo internacional es decir x mL superan las 100 células/mL, sin embargo estas valoraciones no tendrían un riesgo significativo de toxicidad, sin embargo es necesario conocer el grado de toxicidad aguda de las aguas del río Tocco que presenta una elevada concentración de algas.

Sin embargo, en el 2008, el reporte de DIGESA, sobre análisis de algas, detectó al dinoflagelado *Amphidium* en concentraciones mayores a 1 000 células/mL, sin embargo no se menciona si la especie corresponde a *A. operculatum*, que representa una especie tóxica, relacionada con mortandad de peces y contaminación de moluscos, además de la presencia de la cyanobacteria: *Anabaena sp*, en el río Patara con una concentración de 570 células/mL y que en algunas ocasiones podría incrementar formando "b

5.6 EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE TRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO

CONSORCIO V-5

Blgo. Wladimir Alvarino Flores
BIOLOGO
C.B.P. 2931

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarrete
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP: 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP: 8530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Tránguere Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP: 14763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565

En la información recibida de todos los informes previos entregados se observa una marcada diferenciación en cuanto a los afluentes referidos al pH de las aguas de ingreso, siendo que solo el Río Tocco es de características básicas (7.4 a 7.6 unidades) y los demás afluentes (ríos Antajarane, Patara y Millojahuira, son de pH ácidos (3.3 a 4.2 unidades) siendo uno de ellos de origen natural y otros por actividades antropogénicas (actividades realizadas por el hombre - minería y afines).

Se llegó incluso a proponer la construcción de plantas de tratamiento en lugares específicos para modificar el pH de los afluentes del embalse según los estudios realizados por la Consultora ATLANTIS; no se evidencia mayor información sobre posibles pruebas exhaustivas de tratamiento en aguas en las diferentes épocas del año o sobre muestras diferentes.

Según los estudios previos realizados solo llegan a indicar de modo referencial la alternativa de tratamiento físico y químico de las aguas de los afluentes, sin precisar las proyecciones de modo claro y específico. Asimismo, en el estudio no precisan si han desarrollado pruebas para determinar parámetros hidráulicos que aseguren el diseño y eficiencia de una planta de tratamiento.

Revisando la información y en referencia a la calidad de las aguas del embalse que se han visto alteradas en su composición, se considera necesario plantear alternativas de tratamiento, considerando lo siguiente:

- A nivel de afluentes de acuerdo a las características propias de los afluentes.
- A las aguas del embalse hasta el cambio total de las condiciones físicas óptimas.

Estos tratamientos propuestos deberán considerar las variaciones que se observe estacionalmente en cada afluente y en las características de las aguas contenidas en el Embalse en los mismos periodos estacionales, debido a que cada una de ellas será influenciada por el factor dilución y/o concentración de los metales o carga biológica.

Se estima que el tratamiento de las aguas para consumo humano de las plantas de Ilo y Moquegua no debieran ser afectadas con impactos negativos producto del tratamiento físico y químico de los afluentes y/o del Embalse, sino por el contrario se beneficiaran con la disminución de costos de tratamiento por la remoción de metales y del acondicionamiento final del pH.

Como parte complementaria se realizarán ensayos de tratamiento a nivel de laboratorio con personal EPS de cada Planta, a fin de buscar pautas para mejorar el rendimiento y capacidad de remoción en las plantas.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

5.6.1 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Los estudios realizados solo presentan el marco referencial a nivel de diagnóstico, pero son muy útiles por que muestran cambios progresivos de deterioro de la calidad de las aguas en diferentes puntos del sistema Pasto Grande.

Muestran asimismo las fuentes permanentes de contaminación (acidificación progresiva) y el cambio gradual a nivel de aguas contenidas en el Embalse.

La coloración rojiza observada en la superficie del embalse puede tener su origen en las sales férricas aportadas por el Río Millojahuira y/o también por el desarrollo de especies de algas adaptadas al medio.

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

Ing. Mertha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
C.I.P. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Cesar Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. Cesar Lizcano Carrero
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO CÉLOGO
C.I.P. 72

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
C.I.P. 26858

Para la confirmación de la calidad se esperan los resultados de la caracterización física, química y biológica de las aguas de afluentes y Embalse a realizarse en este periodo.

Luego se procederá a realizar las pruebas de tratamiento, con pruebas de floculación y de dosis requeridas de químicos, asimismo, se decidirá los puntos de aplicación y determinación de los parámetros hidráulicos óptimos para el diseño de sistemas de tratamiento convenientes.

5.6.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIOS

En los trabajos previos realizados, no se contempla el planteamiento de otros embalses como alternativa de solución, ni se estable como la creación de un nuevo embalse afectaría la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande; teniendo en cuenta los caudales o efluentes que llegan al mismo, por lo que plantear esta posible medida de solución sería innovadora, y podría vislumbrar nuevas posibles medidas de solución al problema actual en la zona del Proyecto.

Las pruebas realizadas indicarán también la opción de recuperación de capacidad de almacenamiento del Embalse en función del coeficiente de cohesión de lodos obtenidos a consecuencia del tratamiento.

CONSORCIO V-5

.....
 Bga. Haydée Alvaríño Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

5.6.3 DIAGNÓSTICO – TENDENCIA DE RESULTADOS

Los resultados no tienen aún asidero técnico para una decisión conclusiva, además no es posible aplicar algún tratamiento debido a que los estudios datan de 2007, 2008, 2010 y 2011. Siendo el mejor integrado el de la Subcomisión Técnica de Monitoreo del Embalse de Pasto Grande.

Si bien es cierto que los resultados de los estudios realizados entre los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 no tiene carácter conclusivo, es importante considerar que la tendencia mostrada es la acidificación de las aguas contenidas en el embalse, lo que se podría evidenciarse en la primera visita técnica programada para aprovechar en determinar con equipos portátiles de medición de calidad, algunos parámetros que podrían dar indicios de algún cambio o viraje en cuanto al pH.

Cabe indicar que la visita programada se realizará en periodo de lluvias, lo que podría influenciar parcialmente en el factor pH a nivel de afluentes o de dilución a nivel de las aguas del embalse.

5.7 MODELAMIENTO DEL ECOSISTEMA Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Considerando que el Embalse Pasto Grande es un sistema termodinámico abierto no en equilibrio, en el que se pone de relieve la influencia del ambiente externo en el cual debe considerarse parte integral del concepto de ecosistema ya que incide directamente en la calidad de las aguas y en la biota y otros fenómenos de degradación.

En este apartado, se hace una revisión a la información proporcionada por el Proyecto Especial Pasto Grande con el fin de seleccionar la información de importancia para el desarrollo del trabajo.

En el caso del Modelamiento de Ecosistemas, es de vital importancia, conocer todas las especies posibles que habitan en el embalse y en base a esa información, construir el respectivo modelo.

CONSORCIO V-6

.....
 Ing. Ricardo Apacña Nalvaric
 ING. AGRÍCOLA
 CIP-11023

CONSORCIO V-5

.....
 Dr. César Lizcano Carrero
 BIÓLOGO
 CBP-258

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO CIVIL
 CIP-20150

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Raúl Amudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP-68858

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Martha Angélica Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP-31565

Una de las fuentes más informativas es el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, pues en este, se describen las especies (tanto flora y fauna) existentes en el área de influencia del Proyecto.

A continuación presentamos la lista de especies correspondiente a la fauna

Cuadro N° 07
Lista De Especies De Fauna En El Área De Influencia Del Embalse Pasto Grande

Nombre Científico	Nombre común	Localización		
		Bofedal	Pajonal	Agua
Mamíferos:				
1.- Hipocamelus antisensis	Penacho, taruca		X	
2.- Vicugna Vicugna	Vicuña	X (*)	X	
3.- Felis concolor	Puma		X	
4.- Dusicyon sp.	Zorro	X (*)	X	
5.- Conepatus rex	Zorrino		X	
6.- Lama guanicoe	guanaco	X	X	
7.- Oreailurus jacobita	gato andino		x	
8.- Pseudalopex culpaeus	zorro andino		x	
Roedores:				
1.- Legidium peruanum	Ratón andino		X	
2.- Pyllotis derwini		X	X	
Marsprales:				
1.- Didelphys azarac		X		
Aves:				
1.- Rhea Pennata tarapacensis,	Suri	x	X	
2.- Tinamotis pentlandii	Perdiz de puna		X	
3.- Notoprocta ornata	Pisaca		X	
4.- Plegadys ridgway	Ibis negro	X		
5.- Phoenicopterus ruber	Flamenco	X		X
6.- Chloephaga melanoptera	Gallina de agua	X		X
7.- Lophoneta specularioides		X		X
8.- Anas flavirostris	Pato	X		X
9.- Anas versicolor	Pato	X		X
10.- Oreotrochilus sp.		X		
11.- Fulica gigantea	Choca	X		X
12.- Thinocorus orbignyianus		X	X	
13.- Larus serranus	Caruma	X		X
14.- Vultur gryphus	Cóndor		X	
15.- Falco femoralis	Gavilán	X	X	
16.- Phalcobaenus egalopterus	China linda	X	X	
17.- Buteo ptylosoma		X	X	
18.- Lessonia rufa	Negro negro		X	
19.- cardulis magillanica		X	X	
Reptiles:				
1.- Liolaemus sp.	Lagartija	X	X	
2.- Liolaemus pantherinus		X	X	
3.- Liolaemus tacnae		x	X	
Anfibios:				
1.- Bufo spinulosus.	Sapo	X		X
2.- Gastrotheca sp.	Sapo	X		X
3.- Phrynopus sp.	Sapo	X		X
4.- Pleurodema marmorata	Sapo	X		X
5.- Telmatobius peruvianus,	Falsa rana	x		X
Peces:				

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2931

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarre
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lizcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Amadio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66658

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

1.- Oncorhynchus mikis	Trucha			
2.- Trichomycterus sp.	Mauri	x	X	

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Especial Regional Pasto Grande–GEPRODA

VI. CONCLUSIONES

METEREOLÓGÍA

- Las estaciones meteorológicas existentes en el ámbito del Embalse Pasto Grande, solo registran temperatura máxima mensual, temperatura mínima mensual, precipitación total mensual, humedad relativa, evaporación media mensual y velocidad del viento.
- Sin embargo los Términos de Referencia solicitan la caracterización de la Radiación Solar, Presión Atmosférica, Material particulado e Insolación, parámetros que no se podrán evaluar.

GEOLOGÍA

- La información proporcionada es muy importante y será empleada dentro del marco geológico – hidrogeológico en la caracterización geológica de la sub cuenca del río Vizcachas, en el estudio "Mejoramiento de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande".

CALIDAD DE AGUAS

- Los ríos Millojahuirra, Cacachara y Antajarane, afluentes del Embalse Pasto Grande, son aguas ácidas con valores que varían de 3 a 4.5 unidades, condiciones que permiten la disolución y permanencia de metales, especialmente el hierro y manganeso, entre otros.
- En el río Millojahuirra, se observa la presencia elevada de concentraciones de hierro y manganeso, con valores que superan lo establecido en los ECAs, impartiendo coloración rojiza de sus aguas y alterando la calidad de las aguas del embalse.
- En el río Patara, de condiciones ligeramente ácidas, se evidencian la presencia de mayor concentración de metales que superan los valores establecidos ECAS, tales como: arsénico, cadmio, cobre, cobalto hierro manganeso y aluminio.
- En el río Cacachara por el medio ácido en que se encuentra, presenta concentraciones de hierro, manganeso, aluminio cadmio y cobre, medio que facilita la disolución de los metales y su permanencia en las aguas.
- Las aguas del Embalse Pasto Grande, presentan deterioro de la calidad física, representada principalmente por su pH que llega a valores de acidez en el transcurso del tiempo, aguas que después de su derivación se mezclan con otros afluentes, recuperando en parte la calidad.
- Los niveles de pH y presencia de metales principalmente el hierro y manganeso, en las aguas del embalse, son condiciones de calidad de aguas que no permiten continuar con la actividad económica de la crianza de truchas en el tiempo e imposibilita la vida acuática propia de un embalse.

CONSORCIO V-5
 Ing. Héctor Alvarado Flores
 BIÓLOGO
 C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacilla Narváez
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31023

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázaro Curcón
 BIÓLOGO
 C.B.P. 269

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

CONSORCIO V-5
 Ing. Rival Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6536

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

- La presencia de los metales de hierro y manganeso afectan estéticamente las aguas del embalse con la presencia rojiza de las aguas y que son observadas con los cambios de temperatura de las aguas y por los efectos eólicos de la zona, debido a la falta de peso para su sedimentación de los hidróxidos férricos formados por aireación natural.
- A nivel de derivación de las aguas del Embalse Pato Grande, las aguas se mezclan con otros afluentes cambiando sus características física, químicas y biológicas, cambios que se deben además a la trayectoria que siguen, atravesando zonas de bofedales y cauces de ríos., entre otros.
- concentraciones de Cobalto, Cadmio , Cobre Hierro y Manganeso que superan los ECAS para agua destinada al riego de vegetales y bebida de
- En el Sistema de Derivación de las aguas del Embalse Pasto Grande se ha encontrado concentraciones de Cobalto, Cadmio , Cobre Hierro y Manganeso que superan los ECAS para agua destinada al riego de vegetales y bebida de animales.
- Las concentraciones de nitrógeno superan los valores de los ECAS en la Categoría 3, para las aguas de los ríos Toco, Patara y Antajarane, así como en el embalse y en las aguas de derivación hasta el río Moquegua.
- Los informes del 2008 señalaron el incremento de la coloración roja a un florecimiento algal a nivel de las riberas del embalse. Al principio solo se mencionan algas de modo general, luego se señala al género *Gymnodimium* como Dinoflagelado y ya en el 2010 determinan la especie *Amphidinium*, seguido de otras especies las cuales desplazan a las comunidades de modo equilibrado, disminuyendo la diversidad biológica.
- Todos los resultados se expresan en org/L, siendo la expresión estandarizada de este grupo de individuos como org/mL.
- El listado de especies tiene ciertas incoherencias en denominaciones y clasificación de las especies, así mismo hay reportes de especies no propias del sector.
- No se han elaborado mapas que contendrán el resultado de los estudios realizados en materia de parámetros biológicos, hidrobiológicos, de toxicidad y microbiológicos.
- No existen los resultados en forma de perfiles verticales en todos los puntos de muestreo ejecutados en el embalse, pudiendo ser de gran ayuda la determinación de *Chlorophylla* –A en vista de la variabilidad de algas en el embalse, además de la densidad de algas de todo tipo incluyendo los dinoflagelados y las algas verde azules.
- Se han elaborado ensayos con biomasa, más no se evaluado ensayos de toxicidad del agua libre y de los sedimentos que nos lee el nivel en que este actuando tóxicas, metales pesados, etc. de modo sinérgico.
- Los afluentes a excepción del río Tocco, contribuyen con un pH ácido, el cual impide que se complete la cadena trófica natural del embalse debido a la desaparición de especies de invertebrados y vertebrados (peces).
- De los informes evaluados, no existe contaminación por carga orgánica carbonácea, debido a que la DBO encontrada se encuentra en la mayoría de los casos por debajo de 5 mg/L que es límite de los ECAS.
- De los análisis de algas en los años 2005-2011, se nota el ingreso de dinoflagelados que posiblemente sean tóxicos y de cianobacterias como *Anabaena* y *Pseudoanabaena*, que podrían originar toxicidad en el embalse; estos resultados se han ido incrementando año a año y es posible que debido al pH ácido del embalse, algunas algas puedan incrementar su densidad hasta formar Bloom de algas y un proceso de eutrofización de las aguas, cuyo

CONSORCIO V-5

Ing. Hyder Alvarino Flores
BIOLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRICOLA
C.I.P. 11823

CONSORCIO V-6

Dr. César Lazcano Carrión
BIOLOGO
C.B.P. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 6172

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
C.I.P. 66856

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aringdren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
C.I.P. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
C.I.P. 31565

tratamiento sería costoso y prolongado, por lo que es necesario el tratamiento para recuperar el pH alcalino del embalse y el ecosistema se recupere formando una cadena trófica que contribuya al equilibrio ecológico

- El embalse no presenta una contaminación importante por coliformes de origen fecal, por lo que la presencia de bacterias patógenas no es posible.
- Es necesario implementar los bioensayos de toxicidad aguda en las aguas de los afluentes y del embalse, a fin de descartar cualquier carácter tóxico a corto, mediano o largo plazo, que influya en los usuarios directos del agua.
- El agua potable de las Plantas de tratamiento, se encuentra contaminada por formas parasitarias y algas, que podrían ocasionar problemas de salud en los consumidores del agua, principalmente por una posible contaminación con quistes de *Giardia* y ooquistes de *Cryptosporidium*.
- Es aún prematuro determinar el tipo de tratamiento biológico o mixto adecuado con la información que se tiene de los informes de Salud y otras Instituciones, para lo cual es necesario complementar esta información con los resultados de los ensayos que se realizaran en el presente estudio.
- A fin de tener un mejor conocimiento del ecosistema, se hace necesario encontrar el nivel eutrófico del embalse, para lo cual además de los datos de nutrientes, se necesita información sobre el nivel de clorofila A y la transparencia del agua medida con un disco Secchi.
- Analizando los movimientos de agua del embalse, se puede notar grandes diferencias de volúmenes existentes y volúmenes descargado incluso en fechas muy cercanas, este factor también modifica las comunidades biológicas.
- Falta un análisis integral de los parámetros con los biológicos y los fisicoquímicos, tales como algas, nutrientes, oxígeno y DBO; oxígeno y presencia de fitoplancton y zooplancton, así como una evaluación de la toda la dinámica poblacional del ecosistema.
- La coloración rojiza observada en la superficie del embalse puede tener su origen en las sales férricas aportadas por el Río Millojahuirá y/o también por el desarrollo de especies de algas adaptadas al medio; para la confirmación y/o actualización se esperan los resultados de la caracterización física, química y biológica de las aguas de los afluentes y Embalse a realizarse en este periodo del proyecto.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazzano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55372

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

VII. RECOMENDACIONES

- Disponer mayor información dentro de los Organismos que han tenido que realizar algún trabajo de investigación geológica, con el objeto de contar con toda la información existente del área del embalse de Pasto Grande.
- Iniciar el Monitoreo Holístico integral.
- Estandarizar la expresión de organismos/mL en los resultados hidrobiológicos para que sean comparativos en el tiempo.
- Fijar los puntos de muestreo críticos y mínimos y mantener su frecuente vigilancia de calidad, para conocimiento y facilidad de evaluación de la variabilidad de los parámetros en el tiempo.
- Precisar conclusiones integrales.
- Enlazar con un tratamiento con pruebas in situ.
- Enlazar con un tratamiento con pruebas en planta
- Establecer el Tratamiento definitivo del Embalse.
- Ordenar la información de una gran cantidad de estudios y evaluaciones para la búsqueda rápida de la información.
- Debido a que las alternativas de tratamiento que se propongan en el presente estudio tendrán un tiempo para su implementación, se recomienda que a fin de evitar posibles infecciones en los usuarios de agua potable que usan como fuente de abastecimiento el agua que procede del embalse Pasto Grande, es necesario mejorar el proceso de tratamiento del agua, especialmente la aplicación de reactivos químicos y la filtración, tratando que el agua filtrada tenga una turbidez <0,5 NTU y que el cloro residual libre en las redes de distribución no sea <0,5 mg/L en cualquier punto. Caso contrario, alertar a la población que no se consuma el agua potable cruda; se recomienda a demás que cada Planta de tratamiento construya un sistema de pretratamiento (precloración y sedimentación).
- Evitar que el agua se contamine desde la salida del embalse hasta la llegada a las Plantas de tratamiento, debido a que la presencia de formas parasitarias en el agua se debe a contaminación de origen fecal. Se debe construir sistemas de saneamiento básico en las zonas rurales que drenan sus aguas residuales hacia los canales de distribución del agua hacia las Plantas de tratamiento.
- Investigar el uso de un índice de contaminación que permita determinar el grado de contaminación temporal y espacial, en reemplazo del índice de Shanon-Weaber.
- Identificar indicadores de calidad biológica en el ecosistema del embalse (algas, invertebrados, etc), que permitan determinar el estado de salud del embalse.
- En la visita técnica programada es necesario contar con guía experto para el reconocimiento de los puntos a monitorear y contar con equipos de medición de calidad para la determinación de algunos parámetros in situ.
- Atender la emergencia de la calidad de las aguas del Embalse, alteradas por factores físicos, químicos y biológicos, presentando metodología de tratamiento y operación continua para la recuperación del sistema hídrico, que es fuente principal de agua para el abastecimiento a la población de Moquegua.

CONSORCIO V-5
 Bga. Haydee Alvariano Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvaric
 JMG-AGRICOLA
 CIP. 11623

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carricho
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66856

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Agustín Carbajal
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP. 14781

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31555

- Es importante precisar el volumen de evaporación anual en el embalse, así como los criterios de volumen de descarga al río Tambo.
- Recopilar, procesar y analizar la Información disponible sobre el área del Proyecto, para poder realizar un modelamiento del ecosistema acuífero.

Lima, 2012

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Ricardo Apaella Navarte
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5

.....
 Dr. César Lazcano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

.....
 Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 166858

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Martha Angurel Carvajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CAPITULO 4

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA EN LAS AGUAS DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

.....
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

.....
Blga. Hardec Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Raúl Zavudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CAPITULO N° 4

SECCION: CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA EN LAS AGUAS DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

En el estudio se evalúa la calidad de las aguas que conforman el Sistema Pasto Grande, desde las nacientes de los afluentes del Embalse Pasto Grande, el Embalse mismo y la descarga del Embalse durante su recorrido hasta la zona de llo, consolidando interpretando los resultados de calidad para los dos periodos estacionales de monitoreo, el de lluvias o de avenida y el de estiaje o de sequía.

Los monitoreos se realizaron, para el periodo de avenidas en el mes de abril y mayo y para el periodo de estiaje en el mes de julio del año en curso.

Las tomas de muestra de aguas y sedimentos fue realizada por el laboratorio "Envirolab Perú S.A.", laboratorio acreditado ante INDECOPI, bajo la Supervisión de los Profesionales del Consorcio V-5, quienes fueron asistidos por personas de la zona como Guías para la ubicación e identificación de las estaciones de muestreo, que fueron pre establecidas en los Términos de Referencia de las Bases del Concurso Público.

Los parámetros considerados en la caracterización de calidad física y química para las muestras de aguas y sedimentos, medidos en campo fueron los siguientes: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y caudales en cuerpos de agua superficial, como afluentes principales del Embalse (ríos, manantiales, quebradas y ríos), el mismo Embalse Pasto Grande y cuerpos de agua, aguas abajo de la descarga.

Los parámetros realizados en laboratorio consistió en las determinaciones de sólidos totales disueltos, dureza total, cloruros, sulfatos, fósforo total, nitrógeno como nitratos, fluoruros, sulfuros, cianuro total, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, sílice, transparencia, trihalometanos, nitrógeno amoniacal. Como compuestos metálicos y no metálicos se realizaron los siguientes: aluminio, arsénico, boro, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cromo hexavalente, cobre, hierro, potasio, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, fósforo, plomo, antimonio, selenio, silicio, estaño, estroncio, titanio, talio, vanadio, zinc, plata, mercurio y oro.

METODOLOGÍA DEL MONITOREO DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DELAS AGUAS DEL SISTEMA PASTO GRANDE

El monitoreo de las aguas para su caracterización, se lleva a cabo en los dos periodos estacionales, en los meses representativos de avenidas o de lluvias y en estiaje.

Para lograr los objetivos de la caracterización de las aguas, se siguieron los procedimientos de acuerdo a las recomendaciones presentadas en la Normatividad vigente y en base a los "Métodos Estandarizados" que proporciona los procedimientos de tomas, preservación de muestras, materiales de los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisible para los parámetros de calidad del agua y sedimentos. Los documentos también suministran algunos lineamientos generales sobre la recolección y manipulación de muestras. Las actividades se realizan siguiendo la secuencia prevista en el programa de monitoreo aprobado por el proyecto, las cuales se detallan a continuación:

- ◇ Planificación previa y cronograma de actividades.
- ◇ Trabajo de campo, que implica: medición de parámetros "in situ", toma de muestras de agua en los puntos determinados, observaciones ambientales complementarias, identificación de actividades contaminantes.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Mertha Yauriuren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Bilga, Haydec Alvarito Flores
BIÓLOGA
CBP. 2534

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apaclla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 41894

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carrero
BIÓLOGO

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vitic
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

- ◇ Llenado de la cadena de custodia.
- ◇ Embalaje y transporte de muestras por cada laboratorio.
- ◇ Entrega de muestras de agua al laboratorio.
- ◇ Recepción de resultados de análisis de agua.
- ◇ Interpretación y ejecución del informe de monitoreo.
- ◇ Socialización de resultados.

Niveles de Trabajo

Para la caracterización de las aguas del Sistema que conforma el Embalse Pasto Grande, se realizó en varios niveles de trabajo: campo, laboratorio y gabinete.

Consideraciones Generales del Muestreo

El objetivo general de un programa de muestreo es coleccionar una porción de agua representativa de la composición verdadera del agua a caracterizar. Con el objeto de asegurar la validez y calidad de los datos resultantes en el estudio de caracterización de las aguas, se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- ◇ Formular los objetivos particulares del programa de muestreo.
- ◇ Colectar muestras representativas.
- ◇ Desarrollar un adecuado manejo y preservación de las muestras.
- ◇ Llevar a cabo un adecuado programa de análisis

CONSORCIO V-5

Bлга. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

Parámetros de Control

En la caracterización de las aguas de los afluentes, del embalse y de la descarga de las aguas del embalse, se consideraron los siguientes parámetros, de acuerdo a un Programa de parámetros de control aprobados por la Supervisión del Proyecto.

Metodología de Extracción, Preservación y Transporte

Se mantiene la normatividad nacional vigente y los lineamientos establecidos por la Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU., así como los recomendados en los "Métodos Estándar" (2005) considerados como guía sobre los procedimientos para la extracción, preservación de muestras, procedimientos, materiales para los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisibles para los parámetros de calidad del agua.

METODOLOGÍAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Según los Informes de Ensayos emitidos por el laboratorio acreditado ante INDECOPI, Envirolab Perú S.A.C., han procedido a efectuar los ensayos en las muestras de aguas y sedimentos por los Métodos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y de los Métodos Estándares para Aguas y Desechos (SM).

EQUIPOS Y MATERIALES

Se presenta seguidamente la relación de material

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para un mejor Diagnostico de la calidad de las aguas del Sistema Pasto Grande, en base a los ensayos y/o análisis y evaluación de los resultados emitidos por el laboratorio; se evalúan los parámetros físicos y químicos

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anggren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

de los afluentes del Embalse de Pasto Grande, así como la descarga del canal hasta llegar a la salida de la planta de tratamiento de Cata Catas e Inalámbrica.

La evaluación de la calidad del agua en la zona de estudio, contempla el análisis de los siguientes parámetros:

Parámetros Físico y Químicos:

- ◇ pH
- ◇ Conductividad Eléctrica
- ◇ Oxígeno Disuelto
- ◇ Temperatura
- ◇ Turbidez
- ◇ Transparencia
- ◇ Demanda Biológica Oxígeno
- ◇ Demanda Química de Oxígeno

Parámetros Inorgánicos:

- ◇ Sólidos Totales Disueltos
- ◇ Dureza Total
- ◇ Cloruros
- ◇ Sulfatos
- ◇ Fósforo Total
- ◇ Nitrato
- ◇ 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).

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, 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.

Los diagramas de pie ubicados en los mapas, corresponden a los resultados de calidad de las estaciones ubicadas a lo largo de los afluentes para las microcuencas de los ríos, seguido en el embalse y descarga del embalse. Estas representaciones nos indican la variabilidad de la concentración de los parámetros que presentan mayor incidencia en las aguas.

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 N°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).

Río Mollojuaira

- ◇ Las aguas de la Micro Cuenca del Río Mollojuaira son ácidas desde la parte alta de la Micro Cuenca 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 sub superficiales de características termales.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Haydée Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

Ing. Ricardo Aparicio Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Ing. César Liviniano Carreño
ING. AGRÍCOLA
CBP. 2531

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

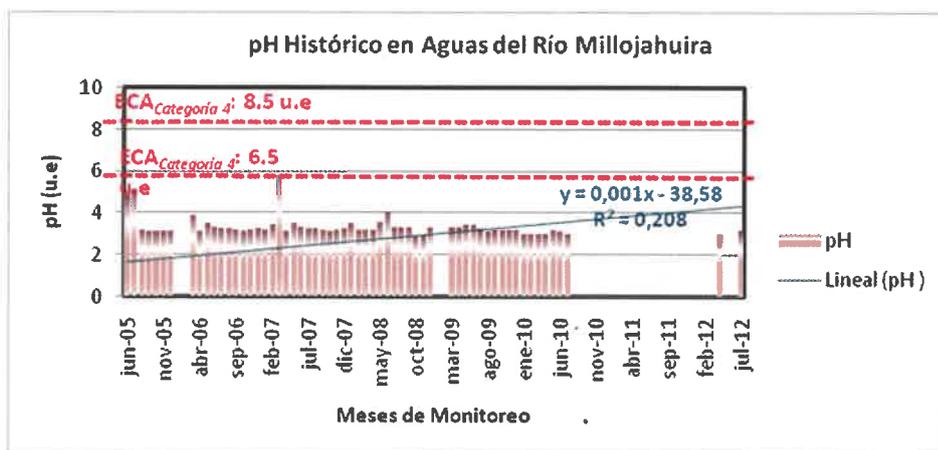
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 19337

- ◇ Las aguas ácidas del río Millojahuirra presenta principalmente algunos metales como el hierro, aluminio, manganeso, níquel y zinc 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.
- ◇ 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.
- ◇ Las aguas superficiales de la microcuenca Río Millojahuirra; presentan una hidroquímica de sus aguas con predominio de iones calcio, sulfato, según diagrama Piper.
- ◇ 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 en los sedimentos, teniendo como potencial de alto riesgo como la resuspensión 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
- ◇ La zona donde entrega las aguas al embalse Pasto Grande, genera corrientes y depósitos de elevado contenido metálico en los sedimentos, teniendo como potencial el alto riesgo como la resuspensión 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.
- ◇ La principal carga metálica preliminar aportada por las aguas del río Millojahuirra, medidas en base al caudal y concentración durante el segundo monitoreo, mediciones que requieren mayor frecuencia y exactitud , es la siguiente, conformada por los principales contaminantes, siendo el aluminio y hierro , que más se aporta al embalse.

Río Antajarane

- ◇ La calidad de las aguas del río Antajarane en su nacimiento presenta aguas de buena calidad, alcalinas, claras y de bajo contenido salino, con ligero exceso de cobre, níquel y zinc, según la Categoría 4 de los Estándares de Calidad Nacional. (ECAs).
- ◇ Las aguas en su recorrido recibe al inicio el aporte de una hidrotermal que le baja ligeramente el pH, y antes de su descarga al embalse, recibelas aguas del río Hualcane de elevada acidez, 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 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).

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apac|a Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 1823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazaari-Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 5.572

CONSORCIO V-5

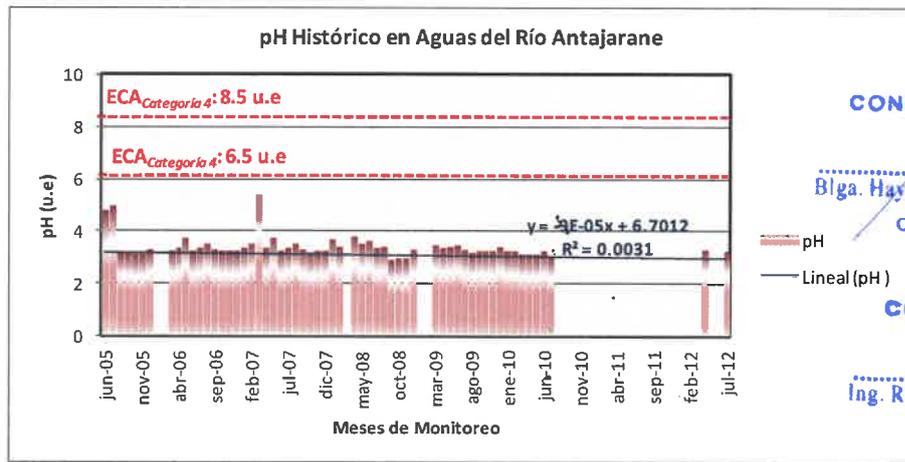
Ing. Karel Zamudio-Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Arandoren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

- ◇ La calidad del agua alcalina del manantial de Copapujo que aporta aguas al río Antajarane, no tiene influencia significativa en su calidad por ser de bajo caudal.
- ◇ Las aguas ácidas del río Antajarane, presentan contenido metálico de hierro, fósforo y zinc 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 acides.



CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

RÍO MILLOJAHUIRA						
CARGA METALICA TM/AÑO						
Al	As	Cr	Fe	Mn	Zn	
1935	1,27	0.29	65.7	1.10	0.74	

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

- ◇ La descarga de las aguas del río Antajarane en el embalse aporta con una carga metálica puntual aproximada, tal como se muestra a continuación.

CONSORCIO V-5

ESTACION	PROCEDENCIA	Caudal L/s	CARGA METALICA PRELIMINAR										
			Al	B	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	P	Pb	Zn
E-44	Río Antajarane a 150 metros de la carretera aguas arriba.	1830	33,53	0,022	0,002	0,068	0,162	9,168	0,378	0,071	0,02	0,02	0,215
	TM/año		1935	1,27	0,12	3,92	9,35	529	22	4,10	1,15	1,2	12,4

Ing. Raúl Zapudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Alejandra Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

Río Patara

- ◇ Las características de la calidad del agua en la Micro Cuenca 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.
- ◇ Existe la tendencia a incrementar las concentraciones de metales en época estiaje.
- ◇ El río Tocco presenta durante el monitoreo de la segunda campaña (Julio 2012) concentraciones críticas en la parte baja de la Micro Cuenca (altas concentraciones de metales).
- ◇ Las aguas de la microcuenca Patara; reportaron una hidroquímica cuya tendencia predominante son los cationes calcio y aluminio y los aniones mayoritarios son sulfatos y con menor proporción de cloruro.

Río Tocco

- ◇ 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 por el valor de pH presentado, que supera el límite superior del rango de pH establecido en los ECAs para las Categorías 4 y 3.
- ◇ Las aguas del río Tocco, son claras de bajo contenido salino, con posible ausencia de materia orgánica por la Demanda Bioquímica no detectable.
- ◇ Por el contenido de sales carbonatas cálcicas y magnésicas expresadas como dureza, se puede calificar que son aguas blandas.
- ◇ De escaso contenido metálico, con excepción de la presencia de zinc 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 micro cuenca del río Tocco tiene como ión predominante al magnesio y como cationes predominantes al calcio y sodio. Mantiene la tendencia con respecto a los resultados obtenidos en el monitoreo en periodo de lluvias (Abril 2012).

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

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

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Manguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apachta Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázaro Carricho
BIOLOGO
CBP. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

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.ede., 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.

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	Niquel	Fósforo	Si licio	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 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	Mangane
								o	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

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 44553

 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazearry Carrero
BIÓLOGO
CIP. 269

 CONSORCIO V-5
 Biga Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55672

 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Canal Ite

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

CONSORCIO V-5

[Signature]
Blga. Hildce Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-6

[Signature]
Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-6

[Signature]
Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

[Signature]
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

[Signature]
Ing. Raúl Zapudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

[Signature]
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

[Signature]
Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

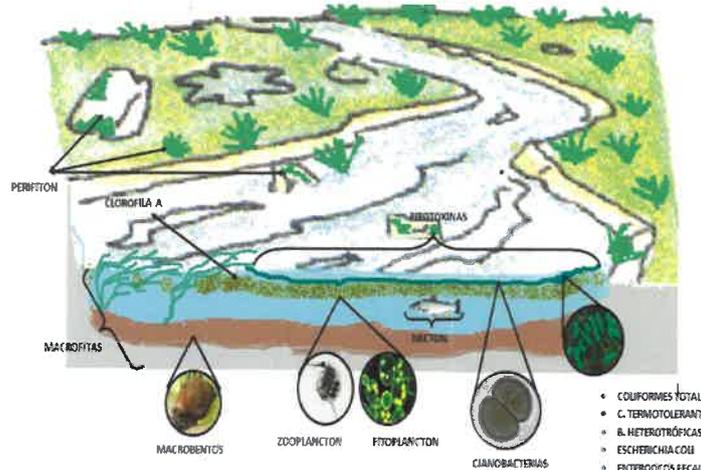
CONSORCIO V-5

[Signature]
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

SECCIÓN: CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA, HIDROBIOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DEL EMBALSE PASTO GRANDE.

AFLUENTES PRINCIPALES DEL EMBALSE PASTO GRANDE

Río Tocco, presenta aguas claras, con pH en niveles ligeramente alcalino, con materia orgánica a nivel de trazas y ausencia de metales pesados, presenta aguas de buena calidad abiótica; sin embargo, presenta dominancia de cianobacterias y ficotoxinas, que influyen en el impacto en otras comunidades tales como zooplancton, perifitón, etc.



CONSORCIO V-5
Bla. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

Afluentes del río Patara, presentan aguas con contaminación antropogénica y natural, siendo la característica principal es el pH ácido, especialmente en los ríos Acosiri y quebrada Cacachara, lo cual disminuye las comunidades hidrobiológicas.

El río Patara, presentan aguas con algunas especies hidrobiológicas, sien embargo son los afluentes del Patara los que influyen en la desestabilización de la s comunidades hidrobiológicas

El impacto sobre Embalse no es elevado debido al volumen de las aguas del río Patara que diluye las aguas del río Cacachara, disminuyendo las concentraciones de los elementos contaminantes tales como metales pesados.

Los Ríos Antajarane y Millojahuira, no se encuentran contaminados por labores mineras, pero presentan aguas ácidas integrando los datos se determina que son originados causas naturales, sin embargo se encuentra plancton tanto fitoplancton como zooplancton; las cianobacterias están presentes y hay ausencia de algas saludables tales como clorophytas y otras que permiten un ecosistema sostenible.

En el río Tocco, no se presenta la característica de aguas ácidas, por tanto existe una comunidad de plancton un tanto diferentes a los demás, sin embargo, se presentan una significativa cantidad de cianobacterias que sobrepasan el limite referencias de riesgo de floración algal aunque solo en el periodo de avenida..

En el río Patara no hay uniformidad entre la relación de fitoplancton y nutrientes, presentándose en los puntos después de la confluencia de los ríos Cacachara, río Amani y río Jachacuchajahuira, valores de fosfatos reducidos.

En el río Antajarane no existe relación de fitoplancton con fosfatos en el Monitoreo I, los valores son menores a 0.01 mg/L, mientras que en el II Monitoreo se elevan cerca de 0,1 mg/L.

En río Millojahuira hay relación directa entre el fitoplancton y el fósforo total moderada.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Aparicio Nativity
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Dr. César Lizcano Carrero
BIÓLOGO
CBP. 269

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO CIVIL
CIP. 55.72

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

MACROPHYTAS Y PERIFITÓN EN AFLUENTES

En los afluentes la prevalencia de macrofitas se ve reflejada en *Chara vulgaris* y *Elatine triandra*, especies de macrophytas más abundantes, mientras que las estaciones con mayor concentración y diversidad de especies, son las estaciones: E-47 (Río Tocco, a 300 mts de trocha carrozable, Majada Tocco) y E-4 (Río Cotañani, altura de mina después de operaciones (ref. mina EM-5).

PROMEDIO HIDROBIOLÓGICOS

Las tablas siguientes nos brindan las cantidades de acuerdo a los afluentes, siendo muy significativo notar que es el río Tocco, tiene mayor cantidad de fitoplancton, seguido en orden de contenido, los ríos Antajarane, Patara y Millojahura en el primer Monitoreo; en el segundo Monitoreo, se mantiene el río Tocco, con mayor contenido de fitoplancton, seguido esta vez de los ríos Patara, Millojahura y Antajarane.

Respecto a los dinoflagelados, tal como *Amphidinium*, *Peridinium* e incluso *Gymnodinimum* no se presentan en los ríos Antajarane y Millojahura para ambos monitoreos, solo en el primer monitoreo se presentaron en cantidades muy bajas en los ríos Tocco y Patara.

El perifiton, en general se incrementa en los 4 afluentes en el estiaje, debido a la disminución del nivel de agua en los ríos, donde las especies quedan adheridas a sustratos como piedras o macrophytas.

No se encontraron peces en los 3 afluentes principales, ríos Patara, Antajarane y Millojahura debido al pH ácido, mientras que en Tocco se encuentran algunos peces, debido a la presencia de ficotoxinas y de cianobacterias.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Blga. Haydeé Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP 11023

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Antonia Carvajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31555

I MONITOREO 2012

COMUNIDADES	AFLUENTES			
	PATARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA
Fitoplancton TOTAL/L	165334	8157000	736000	37500
Diatomeas/L	145143	7902000	652000	32500
Chlorophyceas/ L	6667	15000	21333	4000
Cianobacterias/L	10572	208500	59000	0
Dinoflagellados/L	95	1000	0	0
Zooplancton/L	1642857	9750000	5000000	5250000
Macrobentos/cm ²	132	4026	441	348
Macrophytas/cm ²	37	34	29	50
Perifiton/cm ²	1544	144900	31646	788
Peces/alevines	0	0	0	0

II MONITOREO 2012

COMUNIDADES	AFLUENTES			
	PATARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA
Fitoplancton TOTAL/L	2598724	8122000	190000	455000
Diatomeas/L	2500676	7974500	63000	414000
Chlorophyceas/ L	75238	14000	106333	29500
Cianobacterias/L	18714	109000	18333	10500
Dinoflagellados/L	0	0	0	0
Zooplancton/L	1642857	9750000	0	2250000
Macrobentos/cm ²	121	2688	384	706
Macrophytas/cm ²	23	75	18	11
Perifiton/cm ²	1012501	13757209	6487152	2914575
Peces/alevines	0	0	0	0

INFLUENCIA DEL pH SOBRE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

Se evidencia en las gráficas adjuntas que el pH determina la cantidad de fitoplancton del ecosistema de los afluentes; siendo para el primer monitoreo, el caso del punto E18 correspondiente al río Cacachara, que presenta el valor más bajo de pH y se correlaciona con la menor presencia de fitoplancton; mientras que para el río Patara, donde el pH se encuentra ligeramente mayor al valor de 6 u.e., el fitoplancton también se incrementa; considerándose por lo tanto que el pH, como un factor influyente y determinante en el ecosistema.

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Biga Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zalavadio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

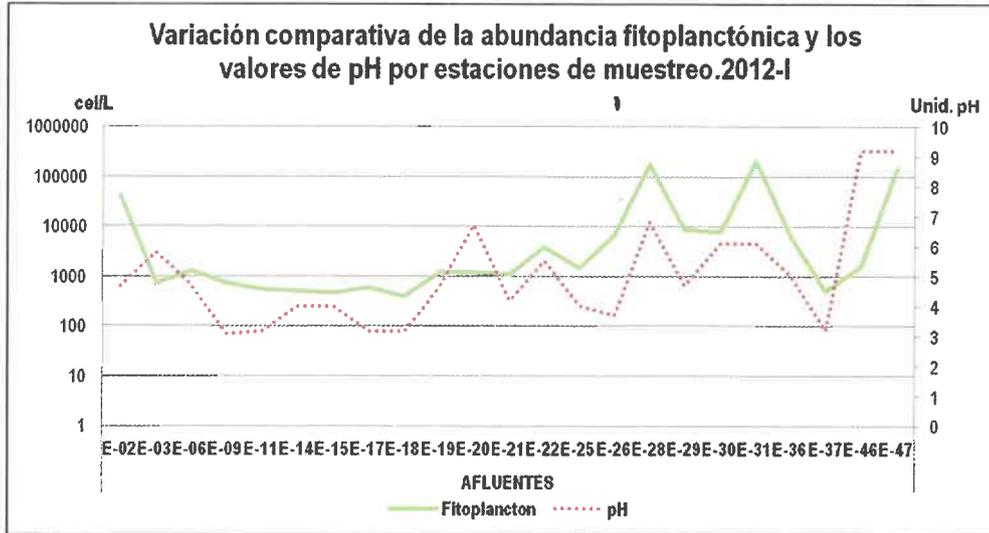
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34783

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565



De igual manera, en el segundo Monitoreo, siendo los puntos, el rio Acosiri después de las minas, E09 y el punto E37 y E44 que corresponden a los ríos Antajarane y Millojahuir, donde se observa la tendencia a disminuir la cantidad del fitoplancton.

El zooplancton si esta disminuido y es la comunidad más afectada, debido a que en varios puntos de los ríos Patara y Antajarane, en el I Monitoreo, no aparecen especies de zooplancton y en el II Monitoreo i

El perifitón y macrobentos que en términos concretos nos hablan del sedimento o sustrato de los afluentes, nos menciona también la relación estrecha con el pH, cabe mencionar de manera especial la diferencia en cantidades de la zona de los afluentes con la zona de descarga la cual tiene una recuperación natural del pH, gracias a la caída de zonas altas, y formación de pequeños floculadores naturales donde se generan oxígeno, es decir recuperación de la acidez que incluso incluye la biota que vive asociada al sustrato y sedimentos sea perifitón o macrobentos.

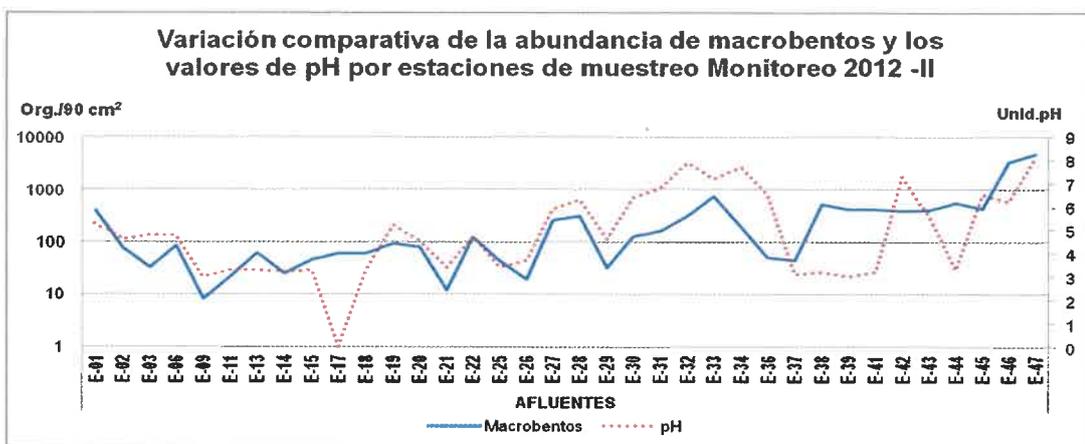


Figura : Comparación de las abundancias de macrobentos junto a la variación del pH durante el Monitoreo- II 2012

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55 72

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zaldívar Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66850

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aracely Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-6
 Blga. Hady Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-6
 Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carricho
 BIÓLOGO
 CBP. 269

DETERMINACIÓN DE FICOTOXINAS Y CLOROPHYLA A EN LOS AFLUENTES DE PASTO GRANDE

No hay efecto de las microcistinas sobre bacterias acuáticas hay informes de que no tiene efecto bactericida sobre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas hydrophila*. De allí que en el I Monitoreo pudimos encontrar en presencia de cierto nivel de ficotoxinas, presencia de bacterias en los afluentes, en el periodo de estiaje cambia y si desaparecen las bacterias en toda la zona de afluentes.

Las ficotoxinas en los afluentes, tienen el valor mayor en Acosiri y también Patara con algo más de ug/L, siendo en la mayoría de los casos existen valores incluso menores de 1 ug/L, sobre todo en las nacientes de los afluentes. A pesar que en Tocco y Antajarane se encuentran la mayor cantidad de cianobacterias, no son los puntos de mayor cantidad de ficotoxinas.

AFLUENTES	FICOTOXINAS (MICROCISTINA U OTRAS) ug/ L		CLOROFILA A mg / M3	
	AVENIDA	ESTIAJE	AVENIDA	ESTIAJE
TOCCO	1.223	1.353	12.709	12.977
ACOSIRI; BODEFAL, COTAÑAÑI	2.122	2.330	13.851	14.362
ACOSIRI DESPUES DE LA OPERACIÓN DE LA MINA	4.000	4.320		
QUEBRADA y RIO CACACHARA	0.500	1.808	4.853	4.834
RIO PATARA Y OTROS	1.772	1.639	21.195	17.182
RIO PATARA ANTES DE CAIRONI	28.836	29.362		
ANTAJARANE	0.640	0.778	12.416	12.962
MILLOJAHUIRA	0.820	1.223	6.543	10.177

En cuanto a Clorophylla A el Rio Patara es el que tiene los valores mayores, siendo en este periodo ligeramente menor que en el primer monitoreo con 17 mg/m³, los puntos de menor cantidad de clorofila A esta frente al Rio Chapioco: Punto 2 del Embalse y Frente al Rio Antajarane, señalando un nivel trófico mesotrófico, debido a que los valores van entre 7 mg/m³ y 17 mg/m³. Según el sistema de clasificación de la OCDE (1982). El valor máximo de clorophylla se da en el punto de Patara antes de la confluencia con Caironi con 29 mg/m³.

A nivel del río Millojahuiria el nivel o concentración de la clorophylla es el más bajo en el I Monitoreo

CARACTERIZACION MICROBIOLÓGICA EN LOS AFLUENTES DE PASTO GRANDE

Los parámetros que permiten caracterizar los cuerpos de agua usando los parámetros microbiológicos de los afluentes se puede comparando con normativa legal, teniendo valores guía en las ECAS 2008 para las aguas tipo Clase A2. Se nota que los coliformes totales y coliformes termotolerantes se presentaron de modo constante en todos los afluentes y en el II monitoreo casi siempre es cero. Las bacterias heterotróficas en el río Tocco se encuentran más constantes con valores de hasta 4900 UFC/ mL y Antajarane 3600 UFC/mL, mientras que en Millojahuiria no aparece

CONSORCIO V-6
Blga. Haydel Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Ing. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Ray Zambudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

nada de bacterias y valores sumamente menores 10 UFC/100 mL de Enterococcus en el II Monitoreo, sin embargo en el I Monitoreo se presentó en un promedio de 3000 UFC/100 mL.. Vale mencionar que este parámetro no solicitado en los tDR ayuda a verificar la presencia de bacterias que aunque heterotróficas no necesariamente vienen del tracto digestivo, por lo tanto es señal de ensuciamiento de las aguas por diversos motivos, incluyendo aire.

Es interesante verificar que a nivel de río Acosiri, la quebrada de Cacachara y Rio Cacachara, se presenta ciertas cantidades de coliformes totales, terno tolerante y E. coli sin embargo en el II monitoreo no aparecen.

Los helmintos que son parásitos provenientes de tractos digestivos humanos y de animales de sangre caliente, están presentes en todos los afluentes. Mientras que disminuyen en el II Monitoreo especialmente en Millojahuiria. Los helmintos reportados son Ascaris e Hymenolepis para el II monitoreo.

La segunda columna es el promedio del río Acosiri y del río Cacachara.

I MONITOREO 2012

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	AFLUENTES				
	RIO PATARA	RIOS ACOSIRI CACACHARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA
CT NMP/100 mL	3177	5276	3300	2950	3390
CTT NMP/100 mL	3027	3198	700	2140	2523
E. coli NMP/100 mL	357	359	240	187	903
Enterococcus NMP/100 mL	2546	4478	1900	2465	3600
B. Heterotróficas UFC /mL	7860	11230	4900	3675	3000
Helmintos HH/ L	25	-	28	37	37

II MONITOREO 2012

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	AFLUENTES				
	PATARA	ACOSIRI CACACHARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA
CT NMP/100 mL	1160	0	1901	822	0
CTT NMP/100 mL	780	0	351	620	0
E. coli NMP/100 mL	260	0	136	68	0
Enterococcus NMP/100 mL	760	0	1551	683	10.00
B. Heterotróficas UFC /mL	2411	32	4900	2140	6.67
Helmintos HH/ L	4.5	-	9	12	1

Los valores de las bacterias del género Enterococcus y coliformes fecales si están presentes en el ecosistema en ambos monitoreos, ya que las ECAS 2008 de modo sumamente estricto menciona 0 /100 mL para este tipo de aguas, lo mismo que para *Escherichia coli*, lo que realmente es irreal, en un cuerpo de agua natural, sin embargo en el caso de *Enterococcus fecalis* se presenta de modo perenne. A nivel de Tocco de modo comparativo llegó a 9000 NMP/100 mL a nivel de Tocco en el I monitoreo mientras que en el II Monitoreo llega a 3, 100 NMP/100 mL en Tocco trocha carrozable.

CONSORCIO V-5
 Ing. Hayde Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apachita Naivaric
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázaro Carrizo
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-6
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO C. TOCO
 CIP. 5. 72

CONSORCIO V-5
 Ing. Paul Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aranguren Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA

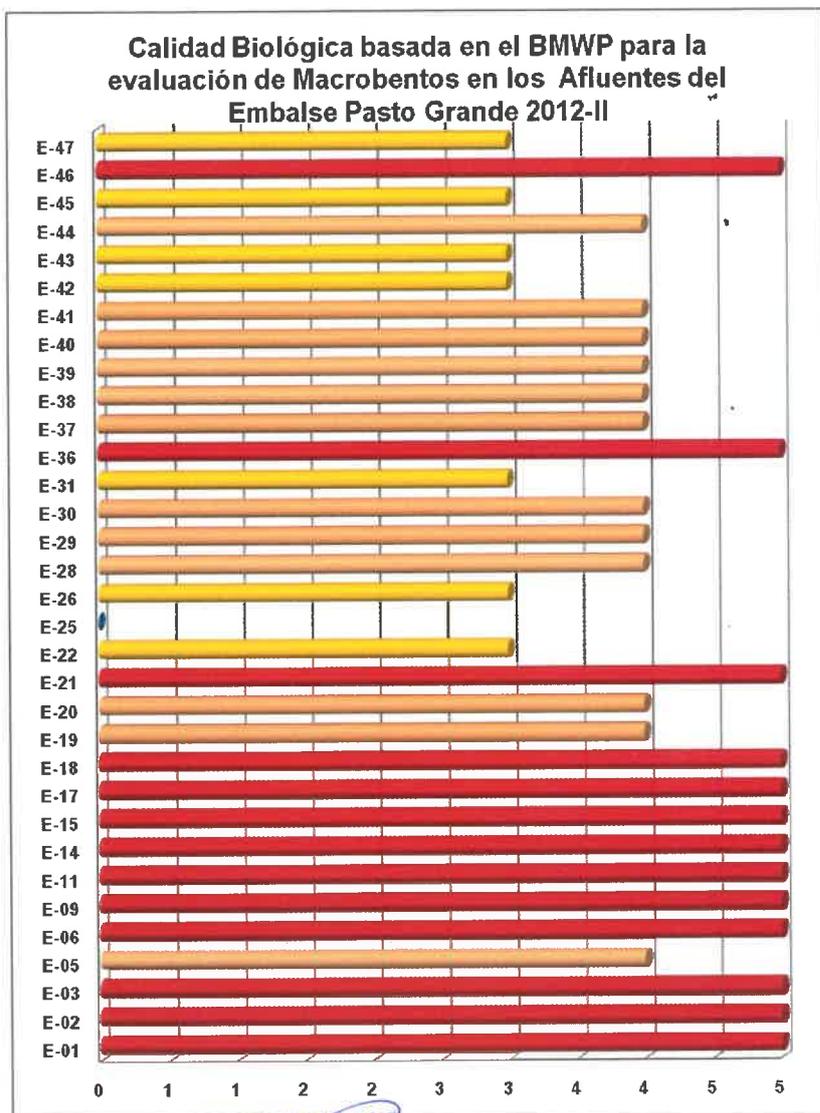
CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31585

En los puntos de muestreo correspondiente a los afluentes en los 2 monitoreos se nota que los coliformes totales son mayores en la época de avenida, mientras que el estiaje baja significativamente o casi cero, es decir no sobrepasa los niveles de 3000 NMP/100 mL y los coliformes termotolerantes cumplen con el valor de 2000 NMP/100 mL a nivel de los afluentes. En cuanto a las bacterias heterotróficas se tiene valores aunque también bajos va teniendo por ejemplo en el E06 Acosiri un valor de 190 UFC/mL, el cuál está dentro de lo normal siendo lugares abiertos.

En algunos puntos por ejemplo E-44 correspondiente a Antajarane a 150 m de la carretera, si sobrepasa el nivel teniendo de bacterias heterotróficas por encima de 10, 000 UFC/mL, también E45, E47 correspondientes a Queñuane y Tocco,

INDICES BIOLOGICOS

El uso de los Índices biológicos nos resume las conclusiones de acuerdo a situaciones convencionales estandarizadas, este índice se escoge debido a la gran cantidad de diatomeas presentes en el medio, obteniéndose una gran mayoría de puntos de los 4 afluentes principales con contaminación débil a moderada, sin embargo sobresale en rojo el punto de muestreo correspondiente a Antajarane antes de la confluencia a la quebrada Hualcane



En ellos a través del Índice BMWP que evalúa una comunidad de macrobentos en sedimentos se determinó puntos graficado en rojo correspondiente a toda la zona de Cotañañi, Acosiri, Quebrada Cacachara y Rio Cacachara como aguas muy críticas, siendo diferente a las mismas aguas libres debido a que en el sedimento se acumula los pasivos por sedimentación natural, lo que constituye una herramienta optima para determinar la caracterización de los sedimentos a nivel de los afluentes. También salió muy crítico el punto E36 correspondiente a la desemboradura de Patara hacia el Embalse y el punto 46 correspondiente a Tocco debido tal vez a la acumulación de toxinas en el sedimento.

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguez Carchajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-6
Bla. Hilda Alvarado Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apéchea Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroz Vite
INGENIERO CIVIL
CIP. 5572

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Amudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 24858

VALORACION	CATEGORIA
Valor 5	Muy Critico
Valor 4	Critico
Valor 3	Dudoso
Valor 2	Aceptable
Valor 1	Bueno

Cabe mencionar que de manera natural estas macrophytas se comportan como un factor de depuración en la zona de la descarga, lo que se evidencia por la recuperación del pH, sin tratamiento alguno, lo que convierte a las especies de macrophytas en un refugio ecológico.

Si consideramos en el ecosistema los promedios de cada monitoreo de los parámetros microbiológicos, parasitológicos, de ficotoxinas y clorophylla-A-a, veremos de modo comparativo en las 2 tablas siguientes y los gráficos de los promedios de los 2 monitoreos, la diferencia entre ambos monitoreos en cada afluente el embalse y la descarga, incluyendo el promedio de los helmintos presentes en sedimentos.

BIOENSAYOS DE TOXICIDAD:

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
C.B.P. 2531

I MONITOREO AVENIDA			
Estación	CL50 (%)	Categoría Toxicológica	Descripción de las Estaciones
E-09	0.96	tóxico XXXX	Rio Acosiri, altura de la mina después de operaciones (ref. mina EM-4)
E-15	1.07	tóxico XXXX	Quebrada Cacachara despues de desmontes
E-36	1.57	tóxico XXXX	Rio Patara, a 250 mts. de la carretera aguas arriba
E-44	1.91	tóxico XXXX	Rio Antajarane, 150 mts. de al carretera aguas arriba
E-04	9.42	tóxico XXX	Rio Cotañani, altura de mina despues de operaciones (ref. mina EM-5)
E-29	12.54	tóxico XXX	Rio Patara, después de confluencia con rio Cacachara
E-39	2.9	tóxico XXX	Rio Millojahuir, a 50 mts. de la carretera , antes de ingresar a embalse
E-45	11.56	tóxico XXX	Rio Queñuane, a 100 mts. de la carretera aguas arriba
E-47	27.3	tóxico XXX	Rio Tocco, a 300 mts de trocha carrozable (Majada Tocco)

En cuanto a bioensayos de toxicidad en los puntos de los afluentes, estos permiten conocer como responde un organismo modelo frente a las agua de los afluentes siendo la zona de , Quebrada de Acosiri, cacachara, Antajarane, Cotañani, Millojahuir, es decir los afluentes relacionados con los pasivos ambientales.siendo el mayor el E9 que corresponde a un punto mayor de 0,96%, es decir 0,96% de agua del Rio Acosiri lo elimina a más del 50% de la población modelo.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Amparoren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Aparicio Nativarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11634

CONSORCIO V-4

Dr. César Lázcano Carreón
BIOLOGO
C.B.P. 266

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CAUSAS DETERMINANTES DE LA CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA:

Causas por las que las aguas de los afluentes presentan las características determinadas en los ensayos de caracterización.

Causa Natural: Meteorismo, afloramiento de aguas ácidas, desglaciación, presencia de tobas volcánicas. Especialmente en Millojuhuira, Antajarane y Patara.

Causa Antropogénica: Presencia de actividad minera anterior, es decir pasivos mineros de la Mina Santa Rosa de Aruntani, en algún momento presencia de ganadería y pequeños poblados, especialmente en Quebrada Cacachara, Río Acosiri. Río Cotañañi.

Diagnóstico

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarie
ING. AGRICOLA
CIP. 11623

Estimaciones respecto a las probables variaciones de la calidad de las aguas de los afluentes en el futuro inmediato y mediano de no desarrollarse acciones de remediación.

En un futuro inmediato en el Afluente Tocco que presenta pH en rangos neutros, tiene una tendencia a incrementar algas tóxicas, lo que podría generar aumento de ficotoxinas, se recomienda medir con constancia los niveles de algas verdes azules, clorophila y nutrientes, a fin de vigilar que no exista incrementos de otro modo tomar acción con la aplicación de sulfato de cobre pro aspersion, para evitar algún indicio de eutroficación.

En un futuro inmediato en el Afluente de Millojuhuira, Antajarane y Patara con pH ácidos, se podría incrementar la característica ácida, o mantenerse con perjuicio especialmente al Embalse y su descarga, la misma que aunque se neutraliza y hasta alcaliniza por su relación con las aguas alcalinas de Jachacuesta.

CONSORCIO V-5

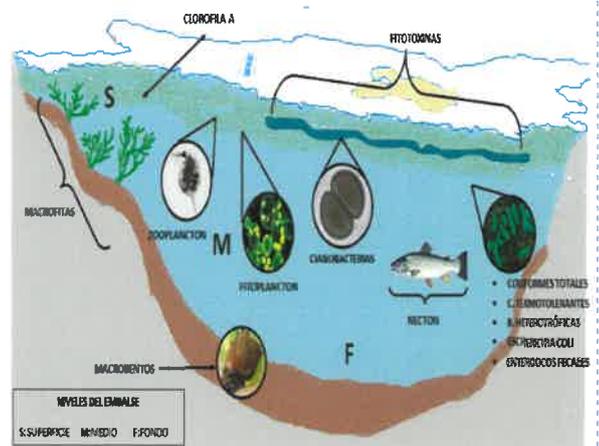
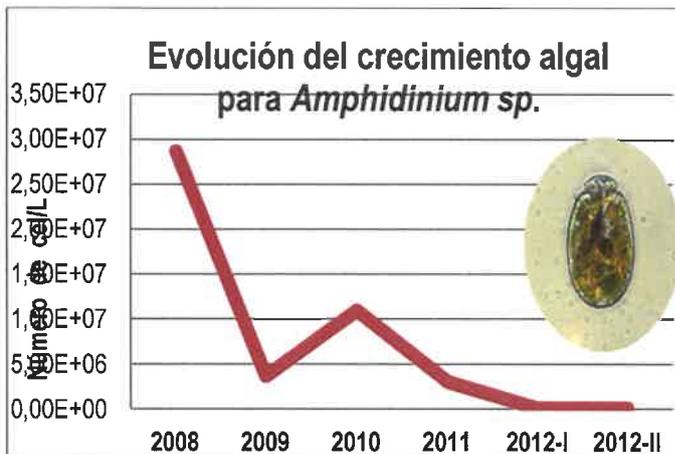
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Dr. César Cárdenas Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

Respecto a los dinoflagelados, tal como Amphidinium, Peridinium e incluso Gymnodinium que en periodos anteriores confirieron el color rojizo al Embalse Pasto Grande, estos no se encuentran en cantidades tal que sean causantes de la coloración que eventualmente se presenta.



En el Embalse Pasto Grande se nota homogeneidad en los datos de nitratos en ambos monitoreos incluyendo las zonas medias y profundas, ratificándose por este factor también la ausencia de una estratificación

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Los organismos del plancton no siempre es favorable permanecer en las capas superficiales, es decir, les resulta ventajoso a veces aumentar un poco la tasa de hundimiento positivo. Por ello muchos organismos de esta comunidad no se hallan en la zona pelágica exclusivamente, sino que, por el contrario, pasan gran parte de su vida o de su ciclo vital en los sedimentos o en otras zonas del ecosistema. Puede concluirse, según esto, que muchos organismos son sólo planctónicos facultativos (Reynolds, 1984).

COMUNIDADES BIOLÓGICAS	I MONITOREO EMBALSE	II MONITOREO EMBALSE
	SUP/ MED/ FON	SUP/ MED/ FON
Fitoplancton TOTAL/L	6021845	1739700
Diatomeas/L	4446591	1498529
Chlorophyceas/ L	1389574	209088
Cianobacterias/L	142682	786000
Dinoflagellados/L	98	0
Zooplancton/L	5978847	2109375
Macrobentos/cm ²	76	54
Macrophytas/cm ²	26	-
Perifiton/cm ²	-	-
Peces/alevines	0	0

CONSORCIO V-6

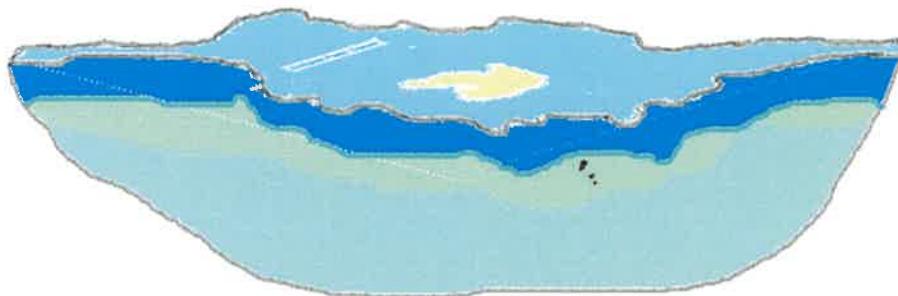
Nivel de Riesgo Mínimo:

- <20 µg/L de Clorofila-a
- <10 000 cel/L
- **CASO EMBALSE PASTO GRANDE**

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Naivarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823



CONSORCIO V-6

Dr. César Lázaro Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55372

BIOENSAYOS EN EL EMBALSE Y SEDIMENTOS

Todos los puntos de agua superficial del I Monitoreo son tóxicos en dos niveles siendo frente a Millojahuira y Antajarane los más tóxicos, vale mencionar que la toxicidad es sobre el modelo de un microcrustáceo, no para el ser humano, sin embargo la tendencia no es bueno, ya que el nivel mas tóxico es de 3.15% es decir la dilución del agua Frente a Millojahuira en un 3.15% elimina el 50% de la población modelo del microcrustáceo.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguilen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

TOXICIDAD AGUDA DEL AGUA SUPERFICIAL CON *Daphnia magna* PULGAS DE AGUA

I MONITOREO AVENIDA			
Estación	CL50 (%)	Categoría Toxicológica	Descripción de las Estaciones
E-48	3.15	tóxico XXX	Frente al río Millojahuira
E-49	2.53	tóxico XXX	Frente al río Antajarane
E-50	36.39	tóxico X	Frente al río Patara
E-51	58.27	tóxico X	Frente a la cabaña Chapiocco
E-52	60.16	tóxico X	Frente a la quebrada Incacachi
E-55	71.04	tóxico X	Centro del embalse - 2
E-56	59.55	tóxico X	Centro del embalse - 3
E-57	30.88	tóxico X	Centro del embalse - 4
E-58	37.86	tóxico X	Centro del embalse - 5
E-59	33.54	tóxico X	Centro del embalse - 6
E-60	59.24	tóxico X	Salida del embalse Pasto Grande

Tabla N° TOXICIDAD AGUDA DEL AGUA SUPERFICIAL CON *Daphnia magna* PULGAS DE AGUA

II MONITOREO ESTIAJE			
Estación	CL50 (%)	Categoría Toxicológica	Descripción de las Estaciones
E-48	100	atóxico	Frente al río Millojahuira
E-49	100	atóxico	Frente al río Antajarani
E-50	100	atóxico	Frente al río Patara
E-51	100	atóxico	Frente a la cabaña Chapiocco
E-52	100	atóxico	Frente a la quebrada Incacachi
E-55	100	atóxico	Centro del embalse - 2
E-56	100	atóxico	Centro del embalse - 3
E-57	100	atóxico	Centro del embalse - 4
E-58	100	atóxico	Centro del embalse - 5
E-59	100	atóxico	Centro del embalse - 6
E-60	100	atóxico	Salida del embalse Pasto Grande
E-53	100	atóxico	Frente al río Tocco
E-54	100	atóxico	Centro del embalse -1

El estudio de corrientes de agua del embalse, tiempo de residencia, turbulencia, tipo de flujo, etc es un sector que corresponde al estudio hidrológico de las aguas del embalse, sin embargo con la ayuda de disco de Sechi se registró los niveles de altura que nos señala el nivel de transparencia del agua, siendo que las profundidades de agua son aprox. 30 cm. donde se aprecia incidencia solar y en determinadas horas hay vientos con aproximadamente 5 m/s que llegan a formar ondas en el agua en la superficie.

Según las evaluaciones biológicas que en el Embalse no hay estratificación evidente, se hizo perfiles verticales de fitoplancton y zooplancton, debido a que los puntos tienen diferentes profundidades lo que implica diferentes penetraciones de la radiación solar, el de mayor profundidad llega a aproximadamente a 7 m. (Ver gráficas e interpretación fisicoquímica)

CONSORCIO V-5
 Biga. J. Yude Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 C.B.P. 2531

CONSORCIO V-6
 Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-6
 Ing. César Lazcano Carricho
 BIÓLOGO
 C.B.P. 209

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vitte
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55372

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castibh
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

El estado trófico del I Embalse Pasto Grande es de tipo MESOTRÓFICO es decir está en la escala media del sistema trófico, con tendencia a ser Oligotrófico es decir con desaparición de una variación de especies biológicas. En los Monitoreos se midió la clorofila A en los 3 estratos, no habiendo diferencia significativa entre ellos,, repitiéndose el punto frente al Rio Tocco como el que tiene los valores mayores de Clorophylla A, siendo en este periodo de estiaje ligeramente menor que en el primer monitoreo con 17 mg/m³, los puntos de menor cantidad de clorofila A están frente al Rio Chapioco: Punto 2 del Embalse y Frente al Rio Antajarane, señalando como se dijo anteriormente un nivel trófico mesotrófico, debido a que los valores van entre 7 mg/m³ y 17 mg/m³. Según el sistema de clasificación de la OCDE (1982). No se nota estratificación a nivel de la columna del agua en los diferentes puntos del Embalse Pasto Grande.

Causas por las que las aguas del embalse presentan las características determinadas en los ensayos de caracterización.

Tiempo de retención de aproximadamente 2 años.

Posible uso de nutrientes para fertilización en el periodo de crianza de truchas

Ingreso de nutrientes en el periodo de la actividad de acuicultura

Mortandad masiva de truchas en el Embalse Pasto Grande

Disminución de Oxígeno en el Embalse

Competencia de especies biológicas por nutrientes

Contaminación por metales pesados en el ecosistema

Contaminación fecal moderada en los afluentes y en el ecosistema

Aporte sostenido de aguas ácidas

Perdida de agua por evaporación

Lenta circulación y/o renovación de aguas por el tiempo de retención.

Deficiente gestión operativa del agua almacenada de Pasto Grande.

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Estimaciones respecto a las probables variaciones de la calidad de las aguas del embalse en el futuro inmediato y mediano de no desarrollarse acciones de remediación.

Opción a ser degradado en el sistema trófico de mesotrófico a oligotrófico.

Desaparición de comunidades Zoplantónicas

Dominancia total de un grupo de de fitoplancton

Desaparición de especies macrobentónicas incluso resistentes.

Si hubiera ingreso de nutrientes, se presentarían nuevamente floraciones algales.

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 86858

CONSORCIO V-5

Blg. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 5530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguiza Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

Relación entre el comportamiento de los bentos (Sedimentos) y la masa de agua del embalse considerando la variación del nivel de agua del embalse.

El bentos están contaminados con metales pesados que se han ido acumulando en el tiempo determinándose valores altos que sobrepasan los niveles de la ECAs (mencionado solo de referencia),

El bentos tiene representantes de insectos y otros invertebrados, los cuales señalan estrés ambiental

Relación entre la calidad del agua de los afluentes del embalse con los bentos.

En términos de bentos los niveles son elevados usando el índice de BMWP indicando caracterización del cuerpo de agua contaminada con la ayuda de macrobentos, mientras que el Índice diatómico IDG señala menor contaminación en las aguas libres, señalando casi en su totalidad estaciones de contaminación moderada (categoría 3); mientras que en el bentos el indicador de macrobentos ingresados al índice de BMWP son todos de contaminación muy crítica (categoría 5).

Estos Índices biológicos nos resume las conclusiones de acuerdo a situaciones realistas, donde se analiza como un todo los existente en el ambiente sea sinérgico o antagónico, el caso es que son factores más ligados a un efecto real.

Esto nos indica el sedimento constituye un peligro biológico si se resuspendiera ya que su impacto sería muy perjudicial para las aguas de la descarga, especialmente a nivel de las planta de tratamiento para agua de consumo humano, causando la necesidad de mayores costos en el proceso de desinfección.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65858

CONSORCIO V-5

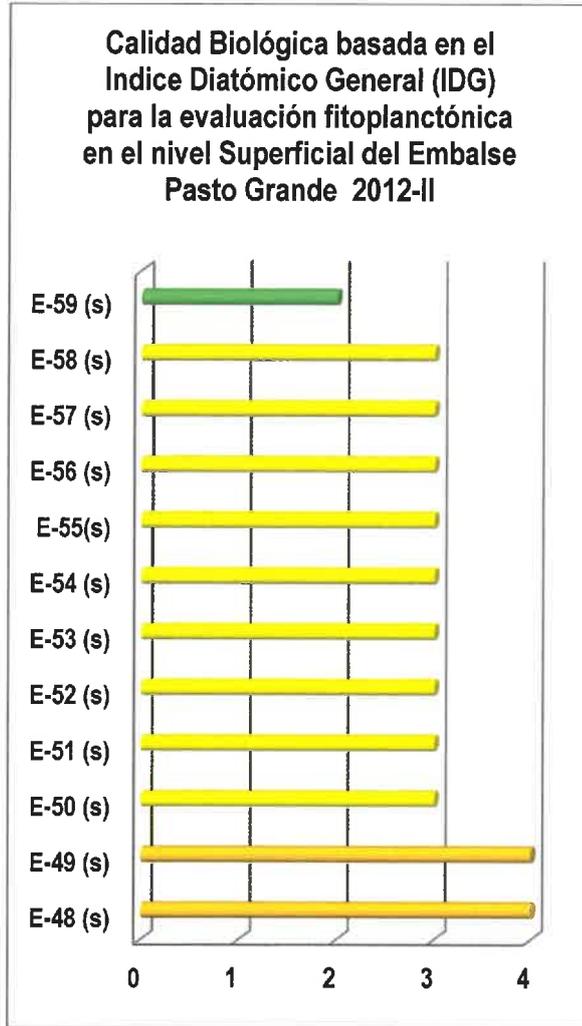
Ing. Víctor Draz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguar Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565



VALORACION	CATEGORIA
Valor 7	Polución Tóxica
	Polución
Valor 6	muy Fuerte
	Polución
Valor 5	Fuerte
	Polución
Valor 4	Media
	Polución
Valor 3	Moderada
	Polución
Valor 2	Débil
Valor 1	Calidad Biológica Óptima

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaclla Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazaño Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

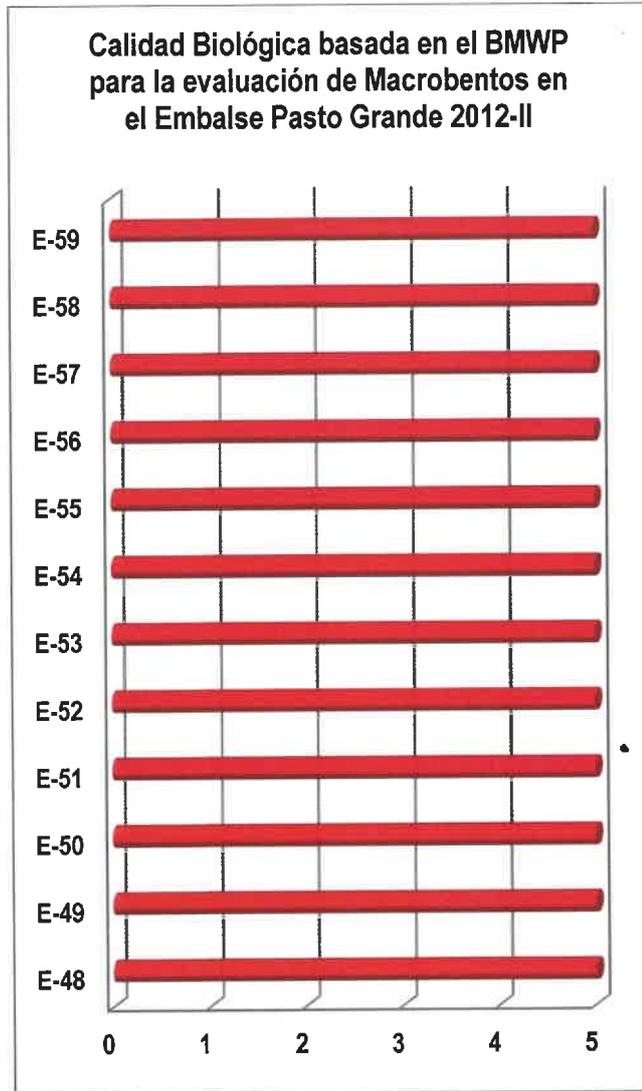
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34762

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 34565



VALORACION	CATEGORIA
Valor 5	Muy Crítico
Valor 4	Crítico
Valor 3	Dudoso
Valor 2	Aceptable
Valor 1	Bueno

CONSORCIO V-5

Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

Determinar si existe la posibilidad de generación de procesos de desgasificación en el embalse y cuál es la relación con el tirante y la calidad del agua del embalse.

La materia prima del sedimento del Embalse no es proveniente de contaminación orgánica y doméstica, por tanto no hay posibilidades de generación de gases orgánicos, el proceso que habría es el de la resuspensión de metales pesados. El tirante hidráulico ejerce presión para mantener los sedimentos en la profundidad de acuerdo a las características evaluadas. Los gases H₂S se forman por la descomposición de la materia orgánica generada en el mismo embalse, expresada como demanda bioquímica de oxígeno.

Sin embargo en la misma columna de agua (puntos de muestreo superior, medio y profundidad) la demanda bioquímica de oxígeno es mínima hasta no detectable.

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Anselmín Carvajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nahuarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 1823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lukács Carrero
ING. QUÍMICO
CIP. 259

Estimaciones del comportamiento futuro inmediato y mediato de los sedimentos y su relación con las aguas del embalse, de no adoptarse medidas de remediación si lo fuese necesario.

En el artículo 27 DEL DS N° 57-2004 PCM se menciona la calificación de residuos peligrosos, lo que abarca los sedimentos del Embalse Pasto Grande estos ingresan en las características de un sedimento peligroso.. El listado de Residuos peligrosos, basado en el convenio de Basilea, menciona varios ítem y se menciona residuos de plomo, arsénico, cadmio: Pero en el mismo artículo 27 se dice de modo ESPECIFICO que la DIGESA puede determinan si es peligroso si no está especificado en esta norma y el ITEM 3 dice " *Se consideran también como residuos peligrosos, los lodos de los sistema de tratamiento de agua para consumo humano....salvo que el generador (o sea nosotros) demuestre lo contrario con los respectivos estudios técnicos que lo sustenten*".

Por tanto es necesario tomar acción con la remediación propuesta y debido a que no se puede retirar los sedimentos del embalse se debe confinar el sedimento de modo adecuado, a fin de que no exista la posibilidad de resuspensión de los metales pesados presentes en el Sedimento del Embalse.

Un residuo peligroso, por lo tanto, es un desecho con propiedades intrínsecas que ponen en riesgo la salud de las personas o que pueden causar un daño al medio ambiente. Entre las propiedades que convierten a un residuo en peligroso se encuentran la inflamabilidad, la reactividad, la radioactividad, la toxicidad y la corrosividad, siendo que éstos 2 últimas características podrían recrudecer en épocas de sequía o años secos.

Existen características de peligrosidad son explosividad, inflamabilidad y combustión espontánea será fácil sustentar que no se dan en el Embalse, sin embargo otras características como las sustancias infecciones, ecotóxicos y generación de gases habría que hacer más estudios tal como se ha recomendado.

DESCARGA DE LA PRESA A LO LARGO DE SU RECORRIDO DESDE LA SALIDA HASTA ILO

A nivel de la Descarga de la presa y su largo recorrido desde la salida hasta Ilo; la caracterización biológica toma un matiz especial, ya que en el punto E60 que es la salida de la presa aún sigue el pH ácido, pero en el siguiente punto el E61 correspondiente al Tunel Jachacuesta se presenta un cambio en las condiciones ácidas, tornándose normales hasta incluso alcalinas, debido al aporte alcalino de las aguas de las infiltraciones del Tunel Jachacuesta; además con el Manantial Chaullapujo contribuye a un proceso de dilución.

Esto hace que se mantenga las poblaciones hidrobiológicas especialmente cianobacterias tal como en Tocco; talvés la caída de la parte alta (descarga rápida) hace que el oxígeno disuelto en agua aumente y permita un equilibrio en el pH y por ende en la presencia de Algas. Así mismo permite que cualquier contaminación del Embalse se neutralice, el nivel de perifiton es decir de algas acumuladas sobre piedras, paredes y macrophytas son especies siempre presentes, produciendoun biofilm, que puede servir como un refugio y un nivel de recuperación natural.

La presencia de *Escherichia coli* en la descarga del Embalse Pasto Grande y también los niveles de ficotoxinas, desecha la idea de la inhibición de bacterias frente a ficotoxinas. Es probable que las cianotoxinas puedan afectar solo a algunas especies de microorganismos acuáticos y no a otros. Incluso, es posible que algunas toxinas funcionen como infoquímicos para el establecimiento de algún tipo de simbiosis, en los que se presume que las bacterias pueden proveer algún tipo de factor de crecimiento a las cianobacterias y estas a su vez, aportarles de materia orgánica para su crecimiento (Sivonen y Jones,1999). No cabe duda que hay factores que merecen seguir las investigaciones específicas en cada caso y el control con mayor frecuencia, lo que explicará mejor este comportamiento y la relación entre bacterias y ficotoxinas, e incluso la presencia de comunidades

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
CIP: 2631

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacita Navarrete
ING. AGRICOLA
CIP: 1183

CONSORCIO V-5

Ing. César Lazcano Carrizosa
BIÓLOGO
CIP: 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP: 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP: 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP: 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angélica Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP: 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP: 31565

hidrobiológicas en la descarga del Embalse.

Considerando que en la parte final encontramos las salidas de las 3 plantas de tratamiento E76, E82 y E84 notamos presencia de fitoplancton a pesar de que hay una ligera tendencia a la disminución de nitratos, aunque estos no sobrepasan los límites permisibles para agua potable. Sin embargo el DS N° 031-2010 ahora establece límites para la presencia de algas y otros organismos de vida libre, siendo que no se cumpliría con este parámetro, teniendo que establecer un plan de mejoramiento en cada planta de tratamiento.

I MONITOREO 2012

COMUNIDADES	DESCARGA DEL EMBALSE PASTO GRANDE		CONSUMO HUMANO
	DESCARGA INIC	DESCARGA FINAL	SALIDA 3 PLANTAS
Fitoplancton TOTAL/L	11250125	494208	45000
Diatomeas/L	11188000	457923	34000
Chlorophyceas/ L	8875	31571	11000
Cianobacterias/L	52125	2857	0
Dinoflagellados/L	0	500	333
Zooplancton/L	2062500	1500000	500000
Macrobentos/cm ²	993	2744	-
Macrophytas/cm ²	41	38	-
Perifiton/cm ²	155889	21993	-
Peces/alevines	0	0	-

CONSORCIO V-5

Ing. Haroldo Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

II MONITOREO 2012

COMUNIDADES	DESCARGA DEL EMBALSE PASTO GRANDE		CONSUMO HUMANO
	DESCARGA INIC	DESCARGA FINAL	SALIDA 3 PLANTAS
Fitoplancton TOTAL/L	4627075	935071	20000
Diatomeas/L	4581700	920357	18000
Chlorophyceas/ L	19750	4857	0
Cianobacterias/L	22250	3214	0
Dinoflagellados/L	0	143	0
Zooplancton/L	1750000	807692	500000
Macrobentos/cm ²	1417	1659	-
Macrophytas/cm ²	18	11	-
Perifiton/cm ²	910227	287560	-
Peces/alevines	0	0	-

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacita Nalvarto
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 289

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

En la zona de la descarga inicial y final no observa una relación entre el Fitoplancton con fosfatos en el Primer Monitoreo y en el Segundo Monitoreo los valores son menores a 0.1 mg/L, mientras que en el II Monitoreo se eleva en el Punto E83 el fósforo mientras que se encuentra al mínimo la cantidad de fitoplancton, Se evidencia también en puntos cercanos presencia de plancton en cantidades considerables que podría modificar la calidad organoléptica del agua, ya que en reposo o con mayores tiempo de retención pudiera volverse prontamente verde, causando problema de rechazo del agua potable.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguilen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

La caracterización microbiológica a nivel de las entradas y salidas de las plantas de tratamiento, evidencia la presencia de contaminación de las 3 plantas de tratamiento en el Primer Monitoreo Abril 2012, sin embargo se verificó con el laboratorio de ICMA los resultados, usando la metodología apropiada de uso de neutralizante de cloro en los frascos de muestreo.

Se evidenciaron las cadenas de custodia para corroborar la toma de muestra en el lugar exacto y las fechas de muestreo.

En el segundo monitoreo los niveles de coliformes totales, fecales. *Enterococos* y *Escherichia coli* están dentro de lo esperado garantizando agua potable en el caso de las Plantas de Inalambrica Cata Catas, siendo que en la salida de Chen chen se encuentra 4000 UFC//mL de bacteria heterotróficas debiendo ser según el DS N° 031-2010 500 UFC//mL de bacterias heterotróficas como máximo, sin embargo siendo un parámetro de ensuciamiento debe asegurarse que los niveles sean entre 20 y 50 de Bacterias Heterotróficas UFC/mL como máximo, debido a la presencia de cloro residual obligatorio por SUNASS en el agua potable.

El punto de San Antonio de Moquegua a 3 Kilómetros de la Pta Chen Chen descarga después del canal techado por tanto se asumió que las características eran semejantes al punto E75 Ingreso a la Planta de Chen chen.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.

MONITOREO I MICROBIOLÓGICO ENTRADA Y SALIDA DE LAS PLANTAS MOQUEGUA

Estación	E75	E76	E81	E82	E83	E84
Nombre	I. Chen chen	S. Chen chen	I. Inalambrica	S. Inalambrica	I. Catas- catas	S. Catas- catas
CTT NMP/100 mL	3900	4700	4300	4700	5800	8400
CTT NMP/100 mL	3300	3300	2400	3200	3900	6300
E. coli NMP/100 mL	2300	580	150	39	21	400
Enterococcus NMP/100 mL	2600	4300	4800	2700	3800	5800
B. Heterotróficas UFC/mL	10200	9400	6300	8400	13000	22000
Helminths HH/ L	7	4	19	21	19	13
Ficotoxinas ug/L	1.05	0.45	2.52	0.52	3.87	0.55
Clorofila a mg/m ³	12.5	9.87	22.2	NS	NS	NS

MONITOREO II MICROBIOLÓGICO ENTRADA Y SALIDA DE LAS PLANTAS MOQUEGUA

Estación	E75	E76	E81	E82	E83	E84
Nombre	I. Chen chen	S. Chen chen	I. Inalambrica	S. Inalambrica	I. Catas- catas	S. Catas- catas
CTT NMP/100 mL	76000	<1.8	4300	<1.8	200	<1.8
CTT NMP/100 mL	540	<1.8	220	<1.8	<1.8	<1.8
E. coli NMP/100 mL	2	<1.8	17	<1.8	<1.8	<1.8
Enterococcus NMP/100 mL	2600	<1.8	280	<1.8	180	<1.8
B. Heterotróficas UFC /mL	50000	4000	99000	<1.8	71000	<1.8
Helminths HH/ L	6	0	6	0	4	0
Ficotoxinas ug/L	1.12	0.56	2.52	0.52	3.87	0.00
Clorofila a mg/m ³	13.0	10.00	2.16	NS	NS	NS

A nivel de parásitos se nota la presencia de formas parasitarias a nivel de la salida de las plantas en el Primer Monitoreo, no habiendo en el II Monitoreo, pero en es significativo que se presenten especies a nivel de Antajarane donde hay una mínima población, siendo su origen tal vez la actividad ganadera.

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

Ing. María Angélica Cárdenas
INGENIERA QUÍMICA
C.I.P. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31565

Blga. Hydel Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navarte
ING. AGRÍCOLA

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.S. 944

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO

Ing. Raúl Amadio Castillo
ING. QUÍMICO
C.I.P. 66858

CONSORCIO V-5

Por otro lado en la descarga del embalse, la prevalencia de especies macrophytas se evidencia con *Egeria densa* y *Pycnophyllum molle*, donde la estación con mayor cantidad de especies la E-80 correspondiente al Rio Osmore, fundo Chiribaya.

Respecto a las Ficotoxinas; el valor guía recomendado por la OMS de 1 µg/L de microcistina-LR (WHO 1998) en aguas de consumo humano, aunque la obligatoriedad de determinar microcistina se restringe a cuerpos de agua con sospecha de eutrofización en su origen, no es un parámetro obligatorio en las normas nacionales ni internacionales; solo recomendaciones pero solo a nivel de agua potable; por tanto se recomienda seguir con esta evaluación de este cuerpo de agua, debido a que se presenta en el 50% cercano al límite, esto puede afectar de modo acumulativo a la salud de la población, si acaso se elevara a niveles mayores de 1 ug/L pudiendo causar desde alergias, trastornos hepáticos. A la Salida de las Plantas de Chenchen 0,56 ug/L; Planta Inalámbrica 0,52 ug/L y Planta Cata catas 0,55 ug/L es decir el 50% antes de llegar al límite

A nivel de las descargas en el I y II Monitoreo la categoría de las aguas usando los bioensayos de toxicidad son No tóxicos como se espera sin embargo es un parámetro que de efectuarlo de continuo les permitirá conocer el comportamiento sinérgico y/o antagónico de toda el agua del punto evaluado frente a un representante del plancton, siendo que si las LC50 es decir la Concentración letal del 50% de la población del modelo biológico elimina al 50% de la población entonces será una alerta, dependiendo del valor de toxicidad, vale decir valores hasta el 25% de toxicidad son considerados tóxicos, entre 25% y 75% ligeramente tóxico y entre 75% a 100% no tóxicos.

Ningún embalse es igual que el otro, incluso las características propios del Embalse a más de 4000 msnm lo hace sui-generis, por ende difícilmente podemos de modo específico las experiencias de Pasto Grande y su caracterización con otro embalse, así como las respuestas una vez que se desarrollen las alternativas de tratamiento planteadas por el Consorcio.

CONSORCIO V-5


Blga. Haydée Alvariano Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5


Ing. Ricardo Apacilla Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5


Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5


Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5


Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5


Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5


Ing. Martha Angarín Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5


Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP 31565

CAPITULO 5

TRATAMIENTO FÍSICO – QUÍMICO DE AGUAS DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

CONSORCIO V-5


Blga. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5


Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5


Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5


Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

CONSORCIO V-5


Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CAPITULO Nº 5

SECCION 1" "TRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE"

1. INTRODUCCION

Los ensayos realizados para determinar el tratamiento físico químico del sistema de aguas del embalse pasto grande se realizaron exclusivamente en las aguas de los ríos Antajarane, Millojahuira y Patara, asimismo como una forma de corroborar el comportamiento tamponado de las aguas del embalse se trataron muestras de 2 puntos en forma aleatoria. En estos ensayos no fue considerado el río Tocco por las características básicas sostenidas y gran caudal en toda la información histórica y las pruebas de campo que se le practicó.

Las muestras tomadas en los ríos Antajarane, Millojahuira y Patara fueron tomadas en todos los casos respetando la nomenclatura usada en el monitoreo de la primera campaña,



Foto Nº1: Vista de toma de aguas en el Embalse Pasto Grande

Las muestras tomadas para los ensayos se tomaron a 100m antes de la desembocadura al embalse por considerarse que era el mejor punto representativo por la homogeneidad obtenida a lo largo de su recorrido desde la naciente hasta la desembocadura tuego de recibir aportes naturales y antropogénicos.

Las muestras colectadas de los ríos Antajarane, Millojahuira y Patara, evidenciaron un pH ácido en todos los casos incluyendo las muestras del embalse por lo que no fue necesario practicarles ningún protocolo de preservación hasta las pruebas realizadas en Laboratorios

Blgo. Wladimir Alvarado Flores
BIÓLOGO
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Dazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martín Alejandro Carballo
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

Las pruebas de Jarras fueron realizadas en coordinación con la EPS ILO en sus laboratorios contando además con la valiosa participación del personal técnico especializado de la Planta de Tratamiento de agua potable de Cata Catas.

2. ANTECEDENTES

El ecosistema de Pasto Grande tiene características especiales que han hecho de ella un sistema con tendencia a la desestabilización. Los componentes de este sistema interactúan en ocasiones en forma tan especial que altera las características físico químicas de las aguas contenidas en el Embalse. Considerando que uno de los elementos perturbadores de esta estabilidad ambiental es el ingreso de aguas contaminadas por diferentes motivos: natural por afloramientos de aguas ácidas en forma natural (caso del Río Millojahuirá, Antajarane y Patara) y/o actividades antropogénicas (actividades mineras que afectan el cauce y la calidad de las aguas receptoras), el PERPG solicitó se realicen estudios para corregir la naturaleza ácida de las aguas contenidas en el Embalse

Los afluentes principales del Embalse de Pasto Grande tienen características diferenciadas por la naturaleza de sus nacientes y por el aporte natural y/o antropogénicos que sufren a lo largo de su recorrido.

Según la información histórica proporcionada por el PERPG (y ratificada por las evaluaciones de campo) de los ríos considerados como afluentes del embalse solo el río Tocco mantiene buen caudal y características básicas durante todo el año y se convierte en el gran elemento amortiguador del cambio a rangos totalmente ácidos de las aguas del Embalse.

El río Tocco es el único que mantiene la calidad de sus aguas desde su naciente hasta su desembocadura al Embalse Pasto grande; lo que no sucede con el Río Antajarane que recibe descargas ácidas de la actividad minera lo que influye en el aporte ácido y posterior contribución al deterioro de las aguas contenidas en el Embalse.

El río Patara que tiene buenas características desde su naciente, es perturbado por actividad minera lo que también influye en los virajes a rangos ácidos de las aguas almacenadas.

Un caso especial es el del Río Millojahuirá que tiene una gran concentración de minerales producto de afloramientos naturales y asimismo recibe el aporte de afloramiento de aguas termales lo que contribuye aún más en el aporte ácido sostenido a las aguas del embalse.

La coloración rojiza que se observa a lo largo del cauce del Río Millojahuirá se debe a la sedimentación de compuestos férricos que se oxidan a lo largo del recorrido por acción de los fuertes vientos característicos de la zona.

Los grumos resultantes debidos a la oxidación natural de las aguas del río Millojahuirá son de poco peso y ligeramente esponjosos y que al ingresar al embalse, sedimentan durante el atardecer y noche debido a las bajas temperaturas.

El calor recibido en la superficie del embalse debido al fuerte sol de las mañanas altera la estabilidad de la temperatura de las aguas originando el ascenso y desplazamiento de las partículas sedimentadas debido al fenómeno de convección.

Otro aspecto importante a considerar es la enorme área superficial o espejo de agua propia del Embalse Pasto Grande **(241 Ha)** que favorece una gran pérdida de agua por evaporación, proceso importante que contribuye a la concentración de minerales disueltos y por consiguiente la disminución del pH de las aguas contenidas dentro del embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5
Blga. Haydee Alvarado Flores
INGENIERA AGRÍCOLA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazzaro Carreño
BIÓLOGO
CIP. 266

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

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 5585R

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 5530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Mercedes Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

El tratamiento de estas aguas está orientado a neutralizar el aporte ácido de los ríos contaminantes y asimismo neutralizar la acidez de las aguas contenidas en el embalse.

Para evaluar y determinar los reactivos a usar para la modificación del pH de las aguas ácidas del sistema se hicieron en laboratorio las respectivas pruebas de Jarras o Jar Test.

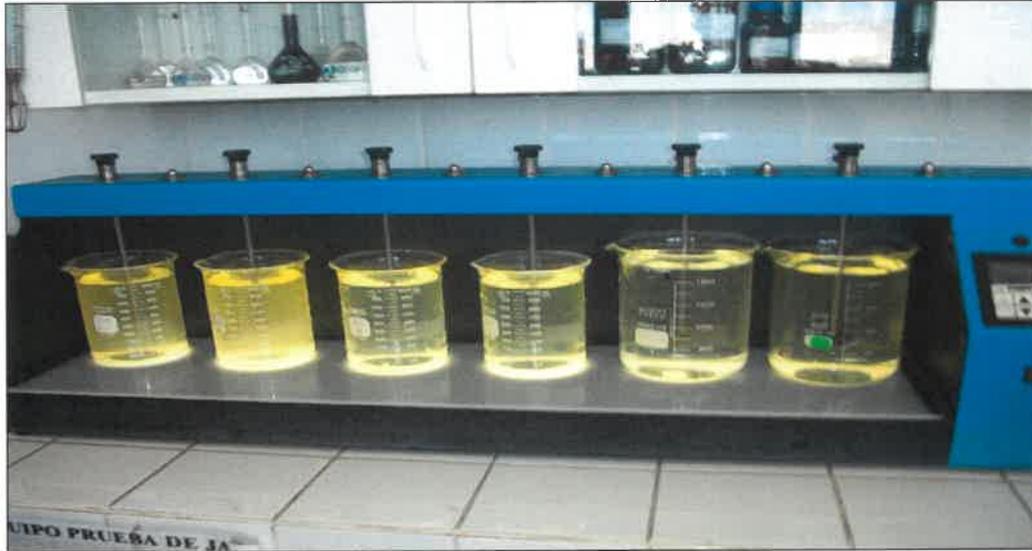


Figura 1: Equipo Floculador de laboratorio, usado para realizar las pruebas de Jarras

El Jar Test o Prueba de Jarras es el método usado para determinar de modo experimental, las dosis de reactivos a usar en cualquier tratamiento de aguas, estas pruebas simulan el comportamiento de una planta normal pero actuando a escala reducida y se consigue de este modo una reproducción lo más cercana posible a la realidad. También es posible la determinación de los parámetros de diseño mediante la evaluación del comportamiento de las aguas tratadas a diferentes gradientes de operación.

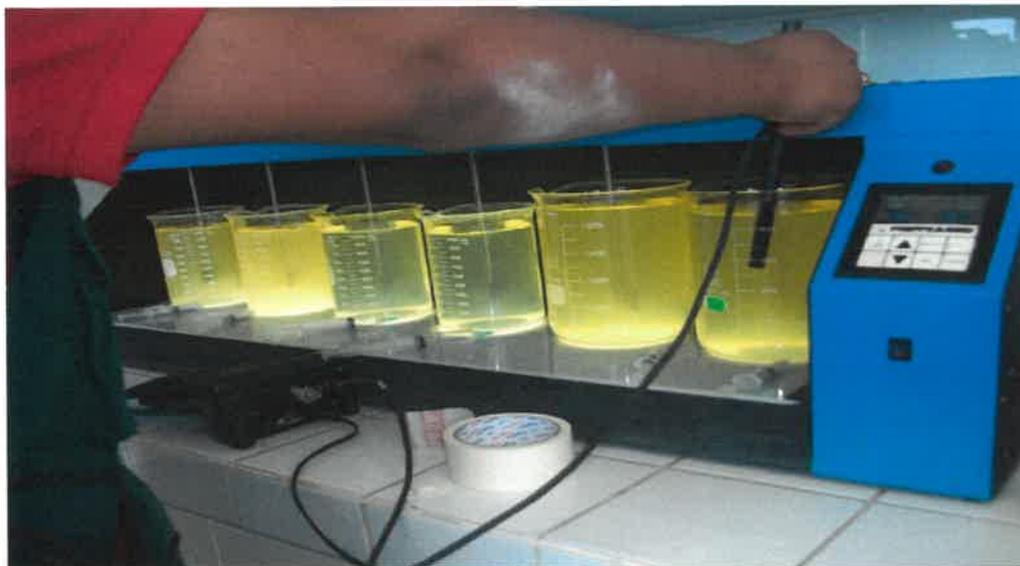


Figura 2: En esta prueba se reproduce a nivel de laboratorio las características de los procesos de tratamiento necesarias para aplicaciones posteriores en Planta

CONSORCIO V-5
Blga. Haydee Alvarino Flores
ING. AGRICOLA
CBP: 2531

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apacalla Navarte
ING. AGRICOLA
CIP: 11829

CONSORCIO V-6
Dr. Cesar Lazcano Carreño
BIOLOGO
CBP: 289

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP: 55872

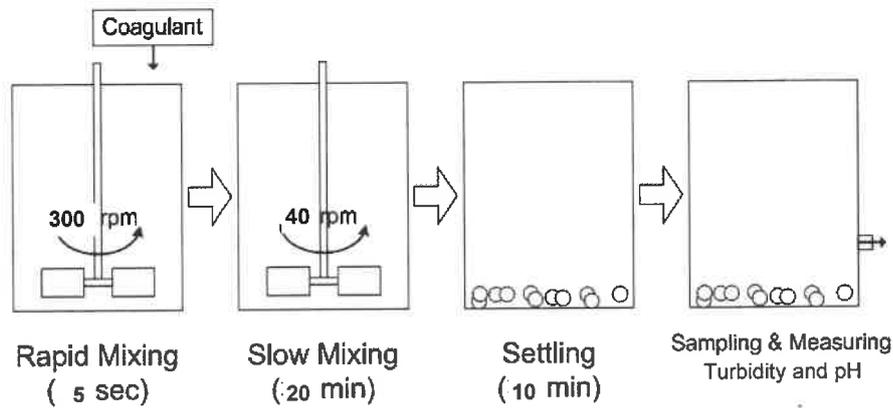
CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP: 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP: 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Arguñen Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP: 34763

CONSORCIO V-5
Ing. Cesar Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP: 31565

Esquema de Proceso de Coagulación-Sedimentación usando Prueba de Jarras



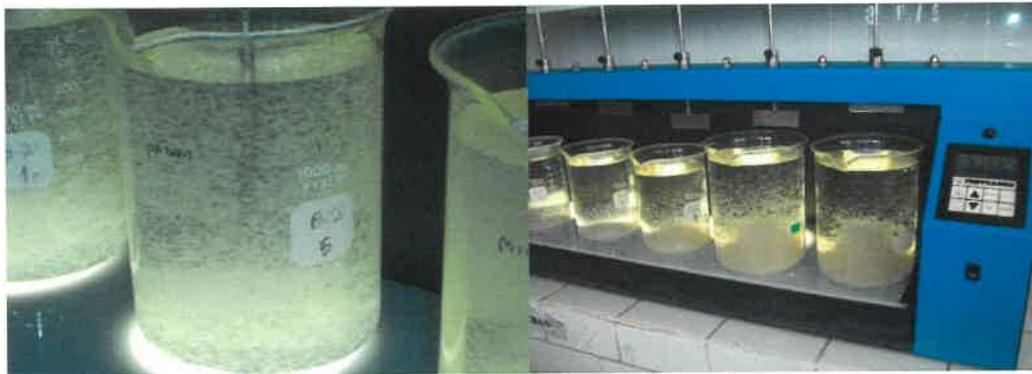
CONSORCIO V-5
 Ing. Nancy Alvarito Flores
 BIÓLOGA
 CIP: 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP: 11829

3. DETERMINACIÓN DE REACTIVOS A USAR Y DOSIS OPTIMA

En los ensayos de Laboratorio se decidió usar dosis variables de Cal hidratada para la modificación del pH de las aguas de los Ríos Antajarane, Millojahuira y Patara debido a su bajo costo, el fácil manipuleo y la opción de formar flocúlos en el agua tratada debido a la hidrólisis generada.

EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS



CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carreño
 BIÓLOGO
 CIP: 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO-GEÓLOGO
 CIP: 55872

Figura 3: En las fotos se observa la formación de grumos o flocúlos, según la dosificación de reactivos usada en cada jarra que al sedimentar arrastrarán consigo gran parte de los elementos contaminantes del agua

En el caso del Río Millojahuira la formación de flocúlos de color rojizo amarillento fue notable desde el momento en que empezaron los ensayos de acondicionamiento del pH de sus aguas. Esto se debe a la gran cantidad de compuestos férricos que arrastran sus aguas y que luego van a reaccionar con la cal hidratada formando hidróxidos de color anaranjados.

También se decidió el uso de un floculante aniónico para mejorar el tamaño y peso de los flocúlos para reducir el volumen de lodos generados y recuperar la capacidad de almacenamiento del Embalse.

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP: 66858

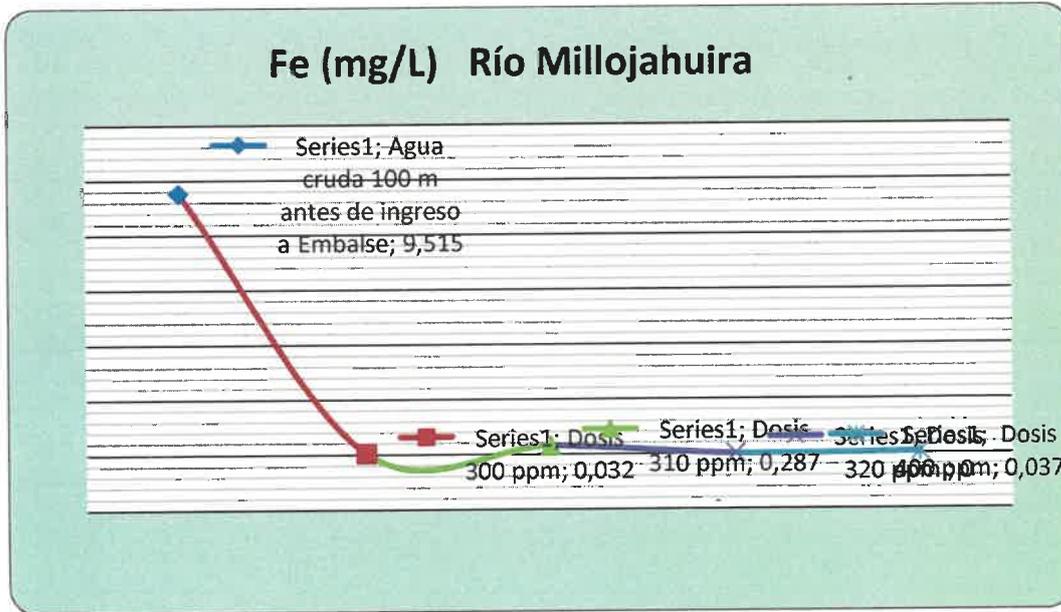
CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP: 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP: 31565

Para el caso de las aguas contenidas en el embalse, siendo ácidas se verificó que estaban estabilizadas en cuanto al pH ácido pero necesitaban dosis relativamente pequeñas de Cal Hidratada para elevar su pH, lo que indicaba que estaban pre floculadas superando parcialmente el tamponamiento que mostraban las aguas ácidas de los ríos Antajarane, Millojahuiria y Patara.

Variación del contenido de Fe (mg/L) en aguas del Río Millojahuiria con diferentes dosificaciones



La cal hidratada aplicada reacciona con las sales férricas arrastradas por el Río y se obtiene buena remoción entre 300 - 400 ppm. Se decide por la dosis mayor por la opción de continuar las reacciones de óxido reducción a lo largo del recorrido del afluente y la opción de conseguir valores de pH cercanos a neutro dentro de las aguas tamponadas dentro del Embalse pero siempre básicos

Durante los ensayos de evaluación de álcalis se observó mejores resultados en la modificación del pH usando Soda cáustica al 20% y con ahorro consiguiente de personal y energía.

Para el caso de tratamiento mixto los ensayos de acondicionamiento químico previo se realizaron con piedra caliza

4. RESULTADOS

Se determinó la dosis requerida para el acondicionamiento de las aguas de los ríos contaminantes para los periodos de avenidas y estiaje con el uso de Cal hidratada en 400 gr/m3

Se determinó la dosis de piedra caliza en 120 gr/m3, para acondicionamiento previo al ingreso a humedales artificiales para tratamiento de algunos afluentes.

Se determinó el uso temporal de la soda caustica en 220 gr/m3 como dosis requeridas de álcali para mejorar el pH de las aguas contenidas en el embalse en temporada de lluvias y estiaje.

CONSORCIO V-5
 Biga. Haydeé Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Nalvatic
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazzcano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 66972

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Draz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguren Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Para la aplicación de cal hidratada, como tratamiento químico es necesario aplicar en las aguas del río Millojahuiria y río Hualcane, por presentar aguas elevadamente ácidas, con caudal variable y próximo a las zonas de acceso inmediato.

Para la aplicación de caliza (carbonato de calcio), como tratamiento químico es necesario aplicar en las aguas de los ríos Antajarane, Acosiri, Cacachara, quebradas Palleutane y Jacosive, por presentar aguas elevadamente ácidas, con caudales variable que llegan hasta la ausencia y alejadas a las zonas de acceso inmediato.

Parte de estas pruebas se realizó en los ambientes de la Planta de Cata Catas durante varios días y con la participación del personal técnico especializado de Planta.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ◇ Los aportes de los ríos Antajarane, Millojahuiria y Patara son permanentemente ácidos por lo que ameritan un tratamiento de mejoramiento de sus aguas de modo sostenido.
- ◇ Los ríos Millojahuiria y Antajarane deben ser tratados permanentemente buscando elevar su pH>10 para que se estabilicen a rangos básicos dentro de las aguas del embalse en función del periodo de retención estimado en 30 meses.
- ◇ Este tratamiento puede reducirse a 10 – 20 meses si se trata en forma paralela las aguas del embalse con solución de soda cáustica a fin de acelerar el acondicionamiento. de las aguas contenidas, frente a la descarga del rio Millojahuiria
- ◇ El uso de floculante aumenta el coeficiente de cohesión de fangos lo que favorece la formación de flóculos de mayor peso y por consiguiente disminuye el volumen de lodos acumulados en el lecho del embalse. Este tratamiento contribuye a la recuperación de la vida útil del embalse.
- ◇ Las aguas mezcladas del embalse siendo ácidas responden de modo favorable al tratamiento de acondicionamiento con solución de cal hidratada, debido al tiempo largo de retención dentro del embalse lo que favorece a su estabilización tamponada.
- ◇ Las aguas mezcladas frente a la desembocadura del rio Millojahuiria que son mas ácidas que el resto del embalse necesitan dosis bastante bajas de álcali
- ◇ Las aguas de salida del embalse tienen tendencia a la estabilización y muestran facilidad para ser tratadas lo que se evidencia con le remoción adecuada que reciben en las plantas de tratamiento de agua potable de Moquegua e Ilo .
- ◇ El personal calificado que opera las PTAP de Ilo y Moquegua debe evaluar las instalaciones y los controles operativos de sus sistemas de tratamiento

CONSORCIO V-5

Blga. Hydée Alvarado Flores
BIÓLOGA
CIP 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Natvarie
ING. AGRÍCOLA
CIP 11623

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazzano Carreño
BIÓLOGO
CIP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55472

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP 56858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 5530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Araceli Carchajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

SECCIÓN 2"

"TRATAMIENTO BIOLÓGICO, HIDROBIOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DEL SISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE"

ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El Embalse Pasto Grande tiene cuatro afluentes principales que son los Ríos Millojahuiria, Patara, Antajarane y Tocco, de los cuales los tres primeros presentan contaminación de origen Natural y antrópico, y en caso del rio Tocco presenta aguas de buena calidad.

De los estudios de caracterización del agua desarrollado en el mes de Abril (época de Avenida) y Julio (época de Estiaje) del año 2012; se concluye que el Rio Millojahuiria y el Rio Hualcane que es aportante del Rio Antajarane, presentan contaminación Natural producto del Drenaje Acido de Roca cuyas aguas presentan características similares con valores de pH promedio varian de 3 a 3.4; así mismo, los elementos contaminantes más predominantes son el Hierro, el Aluminio y Manganeseo.

En el caso del Rio Patara este se ve afectado por su atribuyente Rio Cacachara, que presenta contaminación por Drenaje Acido de Roca y Drenaje Acido de Mina de origen natural y antropogenico, los cuales provienen de las Quebradas Jacosive, Palleutane y Acossiri y Cotañani (donde se encuentra un Pasivo Minero). Las aguas de los atribuyentes del Cacachara presenta características acidas que varian de un pH 5.8 a 3.0, y los elementos contaminantes más representativos son el Hierro, Aluminio, Cadmio, Arsénico, Niquel, Plomo y Zinc que sobrepasan los ECAS Categoría 3 y/o 4.

Como consecuencia de las aportaciones acidas de los Rios Millojahuiria, Antajarane, Cacacharara, Palleutane y Jacosive, la calidad de las aguas del embalse Pasto grande se ha deteriorado, presentando un pH promedio de 4.0, de características muy acidas, asimismo se presenta acumulación de metales pesados en los sedimentos, esto tiene como efecto final la desaparición de las especies acuáticas y poniendo en riesgo la desaparición de toda especie biológica que habita en el agua del embalse.

En tal motivo se propone la alternativa de Tratamiento Biológico para remediar la Contaminación de las aguas de los afluentes y del Embalse Pasto Grande.

1.1. ANTECEDENTES

Los tratamientos biológicos de agua que presentan contaminación por drenajes ácidos de Roca y Drenajes Ácidos de Mina, son conocidos también como tratamientos pasivos.

A nivel Nacional la Unidad Económica Administrativa Orcopampa de Compañía de Minas BuenaventuraS.A.A. se encuentra ubicada en los distritos de Orcopampa y Chilcaymarca, provincia deCastilla, departamento de Arequipa, en La mina Manto se trata los efluentes, conjuntamente con las aguas servidas que provienen de la Zona Industrial Manto, mediante el sistema de tratamiento pasivo "Wetland"

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Ingrid Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ximara Apacita Navarrete

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carricho

CONSORCIO V-5

Ing. R. Al Zamudio Castillo

BIÓLOGO

CIP 269

ING. QUÍMICO

A nivel de la Region Sur, como parte del compromiso del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) que SPCC suscribió con el Gobierno Peruano en el 1997. Se realizó la remediación de la Reserva de Relaves de Ite que SPCC que contempló la creación de un humedal en toda la zona inundable de la Reserva de Relaves de Ite.

1.2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar alternativas para el tratamiento biológico de Afluentes, Embalse Pasto Grande, y Descarga del Embalse, en base a los resultados de los ensayos históricos y los realizados en el estudio de Caracterización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la Evaluación de los Estudios de caracterización, para la determinación de los efluentes contaminados a considerarse en el tratamiento biológico.
- Realizar el estudio a nivel de diseño básico de las alternativas de tratamiento biológico para el embalse Pasto Grande, afluentes: río Mollojahuira; río Antajarane, rio Patara, de rendimiento óptimo adecuado a las características climáticas del entorno, para la recuperación de la calidad de las aguas del embalse.
- Evaluar y Seleccionar aquellas alternativas que sean viables para la recuperación del embalse Pasto Grande y sus Afluentes

1.3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

1.3.1. DISEÑO DEL TRATAMIENTO EN AFLUENTES

De acuerdo a la caracterización de la calidad del agua (desde sus nacientes hasta su descarga y/o ingreso al embalse) se determinó la ubicación de los atribuyentes que presentan aguas ácidas, con metales suspendidos o disueltos. Y de acuerdo, a la inspección y evaluaciones de campo determinamos la existencia de Bofedales Naturales en la zona de Antajarane, y Jacosive; por tanto, se considera para el tratamiento de aguas ácidas mediante Humedales Artificiales y aprovechamiento de los Bofedales Naturales existentes en los mismos ríos, según se muestra en el cuadro:

PUNTO DE TRATAMIENTO	TIPO DE TRATAMIENTO A APLICAR
Antajarane Antes de Confluencia, a 400 m antes del E43	Acondicionamiento de Bofedales para fitoremediación.
Rio Cacachara, antes de confluencia con Rio Patara	Acondicionamiento de bofedales para fitoremediacion

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angoreen Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacña Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-6

Dr. César Lazcano Carricho
BIÓLOGO
C.B.P.-269

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

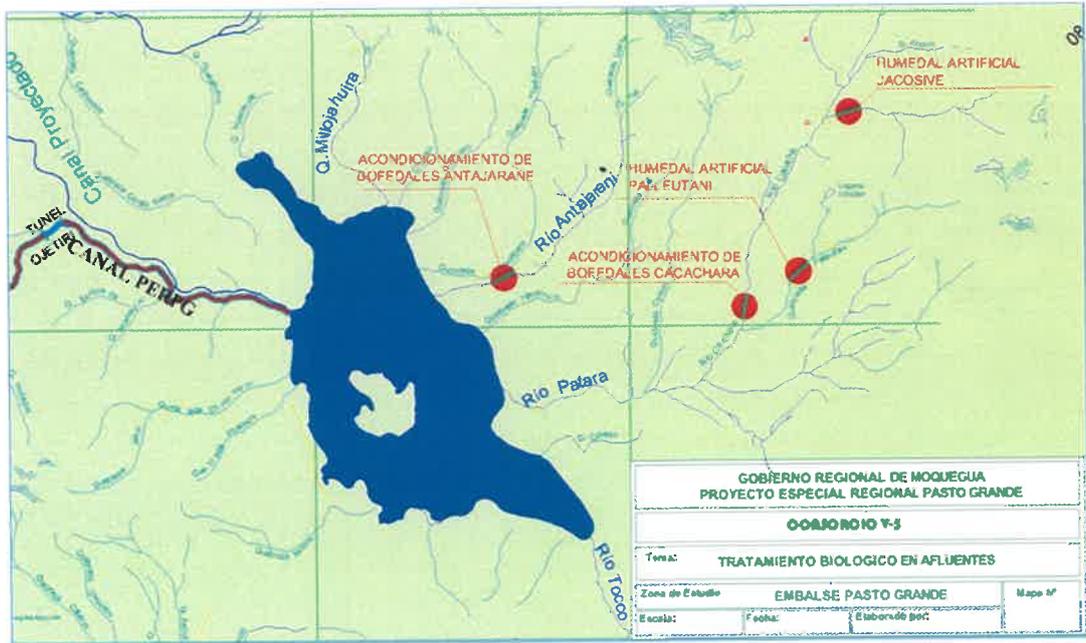
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO QUÍMICO
CIP. 6572

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO

Quebrada Jacosive, antes de la confluencia con rio Cacachara a 500 m antes del E-20	Construcción de Humedales Artificiales Wetland
E 22 Quebrada Palleutane, a 800mts antes de confluir con rio Cacachara	Construcción de Humedales Artificiales Wtland

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ALTERANTIVA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO



CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apella Navarte
ING. AGRICOLA

DIMENSIONAMIENTO DE HUMEDALES ARTIFICIALES.

CONSORCIO V-5

Dr. César Luzzano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Área Superficie: Carga Fe/d x 0,1

Factor pH

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

Aplicando valores se obtiene un área mínima de: 7 600 m²

Considerando los datos se propone un sistema de tres humedales seriados de las siguientes características:

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP 66858

- Canal de caliza : 50 m x 25 m x 0,7 m
- 3 Humedales : 100 m x 25 m x 0,7 m
- 0,20 cm de fondo de piedra y grava
- 0,50 cm de flujo de agua

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP 31530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Alaguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565

SELECCIÓN DE LA VEGETACION

Puesto que los drenajes acidos de mina o roca son altamente ácido y contiene altas cantidades de metales, las plantas seleccionadas considerando su capacidad de resistir estas condiciones son:

MACROFITAS SELECCIONADAS PARA EL HUMEDAL ARTIFICIAL WEDLAND

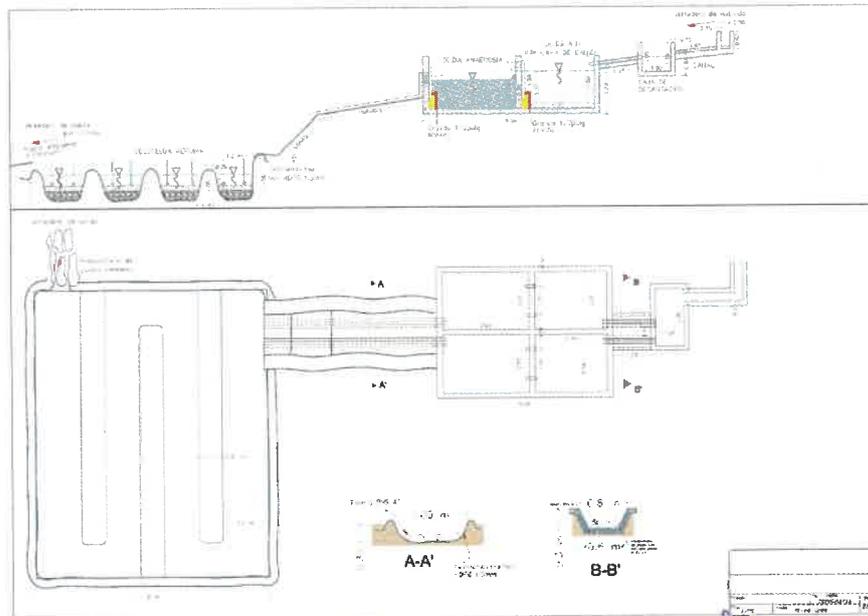
Nº	DESCRIPCION		Nº PLANTULAS
	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	
	PALLEUTANE (7600 M2)		25,000.00
1	SCHOENOPLECTUS TATORA	TOTORA	15,000.00
2	CALAMAGROSTIS SP	CRESPILLO	5,000.00
3	CHARA		5,000.00
	JACOSIVE (7600 M2)		25,000.00
1	SCHOENOPLECTUS TATORA	TOTORA	15,000.00
2	CALAMAGROSTIS SP	CRESPILLO	5,000.00
3	CHARA		5,000.00

EFICIENCIA DE ELIMINACION DE IONES METÁLICOS POR HUMEDAL ARTIFICIAL

Eficiencia de Neutralización.

Según pruebas piloto, después de la etapa de precipitación de sólidos en suspensión, el agua tratada pasa por un canal de neutralización, construido a base de piedra caliza, logrando incrementar el pH de 3.37 a 4.72.

Esquema de Tratamiento con Humedal Artificial Wetland



CONSORCIO V-5
BIOLOGA
Biga. Haydee Alvarino Flores
CBP. 2631

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apacilla Navarrete
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-6
Dr. César Lazaño Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbojal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

ACONDICIONAMIENTO DE BOFEDALES PARA FITORREMIACION

Comprende la aplicación de la siembra o trasplante de otros Macrophytos ampliamente investigados para el tratamiento de aguas contaminadas, tales como : Juncos, Scirpus sp. y Schoenoplectus tatora. Para el acondicionamiento se realizara las siguientes acciones:

Sembrado de Barreras Protectoras

Que a la vez conforman la vegetación asociada a los sistemas de bofedales, esta barreras están conformadas por arbustos y hierbas perennes, para tal caso se tendrá a la tola (Parastrephia) y a pastos (Festucaorthoplylla) como parte de la flora nativa quienes además de tener la función de barreras protectoras y cortavientos se comportaran como reguladoras del CO2 atmosférico.

Para el manejo de la tola que tendría la función de barrera y protección de los bofedales, se propone su disposición en los alrededores de los bofedales.

Transplante Directo

Utilizando el método de tresbolillo, se marcará y preparará los suelos de los hoyos simultáneamente días antes, paralelo al traslado de las plántulas seguidamente y de inmediato se realiza el transplante en el campo, teniendo cuidado de que la raíz no este doblada. En áreas pequeñas se puede efectuar este proceso en un solo día.

Otras especies que considerará para siembra y utilizarán como barrera corta vientos es Stipa ichu y Festuca orthoplylla.

Sembrado de Macrofito Fitorremediador a los Laterales de Bofedal.

Se propone el sembrado de la especie **Calamagrostis ligulata** en los laterales del Bofedal, se recomienda la utilización de este especie por una planta nativa con alto grado de bioacumulación de Plomo, Arsénico, Hierro y Manganeso. Esta especie se asocia bien con la flora nativa de los Bofedales de la zona tales como : Distichia muscoides, oxychloe andina, lucilia tunaerensis, azorella diapensoides, festuca rigescens y otras como poa aequigluma, calamagrostis rigida, hipochocris sp, calamagrostis eminens, calamagrostis ovata, calamagrostis y otras especies menores.

Bi. Haydeé Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

INSTALACIÓN DE BARRERA METALICA:

Toda el área debe estar protegida por mallas metálicas, a fin de evitar el ingreso de animales y predación de la siembra.

Área de Diseño de Recuperación de Bofedal.

DESCRIPCION DE ZONA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	TIPO DE TRATAMIENTO	CAUDAL (L/S)		DIMENSIONES			AREA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO (M2)
		JULIO 2012	26/11/12	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTURA (M)	
Antajarane Antes de Confluencia, a 400 m antes del E43	RECUPERACION DE BOFEDAL	177	50.0	250	160	0.5	40,000
Quebrada Cacachara, antes de la confluencia con río Patara	RECUPERACION DE BOFEDAL	2726	*1,492	660	60	0.4	40,000

*Promedio Anual

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Arqueñen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

A. MACROFITAS SELECCIONADAS PARA ACONDICIONAMIENTO DE BOFEDALES

Nº	DESCRIPCION		Nº PLANTULAS
	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	
	ANTAJARANE (04 Ha)		
1	CALAMAGROSTIS VICUNARUM	CRESPILLO	20,000.00
2	FESTUCA ORTHOPHYLLA	IRU ICHU	20,000.00
3	PARASTREPHIA SP	THOLA	40,000.00
	CACACHARA (04 Ha)		
1	SCHOENOPLECTUS TATORA	TOTORA	40,000.00
2	CALAMAGROSTIS SP	CRESPILLO	20,000.00
3	PARASTREPHIA SP	THOLA	20,000.00
	TOTAL		160,000.00

1.3.2. TRATAMIENTO EN EMBALSE

La alternativa de tratamiento Biológico que se propone para el embalse Pasto Grande es la siembra y/o trasplante de Schoenoplectus tatora, la cual se realizara en el 50% del perímetro del Embalse y en las orillas del Islote. Así mismo el transplante debe iniciarse después de que se advierta una mejora en el pH promedio del embalse que debe ser valores superiores pH 5.0 ue.

CANTIDAD DE TOTORA A SEMBRAR EN EMBALSE PASTO GRANDE

Nº	DESCRIPCION		Nº PLANTULAS
	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	
1	SCHOENOPLECTUS TATORA	TOTORA	314,805.45

CONSORCIO V-5

Ing. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Araya Aren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACION DEL EMBALSE CON SIEMBRA DE PLANTULAS DE TOTORA



CONSORCIO V-5

Blga. Hilda Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zavudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Araceli Carabajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CAPITULO 6

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO, DISEÑOS Y COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CONSORCIO V-5


Blyá. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5


Ing. Ricardo Apaella Naivarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5


Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5


Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5


Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65858

CONSORCIO V-5


Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5


Ing. Martha Adriana de Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5


Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CAPITULO N°6

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO, DISEÑOS Y COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1. CONOCIMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

La información recibida sobre la calidad de las aguas de los afluentes y el embalse, y la posterior visita a la zona permitió planificar los ensayos que previamente serian ejecutadas para determinar los distintos ensayos con aguas acidas de los distintos ríos y el embalse, la hidrología en los aspectos de caudales características físico químicas, ubicación de la zona que ofrezca la seguridad de las instalaciones y fundamentalmente la persistencia de la calidad en los dos periodos característicos del año de lluvias y estiaje.

2. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS.

El tratamiento de las aguas tiene por objeto verificar las características de las aguas contaminadas en relación a los productos químicos que normalmente se utilizan para tratar aguas acidas, asi mismo se deberá ensayar las alternativas de tratamiento utilizando, cal soda caustica, otros productos comerciales determinando luego el proceso de tratamiento, todos estos ensayos se efectúan a nivel de laboratorio utilizando los equipos de prueba de jarras o agitador múltiple de 6 vasos.

Ensayos de tratamiento químico en prueba de jarras el planeamiento de estos ensayos considera efectuar ensayos en periodo de lluvia y estiaje para considerar las variables de calidad de las aguas los reactivos y el equipamiento de los laboratorios para luego efectuar los procedimientos de la prueba de tratamiento e ir evaluando analítica y en forma cualitativa los resultados para su evaluación y determinación de los parámetros de diseño, desde la concentración de los reactivos tiempo de mezcla, gradientes de velocidad, tiempo floculación, dosis optimas de los reactivos y finalmente la determinación de velocidad de sedimentación, todos estos ensayos se realizan con aguas de los afluentes que serán objeto de tratamiento utilizando los procedimientos que están estandarizados.

3. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO

Para efectuar el diseño de tratamiento de los afluentes contaminados, se requiere la información hidrológica con las distintas variables de caudal promedio mínimo y máximo en los dos periodos característicos del año de lluvias y estiaje, cálculos de caudales máximos probables, o avenidas centenaria para el cálculo de estructuras ubicadas en el cauce de los ríos las gradientes de velocidad de mezcla y floculación para los caudales promedios, característico de cada periodo (Lluvia y Estiaje) calculo de defensa rivereñas, altura máxima y perfil hidráulico del represamiento y la descarga.

Calculo de volumen de reactivos a ser utilizadas, dosificación máxima y mínima para equipos de dosificación de almacenés.

CONSORCIO V-5
Blga. Gladys Alvarino Flores
BIOLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Angélica Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823
Ing. César Laviano Carricho
INGENIERO
C.B.P. 269

3.1 HIDROLOGIA DEL SISTEMA DE PASTO GRANDE

- Caudales medios

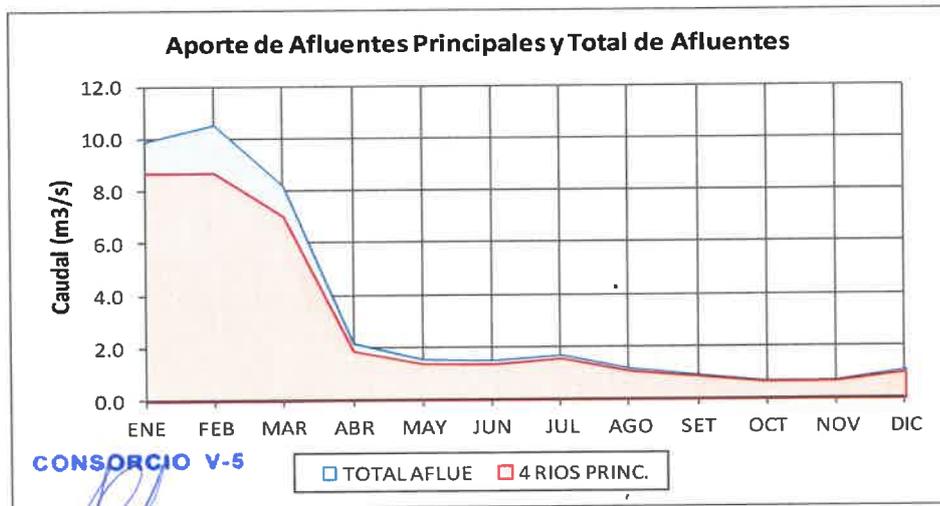
Los cuatro ríos principales seleccionados, Millojahuirra, Antajarane, Patara y Tocco, concentran en conjunto y en promedio en el periodo 2005-2012, el 98.0 % de los recursos hídricos totales que ingresan al embalse Pasto Grande. En el Cuadro 1 se muestra la variación mensual promedio en el periodo medido, del aporte de los cuatro ríos en relación a la contribución total de 18 afluentes medidos en Pasto Grande (Ver Graf. 1)

Cuadro 1: Caudales medios mensuales en Afluentes del Embalse Pasto Grande

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
2005	9.92*	27.32	2.44	1.67	1.19	1.76	1.69	1.25	0.97	0.66	0.82	1.22	4.24
2006	13.56	11.49	9.55	2.63	1.90	1.90	1.84	1.19	1.09	0.68	0.91	1.45	4.01
2007	1.60	3.49	7.17	1.70	1.21	1.58	1.52	1.07	0.88	0.82	0.68	0.85	1.88
2008	11.62	3.20	3.52	2.01	1.24	1.10	1.70	1.18	0.77	0.66	0.57	1.14	2.39
2009	2.42	3.90	7.89	1.80	1.42	1.56	1.49	1.20	0.95	0.66	0.75	1.49	2.13
2010	9.42	6.81	2.57	1.34	1.34	1.02	2.51	1.28	0.83	0.62	0.57	0.89	2.43
2011	16.93	10.57	6.77	1.65	1.44	1.43	1.49	1.28	1.11	0.82	0.85	0.73	3.76
2012	13.91	17.71	25.91	4.75	2.88	1.85	1.55						
TOTAL AFLUE	9.92	10.56	8.23	2.19	1.58	1.53	1.72	1.21	0.94	0.70	0.74	1.11	2.98
4 RIOS PRINC.	8.72	8.73	7.07	1.90	1.41	1.38	1.59	1.11	0.89	0.67	0.70	1.02	2.93
(4 RIOS/TOTAL)	0.88	0.83	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.92	0.94	0.96	0.95	0.92	0.98

* completado con promedio

Gráfico 1: Caudales medios mensuales en Afluentes del Embalse Pasto Grande



Ing. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CIP. 2531

Si se muestra la serie de caudales medidos (02/2005-07/2012) que consta de 90 meses, de los cuatro ríos principales se observa nuevamente (Graf. 2) como los caudales del Patara son los mayores entre los cuatro ríos, seguido del Antajarane.

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguez Carhajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34783

Ing. Cesar Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

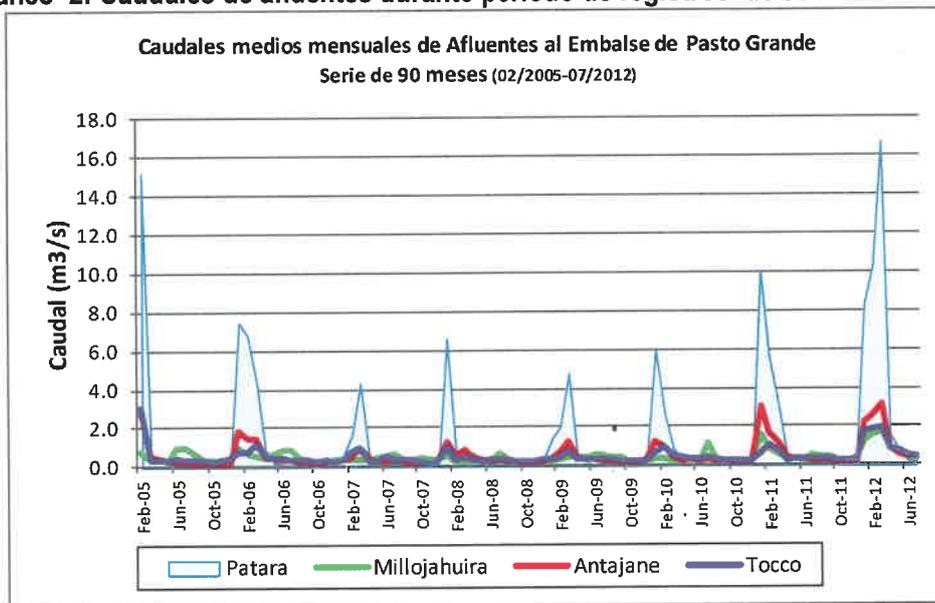
CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apachta Navarre
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. César Arzuano Carreño
BIOLOGO
CIP. 269

Gráfico 2: Caudales de afluentes durante periodo de registros de 90 meses



Fuente: Oficina de Control y Medición de Caudales y Calidad de Agua – GEINFRA /PERPG.

Un resumen de los datos de caudales de los cuatro principales ríos ingresantes al embalse se muestra en el Cuadro 2. (Ver también Graf. 3). Se observa nuevamente como la cuenca del Patara muestra los mayores valores, con un modulo anual de 1.492 m³/s, mientras que los menores valores corresponden a la cuenca del Millojahuirra, con un módulo de 0.450 m³/s.

Cuadro 2: Caudales medios mensuales en Afluentes Principales del Embalse Pasto Grande

CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
Millojahuirra	0.732	0.615	0.551	0.374	0.407	0.511	0.680	0.414	0.330	0.276	0.241	0.270	0.450
Antajane	1.467	1.376	1.194	0.465	0.349	0.298	0.304	0.238	0.187	0.119	0.141	0.191	0.527
Patara	5.757	5.605	4.467	0.648	0.294	0.188	0.253	0.140	0.093	0.062	0.091	0.304	1.492
Tocco	0.768	1.132	0.859	0.410	0.360	0.381	0.355	0.316	0.281	0.216	0.229	0.259	0.464
Total	8.725	8.728	7.070	1.897	1.409	1.377	1.591	1.108	0.891	0.673	0.702	1.924	2.933

Se observa también que los meses más húmedos en la Cuenca de recepción del Embalse son los meses de enero, febrero y marzo, con casi el 70% del volumen escurrido total. Se constata la acentuada concentración de volúmenes durante los meses de avenida, en comparación con el resto del año, sobre todo en el caso del río Patara.

CONSORCIO V-5
Bla. Haydeé Alvarado Flores
BIÓLOGA
GBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 88858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aranguen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

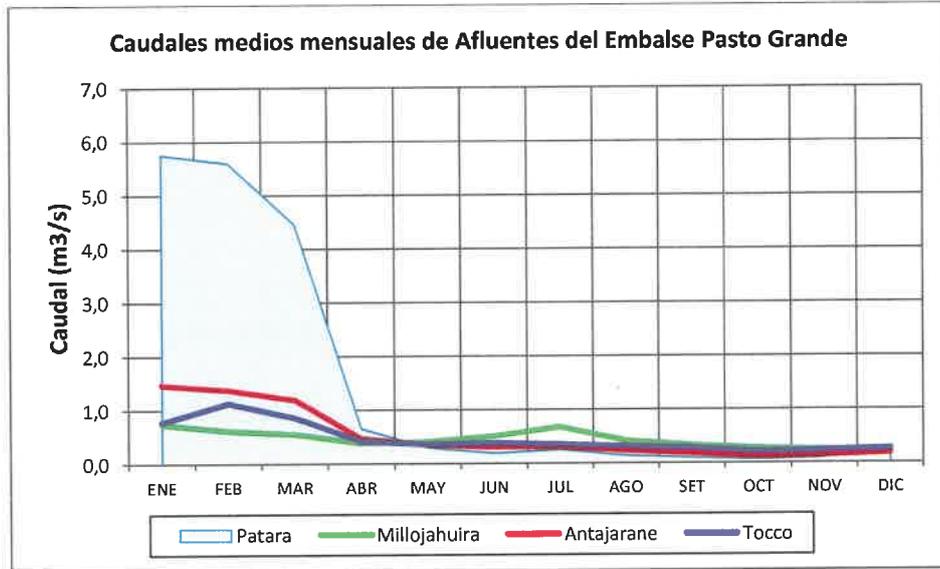
CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 1823

Dr. César Lázcano Carreño
INGENIERO

Gráfico 3: Caudales medios mensuales en Afluentes Principales del Embalse Pasto Grande



Caudales máximos

En el Cuadro 3, se muestra las cuatro series de caudales máximos correspondientes a los cuatro afluentes principales. Se observa como los mayores valores pertenecen a la cuenca el rio Patara, mientras que los menores valores corresponden al rio Millojahuiria. Ver también Graf.04

Cuadro 3: Resumen De Caudales Máximos En Afluentes

T (años)	Cuenca			
	Millojahuiria	Antajarane	Patara	Tocco
2	0.011	0.156	2.007	2.84
5	0.306	1.125	6.353	4.830
10	0.642	2.042	9.795	6.380
25	1.155	3.370	14.438	8.570
50	1.580	4.435	18.011	10.380
100	2.028	5.539	21.624	12.320
200	2.493	6.674	25.269	14.420
500	3.129	8.205	30.105	17.450
1000	3.615	9.365	33.721	19.950

CONSORCIO V-5

Ing. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 56858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

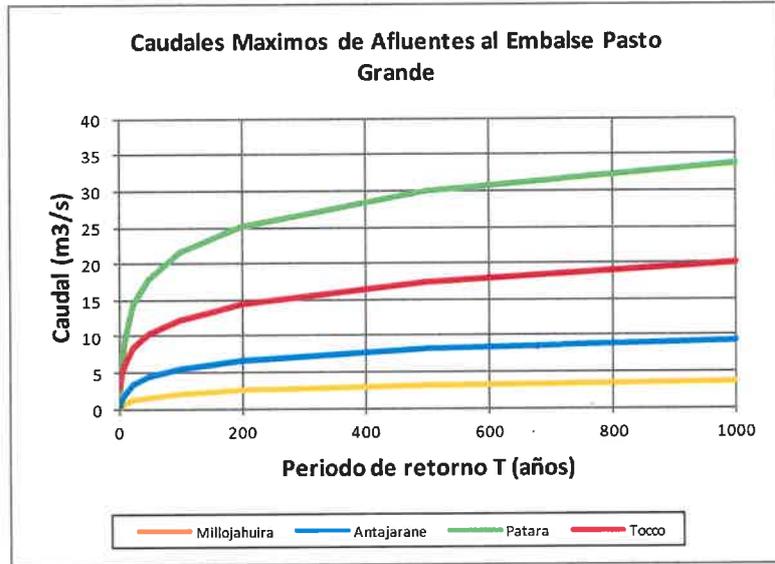
CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacita Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Gráfico 4: Resumen De Caudales Máximos En Afluentes



Caudales Mínimos

En el Cuadro 4 se muestran las series de caudales mínimos mensuales de los cuatro afluentes principales al Embalse, observándose como el Patara destaca entre todos estos afluentes, por presentar valores mayores de caudal en comparación con los otros ríos. Los cuatro ríos muestran una fuerte estacionalidad, con los mayores valores presentándose durante la época húmeda, y los menores valores durante los meses de julio y agosto. Ver Grafico 05.

Cuadro 4: Caudales Mínimos en Afluentes al Embalse Pasto Grande

Cuencas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Min min
Millojahuira	0.042	0.015	0.074	0.060	0.091	0.069	0.031	0.032	0.052	0.074	0.069	0.102	0.015
Antajarane	0.084	0.033	0.161	0.075	0.078	0.040	0.014	0.018	0.029	0.032	0.041	0.072	0.014
Patara	0.330	0.134	0.603	0.104	0.066	0.025	0.011	0.011	0.015	0.017	0.026	0.115	0.011
Tocco	0.044	0.027	0.116	0.066	0.081	0.051	0.016	0.024	0.044	0.058	0.066	0.098	0.016

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68958

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranañen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

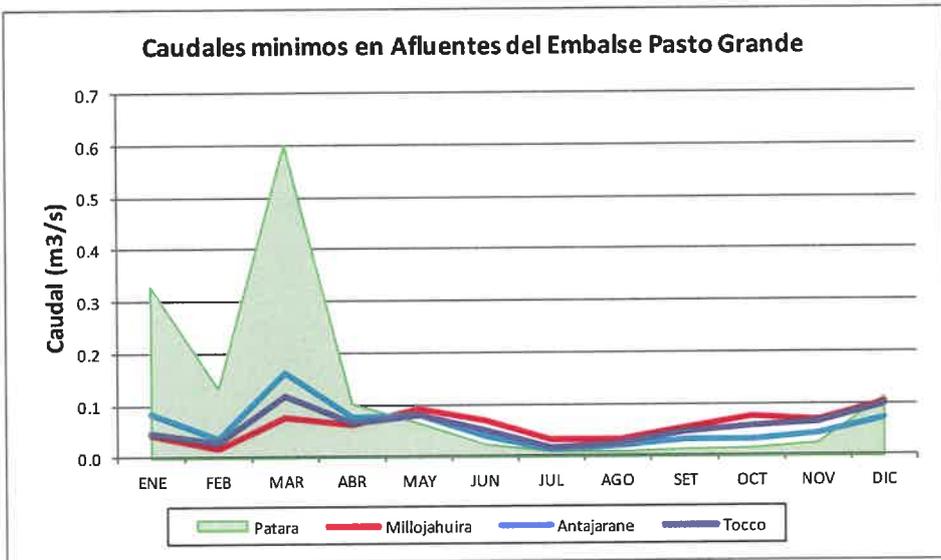
CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Nahvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Gráfico 5: Caudales Mínimos en Afluentes al Embalse Pasto Grande



4. DISEÑO DE ALTERNATIVAS

En este caso ya se tenía una alternativa con estudios a nivel de SNIP, el consorcio considero 2 alternativas complementarias, considerando los criterios utilizados de disposición de lodos en el embalse o fuera de este, así mismo se considero la alternativa que a juicio de los especialistas es la más conveniente por el impacto de los residuos sólidos en una zona donde la degradación de rocas volcánicas que vienen generando las aguas acidas, los residuos sólidos paralelamente se ha venido diseñando tratamientos biológicos utilizando los macrofitas de la zona y otras a nivel de experimentos.

CONSORCIO V-5
Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zavidio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
6

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

ALTERNATIVA - SNIP NIVEL DE PERFIL (ESTUDIO DE ATLANTIS)		CONSORCIO V-5 ALTERNATIVAS PRESENTADAS PARA TRATAMIENTO		TRATAMIENTO EN PARALELO. ADICIONAL PARA RECUPERACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD AGUAS DEL EMBALSE	PERPG NO EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE REMEDIACIÓN A CORTO PLAZO
Nº1: RECOMENDADA POR SNIP Tratamiento químico con lodos almacenados en presa aguas arriba del Embalse Pasto Grande. sedimentador.	Nº2 Tratamiento químico no se indica la disposición de lodos, suponemos en el Embalse	Nº1 Tratamiento químico con disposición de lodos en el Embalse Pasto Grande SELECCIONADA	Nº2 Tratamiento Químico con disposición de lodos en lugar externo al Embalse Pasto Grande	Nº3 Tratamiento de aguas del Embalse Pasto Grande y de la descarga	ANALISIS DE RIESGO POTENCIAL
Nº2 Tratamiento químico no se indica la disposición de lodos, suponemos en el Embalse	Nº1 Tratamiento químico con disposición de lodos en el Embalse Pasto Grande SELECCIONADA	adición floculante para incrementar la velocidad de sedimentación y ayudar a la compactación y estabilidad del lodo en el embalse Pasto Grande. - RÍO ANTAJARANE. Construir una estructura para mezcla hidráulica con el objeto de aplicar lechada de cal a pH de oxidación y luego de utilizar el cauce como un floculador natural con tiempo de retención de 30 minutos en el afluente	ubicada en zona lateral al río, constituida por una estructura de mezcla hidráulica con el objeto de aplicar lechada de cal a pH de oxidación, luego floculadores, sedimentadores, canchas de secado para luego almacenar los lodos en rellenos de lodos estabilizados en depósitos confinados utilizando geomembranas para proteger el acuífero subterráneo.	Los resultados serán de respuesta inmediata para la zona de aplicación, debiéndose aplicar en forma permanente hasta lograr la estabilización del pH en las aguas y el sedimento del embalse. Las instalaciones deberán estar próximas al embalse. La aplicación de la soda cáustica será en las zonas de ingreso de los afluentes tratados y en la zona de descarga del embalse.	EMBALSE. EFFECTOS PRINCIPALES: - Se pone en riesgo la estabilidad de la presa, por el posible colapso de las estructuras hidráulicas de la torre de descarga y rebose (estructuras de concreto armado) del Embalse Pasto Grande, por la calidad ácida de las aguas y debido a la tendencia a incrementar su acidez

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aranguen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 4-72

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carricho
BIÓLOGO
CIP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Anaela Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Ing. Alvaro Alvarino Flores
INGENIERO
CIP. 2531

CONSORCIO V-5
8

ALTERNATIVA - SNIP NIVEL DE PERFIL (ESTUDIO DE ATLANTIS)		CONSORCIO V-5		PERPG	
RECOMENDADA POR SNIP Tratamiento químico con lodos almacenados en presa aguas arriba del Embalse Pasto Grande.	Nº1:	Nº1	ALTERNATIVAS PRESENTADAS PARA TRATAMIENTO Tratamiento Químico con disposición de lodos en lugar externo al Embalse Pasto Grande	NO EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE REMEDIACIÓN A CORTO PLAZO	
	Nº2:	Nº2			TRATAMIENTO EN PARALELO. ADICIONAL PARA RECUPERACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD AGUAS DEL EMBALSE
	Nº3:	Nº3			
biorremediación para la sostenibilidad y descontaminación final del embalse. - GESTIÓN: Ante el Ministerio de Energía y Minas para la remediación de los pasivos ambientales mineros de la Mina Cacachara y la instalación de filtros especializados en la bocatoma del Embalse Pasto Grande para la remediación a corto plazo de los contaminantes importantes.	Hualcane, y tratamiento mixto en la parte media del río Antajarane. SELECCIONADA RIO PATARA. Se considera el tratamiento de acondicionamiento de pH de las aguas del río Patara. Se ha considerado la instalación de tres zonas de tratamiento mixto, en los ríos Cacachara, Jacosive y Palleutane.	0.01%, tratamiento que permitirá la sedimentación de floculos formados por el tratamiento y la compactación de los lodos, ayudando a su estabilidad, obteniéndose como consecuencia la compactación en un 70% aproximadamente.	en el tiempo. - Posible efecto de entumecimiento de la presa por consumo o reacciones químicas de los componentes del material que constituyen la estructura de presa con las aguas ácidas. - Incremento del deterioro de la calidad de las aguas y del ecosistema del Embalse Pasto y Grande. - Incremento del		

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

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

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31565

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

9

Ing. Raúl Zanudio Castillo
ING. QUÍMICO
C.I.P. 96858

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
C.I.P. 55372

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.R.P. 289

Ing. Ricardo Apella Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 11523

ALTERNATIVA - SNIP NIVEL DE PERFIL (ESTUDIO DE ATLANTIS)		CONSORCIO V-5		PERPG
Nº1: RECOMENDADA POR SNIP Tratamiento químico con lodos almacenados en presa aguas arriba del Embalse Pasto Grande.	Nº2 Tratamiento químico no se indica la disposición de lodos, suponemos en el Embalse	Nº1 Tratamiento químico con disposición de lodos en el Embalse Pasto Grande SELECCIONADA	Nº2 Tratamiento Químico con disposición de lodos en lugar externo al Embalse Pasto Grande	NO EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE REMEDIACIÓN A CORTO PLAZO
				Nº3 Tratamiento de aguas del Embalse Pasto Grande y de la descarga
- MEJORAMIENTO DEL PROYECTO - Con el uso de polímeros de alto peso molecular se mejora la eficiencia de la sedimentación al mismo tiempo el uso de polímeros reduce el volumen de lodo en un 50%, la mezcla de lechada de cal requiere de un periodo de floculación de 30 minutos por lo que seguido al mezclador hidráulico construir un floculador hidráulico así		Implementación de Laboratorio de Vigilancia de Calidad e Investigación, para la sostenibilidad del proyecto de las aguas del Embalse Pasto Grande. - Programa de Monitoreo de las aguas Superficiales y Subterráneas del Sistema Pasto Grande.	Pasto Grande. - Programa de Monitoreo de las aguas Superficiales y Subterráneas del Sistema Pasto Grande.	deterioro de la calidad de las aguas en la parte media de la zona de descarga del Embalse.

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 68858

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 5772

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázaro Carricho
 BIÓLOGO
 CIP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacita Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11623

CONSORCIO V-6
 Blgr. Mayacé Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CIP. 2531

10

ALTERNATIVA - SNIP NIVEL DE PERFIL (ESTUDIO DE ATLANTIS)		CONSORCIO V-5		PERPG	
Nº1: RECOMENDADA POR SNIP Tratamiento químico con lodos almacenados en presa aguas arriba del Embalse Pasto Grande. mismo acopiar los ojos de aguas ácidas y solo tratar estas aguas lo que representa menor consumo de productos químicos.	Nº2 Tratamiento químico no se indica la disposición de lodos, suponemos en el Embalse	Nº1 Tratamiento químico con disposición de lodos en el Embalse Pasto Grande SELECCIONADA	Nº2 Tratamiento Químico con disposición de lodos en lugar externo al Embalse Pasto Grande	TRATAMIENTO EN PARALELO. ADICIONAL PARA RECUPERACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD AGUAS DEL EMBALSE	
				Nº3 Tratamiento de aguas del Embalse Pasto Grande y de la descarga	NO EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE REMEDIACIÓN A CORTO PLAZO
					ANALISIS DE RIESGO POTENCIAL

00 068

11

CONSORCIO V-5

.....
 Blg. Maydec Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Ricardo Apacilla Navarte
 ING. AGRICOLA
 CIP 11823

CONSORCIO V-5

.....
 Dr. César Lázcano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 55872

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUIMICO
 CIP 66858

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Martha Anguilen Carbajal
 INGENIERA QUIMICA
 CIP. 34763

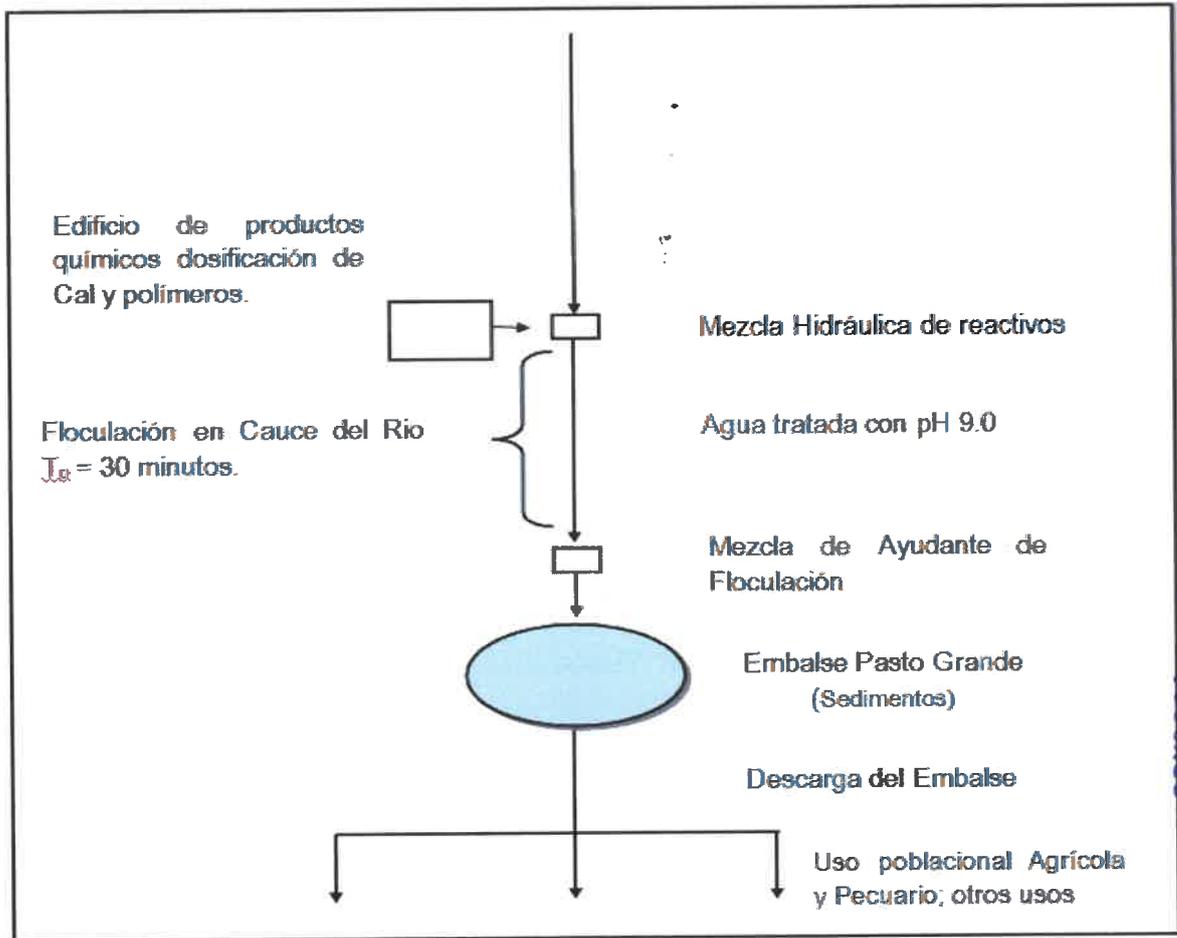
CONSORCIO V-5

.....
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

6. DIAGRAMAS DE UBICACIÓN EN LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

❖ CONSORCIO V-5: ALTERNATIVA N°1 - A - RECOMENDADA

ESQUEMA N° 1
RIO MILLOJAHUIRA



CONSORCIO V-5

La alternativa N°1, para el río Millojuaira, considera:

El tratamiento se realizará con la aplicación de lechada de cal en el mezclador hidráulico, ubicado a 3 Km del Embalse Pasto Grande aproximadamente, tal como se indica en el plano N° CV-5-001

Se disminuirá la construcción de obras civiles. Se aprovechará la morfogeología del terreno para realizar los procesos de floculación aprovechando la pendiente del río.

Se adicionará floculante al ingreso al embalse en estructura de mezcla hidráulica. Los lodos formados con los floculante, se compactarán luego de su sedimentación en el embalse, evitando con esto la re suspensión de los mismos.

Dr. César Lizcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Neirey Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 31763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31585

CONSORCIO V-5
 Bta. Hilda de Alvarado Flores
 BIOLOGA
 CBP. 2531
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Nelvarie
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

❖ CONSORCIO V-5: ALTERNATIVA N°1 – B - RECOMENDADA

ESQUEMA N° 2
RIO ANTAJARANE – HUALCANE

Figura N°2-a

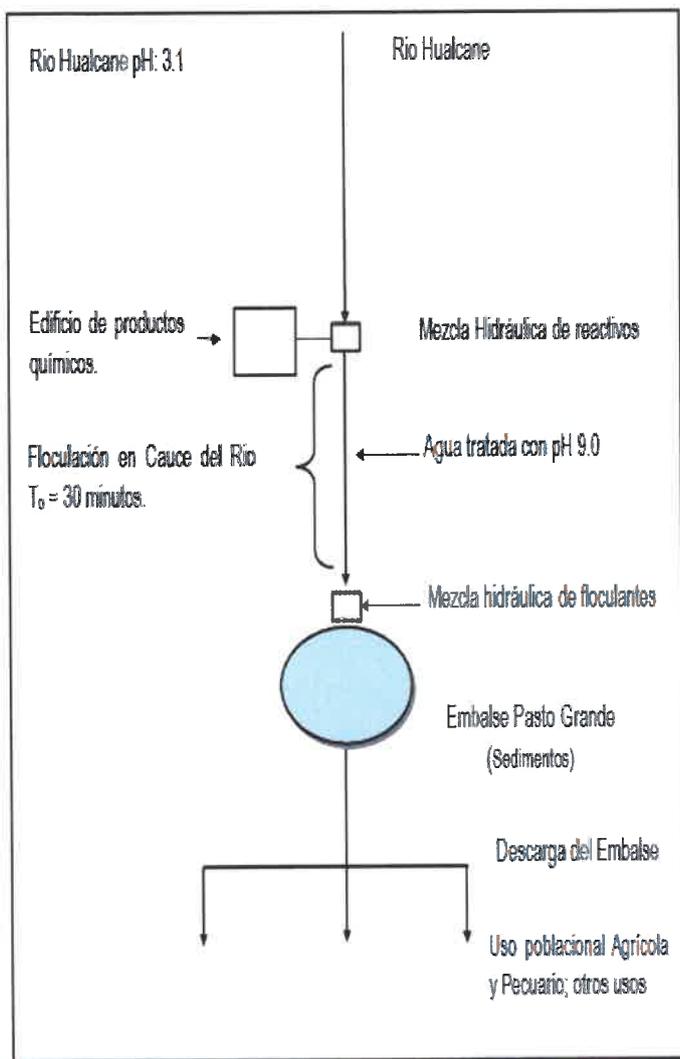
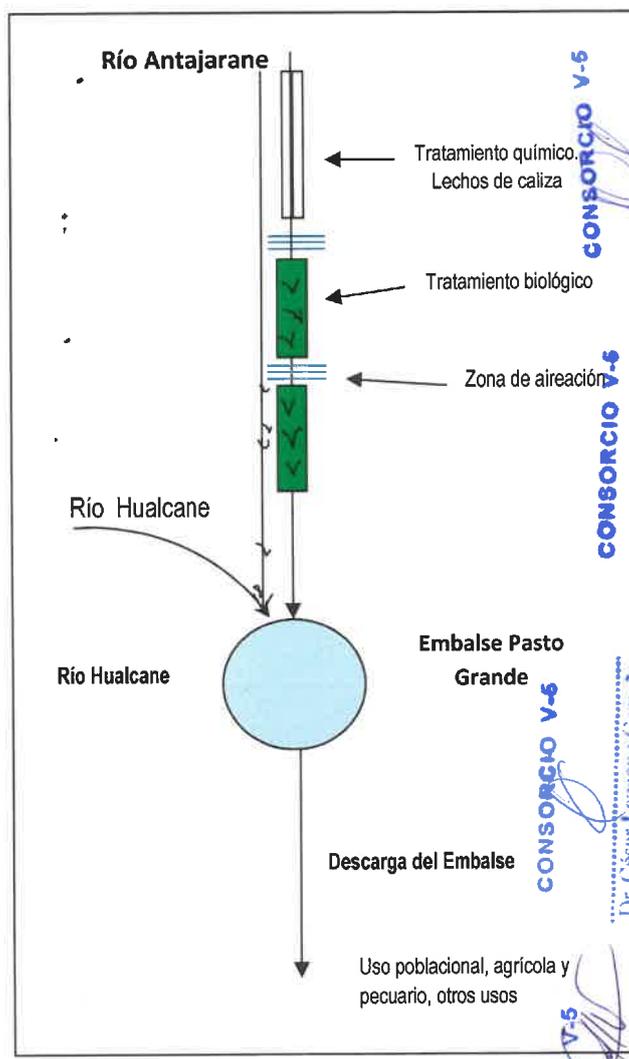


Figura N°2-b



La Alternativa Propuesta N°1, para la Cuenca del río Antajarane, considera:

Se independizará el tratamiento para los ríos: Antajarane y Hualcane.

Tratamiento en el Río Hualcane – en base a tratamiento químico, utilizando la aplicación de lechada de cal en el Mezclador hidráulico para la floculación en el río y el uso de floculante para la aglutinación de los flóculos formados. La disposición final de los lodos será en el embalse.

Tratamiento en el Río Antajarane: Se realizará en la parte media del río, mediante tratamiento mixto, en base a lechos de caliza, seguido de tratamiento biológico con especies retentoras de metales. Rehabilitando los bofedales existentes en la zona, es decir el tratamiento es mixto.

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

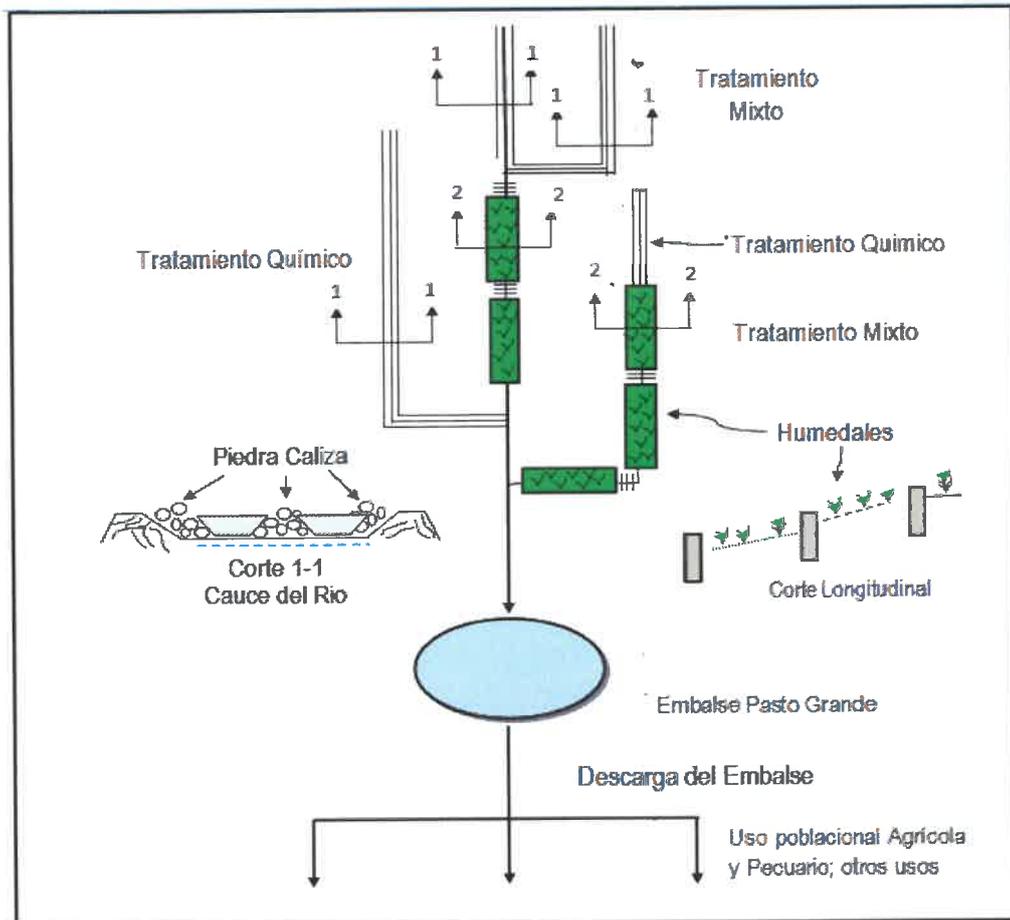
CONSORCIO V-5
Martha A. Lorenzini Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacilla Natvaric
 BIÓLOGO
 CIP. 2531
 Ing. César Larzabal Carricho
 BIÓLOGO
 CIP. 259
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55372

❖ **CONSORCIO V-5: ALTERNATIVA Nº1 -C - RECOMENDADA**

ESQUEMA Nº 3
MICRO CUENCA ALTA DEL RÍO CACACHARA
Tratamiento Físico Químico y Biológico – Humedales



CONSORCIO V-5

Ing. Haydeé Alvarillo Flores
 INGENIERA BIÓLOGA
 CIP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarrete
 INGENIERO AGRÍCOLA
 CIP. 11823

Tratamiento en el Río Patara .- el tratamiento químico se efectuará con caliza colocada en el lecho del río y utilizando cámaras de contacto cuando se requiera elevar el pH mas de 2u.e. seguidamente se acondicionaran los humedales naturales de la zona renovando las macrofitas periódicamente, es decir el tratamiento es mixto

CONSORCIO V-5

7. RESUMEN DE TRATAMIENTO QUIMICO,BIOLÓGICO Y MIXTO

Dr. César Lázaro Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

El tratamiento químico con Cal mezcla y floculación y uso del polímero para sedimentación en el embalse para los Rio Millojahuira y Hualcane. Tratamiento Mixto en los rios Antajarane y Hualcane con caliza y humedales reacondicionados en ambos rios

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Mariana Aránguen Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

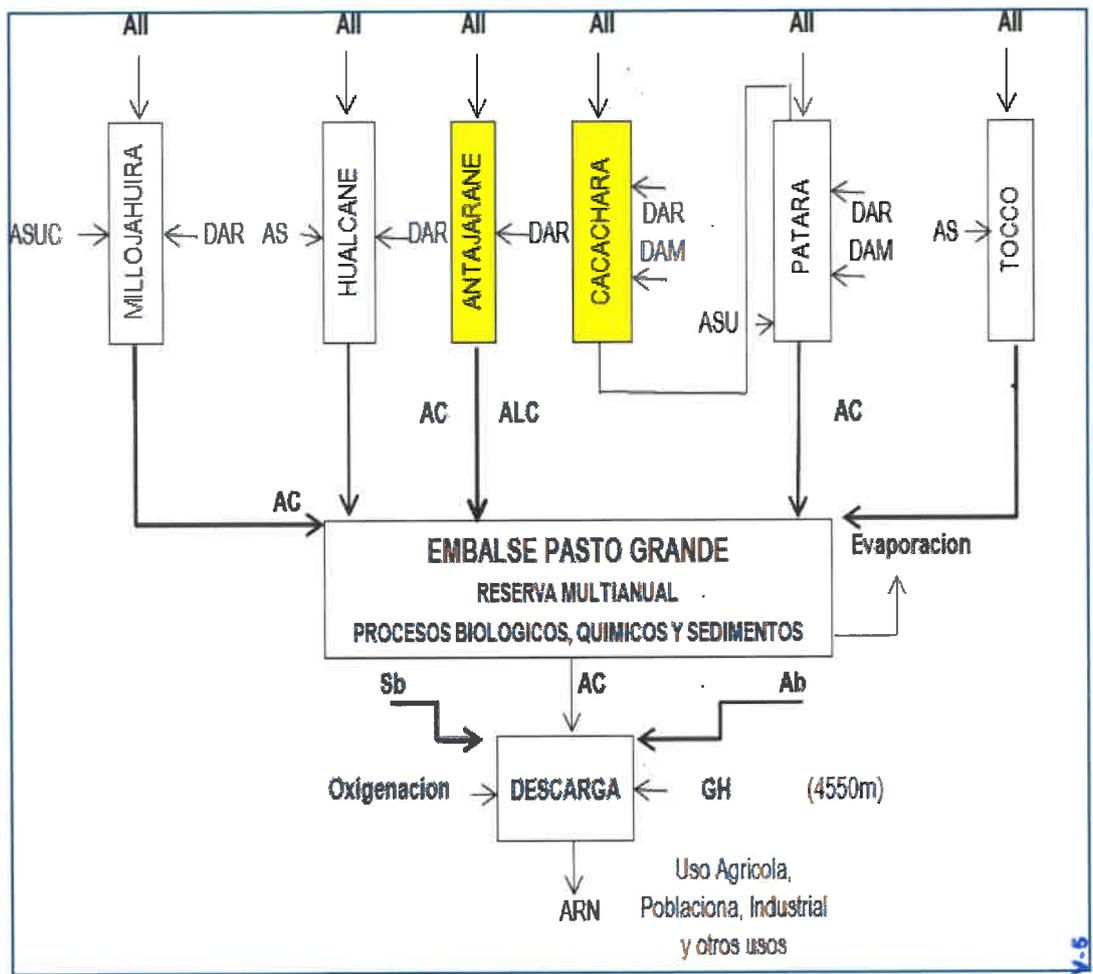
CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
 INGENIERO AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Gráfico 6: Situación Actual Del Sistema Pasto Grande



Tratamiento Mixto
Leyenda:

All: Agua de Lluvia	ACC: Agua Concentrada
ASU: Agua Subterránea	ARN: Agua Con Remediación Natural
ASC: Agua subterránea Contaminada	GH: Gradiente Hidráulica
AC: Agua Contaminada	SB: Suelos Básicos
AS: Agua Sedimentada	Ab: Aguas Básicas.
AE: Agua Evaporada	ASUC: Agua subterránea Contaminada

CONSORCIO V-5

 Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5

 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66658

CONSORCIO V-5

 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

 Ing. Martha Arancibia Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

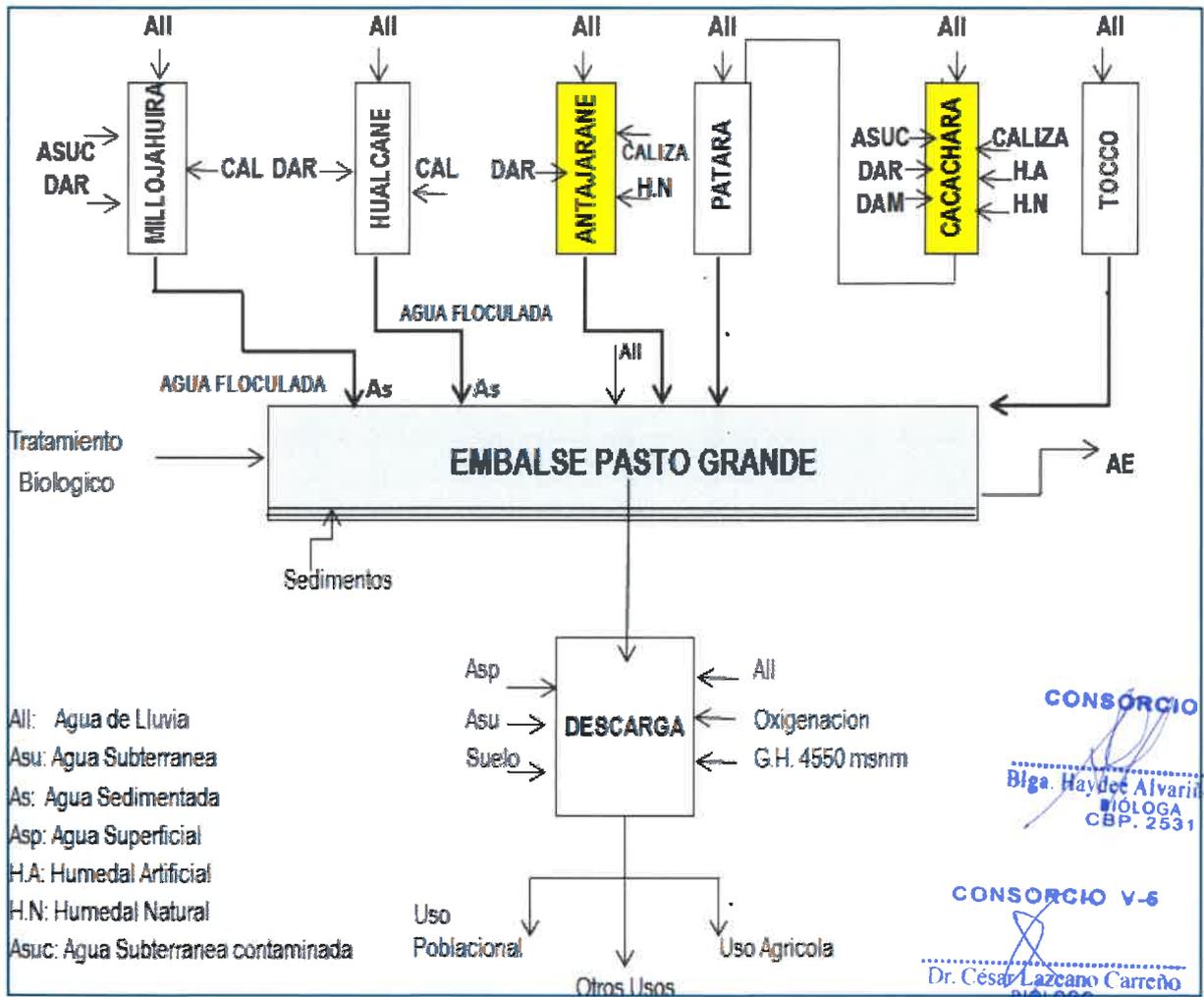
CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Naivarre
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

Dr. César Zamudio Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

Gráfico 7: Remediación



AII: Agua de Lluvia
 Asu: Agua Subterránea
 As: Agua Sedimentada
 Asp: Agua Superficial
 H.A: Humedal Artificial
 H.N: Humedal Natural
 Asuc: Agua Subterránea contaminada

- Afluentes: Tratamiento Químico - Millojahuira – Hualcane.
 Tratamiento Mixto - Antajarane – Cacachara.
- Embalse: Solo Tratamiento Biológico
 Solo Tratamiento de Emergencia
- Descarga: Tiene un alto potencial de remediación

8. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES.

Los tratamientos de aguas ácidas requieren previamente ensayos a nivel de laboratorio donde se obtienen los parámetros de diseño, por otra parte se debe contar con la información histórica de caudales de los afluentes que serán objeto del tratamiento como caudales promedio máximos y promedios así como el caudal centenario o la avenida máxima probable en 100 años el reconocimiento del terreno y ubicación y perfil próximo a la desembocadura del río al embalse, esta característica especial cumplen los Río Millojahuira y el Hualcane este ultimo debe independizarse

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31585

CONSORCIO V-5
 Biga. Haydee Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 86858

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11923

del cauce del Río Antajarane debido a que el cauce del rio será usado como floculador, es decir es posible el tratamiento con cal que requiere mezcla floculación mayor a 30 minutos y utilizar el embalse como sedimentador previa aplicación de polímeros.

El Río Cacachara con aguas ácidas afluente del Patara no tiene las características de los ríos indicados y por tanto se ha determinado utilizar caliza dispuesta en el lecho del rio, utilizando adicionalmente cámaras de contacto de caliza para incrementar el periodo de contacto y elevar el pH al nivel pre establecido. Complementariamente utilizar los bofedales acondicionados para reducir la carga metálica del rio Cacachara. cuyos detalles se encuentran en los planos del tomo 8.

9. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS FÍSICO QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Está probado a nivel de laboratorio que las aguas tratadas con cal con las dosis obtenidas tendrán un pH mayor a 9.0 u.e. los diseños de las estructuras fueron ejecutados con los parámetros utilizados en laboratorio es similar, si el prototipo es similar al modelo los resultados deben ser similares, el tratamiento activo modifica el pH en pocos minutos en cambio el tratamiento biológico demora muchos días denominado tratamiento pasivo, por lo expuesto se debe priorizar el tratamiento activo con cal.

Otro aspecto que debe considerar en el embalse per sus características de ser poco profundo con promedio de 4,0 m y 45.0 km² de superficie cuando está lleno, tiene un volumen alto de evaporación que contribuye con la concentración de las aguas ácidas característica fuera de control con 41.0 MMC a 54.0MMC esta variable requiere ser verificado con vaporímetros más representativos

10. BALANCE HÍDRICO DE LAS AGUAS DEL EMBALSE

El balance hídrico promedio del embalse se puede efectuar empleando la Ecuación de Balance de Masas, cuya expresión es:

$$S(t+1) = S(t) + PRE(t) - EVA(t) + Qi(t) - Qo(t) - INF(t)$$

En donde:

S(t): volumen del almacenamiento en el mes t (m³)

PRE(t): precipitación sobre el embalse promedio mensual mes t (mm)

EVA(t): evaporación desde el embalse promedio mensual mes t (mm)

Qi(t): caudal ingresante al embalse promedio mensual mes t (m³/s)

Qo(t): caudal derivado del embalse promedio mensual mes t-(m³/s)

INF(t): infiltración del embalse, promedio mensual mes t (m³/s)

Este balance multianual refleja aproximadamente el comportamiento promedio de las variables fundamentales del sistema hídrico del embalse Pasto Grande, durante un año típico.

En el Cuadro 6 se muestran los promedios mensuales históricos de las variables hidrometeorológicas indicadas así como las variables ESPEJO de agua (m²) y volumen de almacenamiento VOL.ALMAC. (m³)

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 56858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

17

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

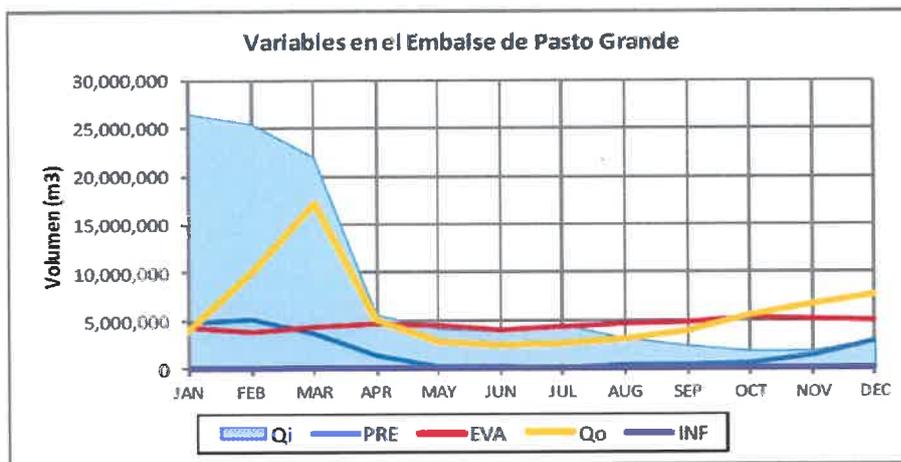
Cuadro 6: Data empleada en el Balance Hídrico

MES	PRE (mm)	EVA (mm)	Qi (m3/s)	Qo (m3/s)	INF (l/s)	ESPEJO (has)	VOL. ALMAC. (m3)
JAN	125.0	111.0	9.924	1.578	2678.4	3839.8	133603247.3
FEB	124.7	92.7	10.561	4.608	2419.2	4073.0	153585883.9
MAR	84.7	97.3	8.228	7.279	2678.4	4348.1	167834838.7
APR	28.5	104.9	2.192	2.125	2592.0	4479.7	173321777.8
MAY	6.0	98.0	1.578	1.049	2678.4	4484.6	172251591.4
JUN	4.1	89.7	1.526	0.928	2592.0	4447.7	169203844.4
JUL	2.3	95.8	1.723	0.966	2678.4	4464.1	166719309.7
AUG	7.0	104.9	1.207	1.100	2678.4	4431.0	163459526.9
SEP	10.0	110.2	0.943	1.515	2592.0	4379.4	158120022.2
OCT	12.9	123.1	0.702	2.054	2678.4	4286.5	150516451.6
NOV	31.6	123.1	0.736	2.631	2592.0	4157.0	140777466.7
DEC	70.6	123.9	1.112	2.906	2678.4	3980.2	130331892.5
TOTAL	507.3	1274.5	3.332	2.395	31536.0	4280.9	156643821.1

Los datos de precipitación corresponden a la estación pluviométrica de Pasto Grande, transformados para reflejar la lamina precipitada sobre el embalse. Los datos de evaporación corresponden al tanque evaporimetro de la Estación Pasto Grande, afectados por un factor $k=0.76$ que tiene en cuenta el comportamiento térmico diferente del tanque en relación al volumen del embalse. La información de caudales afluentes Q_i y salientes Q_o así como la correspondiente al Espejo del embalse y los volúmenes almacenados son proporcionados por los operadores del Embalse. La infiltración INF del embalse se ha asumido igual a 1 l/s.

En el Graf. 8 se muestra el comportamiento estacional típico de la precipitación PRE así como los caudales Q_i . Se observa también la evolución casi constante de la evaporación EVA; y el salto pronunciado del caudal Q_o en el mes de marzo.

Gráfico 8.- Variación mensual de las variables del sistema hídrico del Embalse



En el Graf.9 se muestra una vista en 3D sobre la evolución mensual de las mismas variables.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aracely Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CIP. 2931

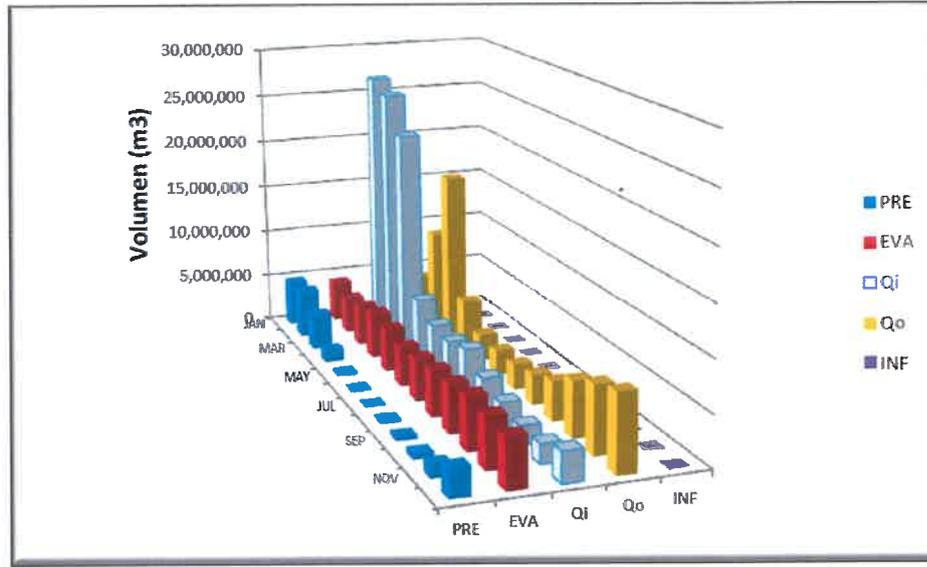
CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 2931

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazoano Carreño
BIOLOGO
CIP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castilla
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Gráfico 9 - Variación mensual de las variables del sistema hídrico del Embalse (Vista 3D)



En el Cuadro 7. Se muestra el balance efectuado con las variables convertidas a m3 (salvo el caso del Espejo de agua que está en m2 y que se usa para llevar a m3 los milímetros de la precipitación y evaporación). Para iniciar la iteración de la ecuación de balance de masas se fija un volumen inicial, tal como $S_0 = 133 \text{ MMC}$.

Si se avanza mes a mes con la simulación, se tiene que la columna correspondiente a $S(t+1)$, el almacenamiento resultante, indica un comportamiento muy similar a la data existente de los volúmenes de almacenamiento (VOL. ALMAC), tal como se muestra en el Graf. 7.0.3. El coeficiente de correlación entre estas dos variables es $R=0.84$

Cuadro 7: Balance Hídrico Multianual del Embalse Pasto Grande

DIAS	MES	$S(t+1) = S(t) + PRE(t) + Qi(t) - EVA(t) - Qo(t) - INF(t)$					ESPEJO (m2)	R → 0.84	S_0	
		PRE (m3)	EVA (m3)	Qi (m3)	Qo (m3)	INF (m3)			$S(t+1)$ (m3)	VOL. ALMAC. (m3)
31	JAN	4798234.6	4260595.3	26580875.0	3975000.0	2678.4	38397578.6	156143514.2	133603247.3	
28	FEB	5078931.1	3776507.5	25548837.7	10000000.0	2419.2	40730235.7	172994775.5	153585883.9	
31	MAR	3683367.5	4229840.7	22037821.3	17202000.0	2678.4	43481092.9	177284123.6	167834838.7	
30	APR	1277954.0	4698350.6	5681579.0	5072000.0	2592.0	44797392.9	174473306.1	173321777.8	
31	MAY	267338.9	4396682.9	4226271.1	2739000.0	2678.4	44845807.1	171831233.1	172251591.4	
30	JUN	184292.4	3988692.9	3954775.8	2479000.0	2592.0	44476950.0	169502608.5	169203844.4	
31	JUL	100658.1	4274815.5	4614708.8	2573000.0	2678.4	44640930.8	167370159.8	166719309.7	
31	AUG	310387.3	4647275.6	3231789.3	3068000.0	2678.4	44310407.7	163197060.8	163459526.9	
30	SEP	436315.8	4826103.0	2444523.7	3905000.0	2592.0	43794038.5	157346797.2	158120022.2	
31	OCT	552339.3	5277568.2	1880066.5	5553000.0	2678.4	42865238.5	148948634.8	150516451.6	
30	NOV	1313865.1	5118039.7	1906683.2	6745000.0	2592.0	41569523.1	140306143.4	140777466.7	
31	DEC	2810411.5	4930647.0	2978255.6	7658000.0	2678.4	39801800.0	133506163.6	130331892.5	
365	TOTAL	20814095.6	54425118.8	105086186.8	70969000.0	31536.0	-	-	-	
	PROM	1734508.0	4535426.6	8757182.2	5914083.3	2628.0	42809249.6	161075376.7	156643821.1	

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

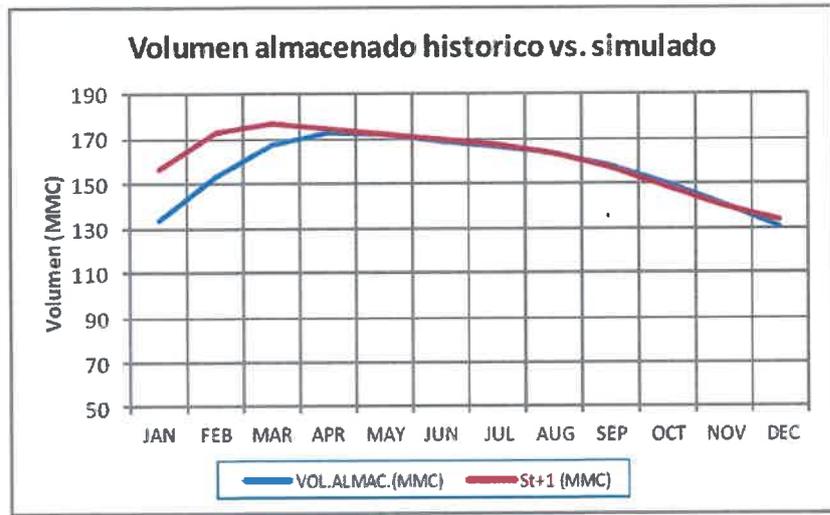
CONSORCIO V-5

Ing. Martha Arroyave Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34753

Ing. César Zúñiga Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11923
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11923
 CONSORCIO V-5
 Ing. César Zúñiga Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vile
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 266
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zambrano Castillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 266

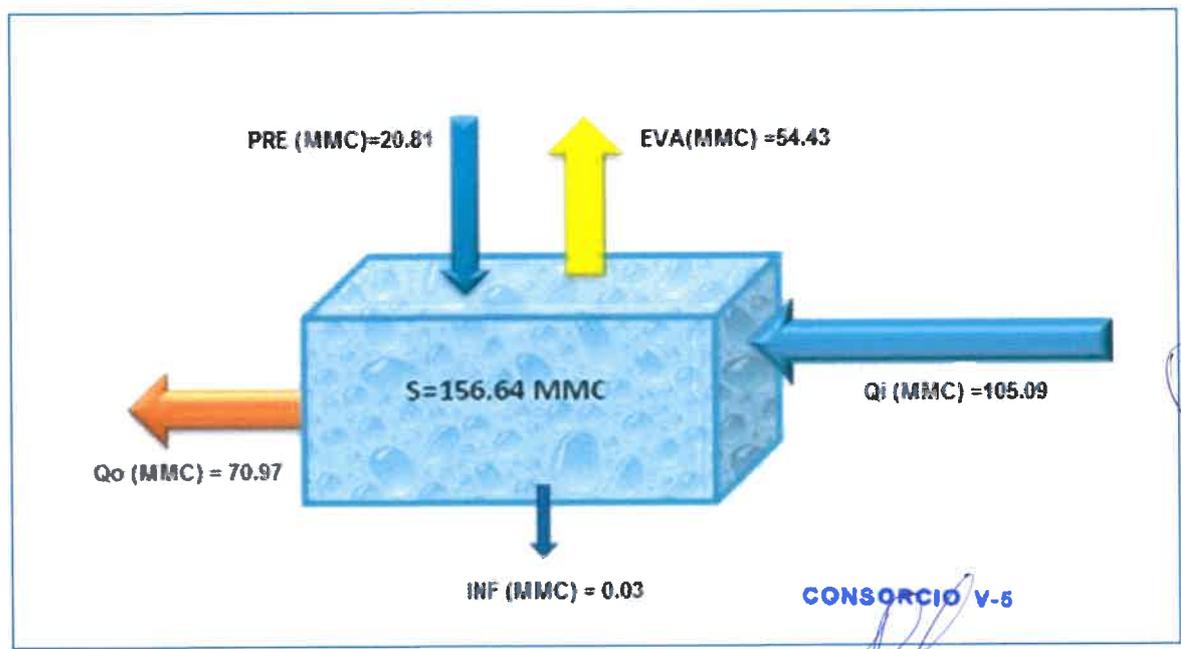
Gráfico 10- Variación de S(t+1) y Vol. Almac.



Se puede concluir entonces que el valor de las variables empleadas corresponde aproximadamente con lo que sucede en la realidad.

En una visión en bloque (Ver Graf. 11) tenemos que ingresos (precipitación + caudales ingresantes) y egresos (evaporación + caudales salientes + infiltración) están en equilibrio. En general se tiene que, en promedio, los ingresos compensan los egresos. En el caso de las perdidas por evaporación, estas suman durante un año la cantidad de 54.43 MMC, y constituyen el 43.39 % de los egresos totales del sistema

Gráfico 11- Balance hídrico (en bloque)



CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apaella Nalvaric
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823
 CONSORCIO V-5
 Dr. Cesar Luciano Carreño
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 269
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55872
 CONSORCIO V-5
 Ing. Rudi Zamudio Castillo
 ING. QUIMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530
 CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Arancibia Carbajal
 INGENIERA QUIMICA
 CIP. 34763
 CONSORCIO V-5
 Ing. Cesar Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

En el Cuadro 8 se caracteriza cada variable mediante diversas unidades de medición. En el caso del porcentaje (%) este se calcula en relación al total de, en un caso los ingresos (precipitación y caudales ingresantes), y en otro de los egresos (evaporación, caudales salientes e infiltración).

Cuadro 8: Caracterización de variables del sistema

CONCEPTO	PRE	EVA	Qi	Qo	I	S
m ³	20,814,095.6	54,425,118.8	105,086,186.8	70,969,000.0	31,536.0	158,075,376.7
MMC	20.81	54.43	105.09	70.97	0.03	159.88
mm	486.21	1271.34	2454.75	1657.80	0.74	3692.55
%	16.53	43.39	83.47	56.58	0.03	-

11. CARACTERIZACION DE FLUJOS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

Para la caracterización de los flujos en un embalse normalmente se usan trazadores químicos o radiactivos. Cuando estos depósitos son de grandes dimensiones como en el caso del Embalse Pasto Grande, que tiene una capacidad de 185 MMC, los ensayos con trazadores pueden demorar años por lo que se tiene utilizar otros procedimientos, como los indicadores efectuados durante el monitoreo. Estos indicadores son el PH, la Transparencia, el porcentaje de arena que retiene la malla, y la Temperatura. Ver Cuadro 8.0

Estos indicadores permiten caracterizar los flujos del embalse, analizando la acidez de los puntos de muestra dentro del embalse, los sedimentos de arena fina y limo obtenidos en los análisis de lodos, la transparencia de las aguas para identificar las zonas muertas, y finalmente la temperatura y, finalmente midiendo las áreas circundantes a las estaciones.

En el caso del PH, el flujo en el Embalse durante el llenado, con el incremento de los volúmenes en el periodo de lluvias, varía el PH de 4.26 a 5.08, en promedio, mejorando de esta manera la calidad del Embalse. En cambio, durante el estiaje, la acidez varía de PH 4.6 a 3.8.

En el caso de las estaciones E-52 y E57, las condiciones de acidez se mantienen prácticamente constantes en ambos periodos, de lluvias y estiaje, con la misma acidez; indicando esto un área muerta o estanca por la presencia del Islote y el viento que predomina en la tarde de Oeste a Este del embalse. Esto se corrobora también por la mayor transparencia de las aguas en estas dos estaciones.

Cuadro 9: Indicadores empleados para caracterización de flujos en Embalse

ESTACION	PH		TRANSPARENCIA (m)		% DE ARENA QUE RETIENE LA MALLA				TEMPERATURA	
	LLUVIAS	ESTIAJE	LLUVIAS	ESTIAJE	25	50	100	200	LLUVIAS	ESTIAJE
E-48	3.80	4.40	0.70	1.40	1.79	0.97	1.94	9.40	8.00	4.00
E-49	5.20	4.40	1.00	1.10	42.49	24.41	21.29	9.07	14.00	3.00
E-50	5.70	4.10	1.20	1.30	1.74	6.96	27.66	30.01	12.00	5.30
E-51	5.20	4.30	4.00	3.50	0.80	0.12	0.30	0.77	10.00	5.30
E-52	4.40	4.30	2.50	2.52	0.79	0.30	11.06	18.66	11.00	6.00
E-54	6.00	4.60	2.00	0.80	8.92	2.46	3.73	6.41	12.00	3.80
E-55	5.60	4.30	3.00	2.30	0.22	0.55	1.31	18.52	13.00	6.00
E-56	4.40	4.10	3.20	2.80	0.16	1.66	3.57	6.14	9.00	6.00
E-57	4.60	4.40	3.00	3.50	0.34	0.82	4.78	7.93	11.00	5.00
E-58	5.20	4.20	1.80	2.80	3.60	2.29	15.29	37.82	13.00	5.20
E-59	4.60	4.20	4.00	1.90	33.04	19.66	11.64	7.79	9.00	6.00
E-60	6.30	3.8		3.51					10.00	5.50
PROM	5.08	4.26								

CONSORCIO V-5
 Ing. Haydée Alvararño Flores
 BIÓLOGA
 C.B.P. 2531
 ING. AGRÍCOLA
 CIP 11823
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apucalla Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP 11823
 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lázcano Carricho
 BIÓLOGO
 C.B.P. 269
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 55872
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP 66658

CONSORCIO V-5
 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

 CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aranguen Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

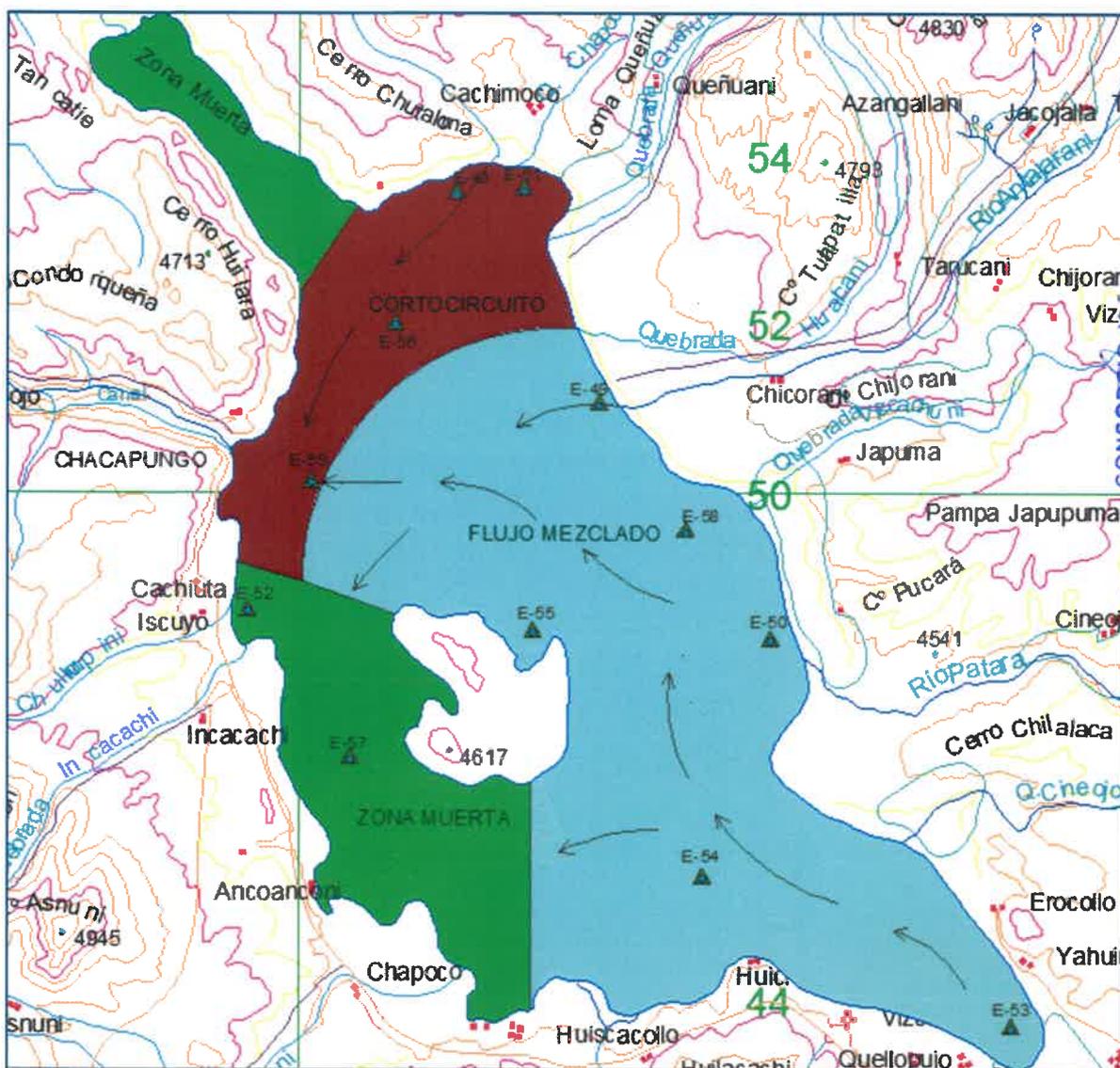
 CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

Asimismo se evidencia el corto circuito (Ver Fig.,20) que se produce durante el periodo de estiaje representado por las estaciones E-48, E-51, E-56 y E-59 y la estación E-60 con PH similares, donde también se presenta parte de flujo pistón por no mezclarse un alto porcentaje de las aguas del Millojahuira y Antajarane con aguas del embalse, en su recorrido de los afluentes y salida del embalse.

La presencia de arena en las estaciones E-49, E-50 Y E-58, en la zona noreste del embalse, donde hay mayor turbulencia es un indicador de un mayor flujo con arrastre de sedimentos, que también representa la zona de flujo mezclado del embalse donde se ubican el ingreso de las aguas de los afluentes con mayor caudal encausados por el islote de gran magnitud que se encuentra en el centro del Embalse.

Pudiendo visualizarse, en el periodo de lluvias, aguas turbias hasta un kilómetro de distancia adentro del embalse, debido a la inercia de las avenidas de los afluentes al ingresar al embalse.

Figura 2- Indicadores De Flujo En El Embalse Y Zonas Determinadas



CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Francisca Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Hildel Alvarito Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

Ing. Ricardo Apacalla Nalvarie
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CIP. 289

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 5172

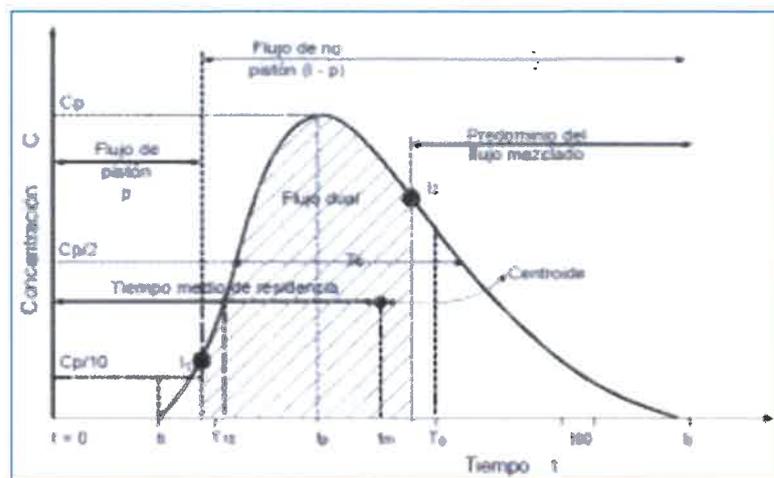
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 25554

También la diferencia de temperatura de los afluentes en relación a la temperatura del embalse, permite visualizar fenómenos físicos por la mayor densidad de las aguas próximos a los 4 grados centígrados que generalmente tiene el embalse. Los afluentes con mayor temperatura discurren por la superficie hasta que se produce la mezcla cuando se igualan las temperaturas; cuando la temperatura de los afluentes es menor que las aguas del embalse estas se sumergen aflorando a la superficie cuando se completa la transferencia de temperatura entre las aguas del río y del embalse.

La caracterización de flujos y corrientes hidráulicas en el embalse Pasto Grande que se indica en el capítulo 2b del desarrollo del estudio tiene que ver con las corrientes de agua que se desplazan desde los afluentes que ingresan al embalse hacia la zona descarga. Para esto se 39

tiene que considerar la ubicación de las descargas, la forma del embalse, su topografía y la presencia del islote de gran magnitud en el centro del embalse. Los estudios de comportamiento hidráulico se efectúan con trazadores dosificando los reactivos en forma proporcional al caudal de cada rio, se mide la concentración del reactivo a la salida del embalse, cuando se alcanza la mayor concentración se tiene el tiempo medio de residencia, que es diferente al tiempo teórico de residencia. Se analiza la curva, donde los puntos de inflexión al inicio de la curva y el inicio del ensayo, caracterizan al flujo pistón; el flujo dual lo constituye la parábola entre los dos puntos de inflexión ascendente y descendente, y el flujo mezclado el tramo final de la curva. Estos ensayos se realiza con trazadores radiactivos los que durarían no menos de tres años, por el volumen y extensión del embalse.

Figura 3. Curva de Concentración – Tiempo



CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-6

Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

Como conclusión, se tiene como área muerta el 23% del área, flujo pistón 10%, como parte del corto circuito y 67% de flujo mezclado por diferencia. Lo que se hace evidente en el periodo de lluvias al existir un flujo mezclado la acidez del embalse se reduce frente a los afluentes elevándose el PH promedio del embalse a 5.08, en el periodo de estiaje, se uniformiza la acidez del embalse permaneciendo entre PH 4.5 a 4.1 manteniéndose prácticamente con la misma acidez la zona Oeste del Embalse identificada como zona muerta.

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zapudío Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Núñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6539

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-6
23

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11623

El periodo de residencia viene a ser el volumen del embalse dividido por el caudal promedio de los afluentes.

$$Tr = V/Q = 185 \text{ MMC} / 2.98 \text{ m}^3/\text{s} = 1.97 \text{ años}$$

Esto indica que el promedio del agua que ingresa saldrá del embalse después de 1.97 años, siempre y cuando se tenga un flujo mezclado al 100% y por el flujo pistón saldrá dentro de los primeros meses y de las zonas muertas saldrán del embalse después de los tres años.

Como sedimentador por el gran periodo de retención que tiene el embalse es de alta eficiencia el cual es alterado solo por el oleaje de las aguas en las zonas de poca profundidad y en su perímetro. Así mismo, si la acidez se incrementa, se desestabiliza los lodos del estanque pudiendo removerse los sedimentos.

Esto también indica que luego de efectuar la remediación de los afluentes los resultados se harán presentes desde el primer año y a los tres años las aguas del embalse quedaran renovadas con aguas tratadas y, de esta forma, el embalse quedará descontaminado con aguas neutras.

**CUADRO N° 10
COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
POR REMEDIACION DE AFLUENTES DEL EMBALSE PASTO GRANDE**

RUBRO	TRATAMIENTO QUIMICO	TRATAMIENTO BIOLÓGICO		TOTAL
MILLOJAHUIRA				
Tratamiento con CAL	9,999,302.70			9,999,302.70
Inversión				
C.O	2,949,417.80			2,949,417.80
C.M	241,000.00			241,000.00
TOTAL	13,189,720.50			13,189,720.50
ANTAJARANE - HUALCANE				
Tratamiento con CAL	10,173,775.36	Humedal Natural	261,861.47	10,435,636.83
Inversión		Inversión		
C.O	2,694,508.90	C.O	230,300.00	2,924,808.90
C.M	264,972.00	C.M	10,474.00	275,446.00
TOTAL	13,133,256.26	TOTAL	502,635.47	13,635,891.73
RIO PATARA - CACACHARA				
Tratamiento con CAL	1,948,503.10	Humedal Natural	3,415,857.00	7,622,402.35
Inversión		2 Humedal Artificial	2,258,042.25	
		Inversión	5,673,899.25	
C.O	1,442,414.12	Humedad Natural	230,300.00	210,000.00
		2 Humedal Artificial	210,000.00	

CONSORCIO V-5
Ing. Haydeé Alvarino Flores
ING. AGRICOLA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacilla Navalte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
COP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Draz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Angarreta Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34783

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

RUBRO	TRATAMIENTO QUIMICO	TRATAMIENTO BIOLÓGICO		TOTAL
		CO		
		CO	440,300.00	1,882,714.12
C.M	126,000.00	Humedad Natural	136,634.00	
		2 Humedal Artificial	90,320.00	
		CM	226,954.00	352,954.00
TOTAL	3,516,917.22	TOTAL	12,365,032.50	9,858,070.47
TOTAL DE COSTOS				
Tratamiento con CAL	22,121,581.16	Humedal Natural	5,935,760.72	28,057,341.88
Inversión		Inversión		
C.O	7,086,340.82	C.O	670,600.00	7,756,940.82
C.M	631,972.00	C.M	237,428.00	869,400.00

12. RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Costos De Inversión	28,057,341.88 NUEVOS SOLES.
Costos Operativos	7,756,940.82 NUEVOS SOLES
Costos de Mantenimiento	869,400.00 NUEVOS SOLES

CONSORCIO V-5

 Blga. Haydeé Alvariano Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

 Ing. Ricardo Apacilla Navarte
 ING. AGRICOLA
 CIP 11823

CONSORCIO V-5

 Dr. César Lazcano Carrero
 BIÓLOGO
 CBP. 269

CONSORCIO V-5

 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 55872

CONSORCIO V-5

 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

 Ing. Martha Aranzola Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

CAPITULO 7

MODELAMIENTO DEL ECOSISTEMA Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EMBALSE PASTO GRANDE

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CAPÍTULO Nº 7

MODELAMIENTO DEL ECOSISTEMA Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS
EMBALSE PASTO GRANDE

El problema existente en el Embalse Pasto Grande, surge en el año 2006, con la mortandad elevada de alevinos de truchas de la Empresa Comunal de Producción y Servicios Lago Azul y posterior coloración rojiza de las aguas del embalse Pasto Grande, lo que advirtió a las autoridades responsables del Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERGP) tomar acción, lo que se concreta con diversos estudios a partir de la fecha. El PERGP dispone una serie de estudios, con la intervención de Dirección Regional de Salud (DIRESA), con una serie de análisis de la calidad de agua realizados en los laboratorios del Ministerio de Salud (MINSA Periodo 2004-2007), además de análisis en laboratorios privados, los cuales arrojaron una elevada acidez (pH) del agua del embalse, altas concentraciones de hierro (Fe), manganeso (Mn) y otros elementos metálicos.

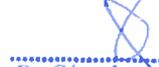
El PERPG, la Dirección Regional de Producción-Ilo (DIREPRO-Ilo) y la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRRNN) del Gobierno Regional Moquegua, conformaron una Comisión Técnica Multisectorial encargada del Monitoreo de las aguas del Embalse de Pasto Grande, que permita analizar y estudiar el problema suscitado en el Embalse Pasto Grande.

El principal problema identificado es la "Inadecuada calidad de las aguas del embalse Pasto Grande"; aguas que son utilizadas por la población de Moquegua para el consumo humano y para sus actividades económicas.

OBJETIVO GENERAL

Conocer las características biogeoquímicas e interrelaciones bio-ecológicas del Embalse Pasto Grande, mediante el establecimiento del modelamiento dinámico biogeoquímico, como base para comprender el estado actual de la calidad del agua y su tendencia en el tiempo.

CONSORCIO V-5


 Dr. César Lazcano Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◇ Determinar el estado trófico del embalse Pasto Grande, a través del análisis de los parámetros tróficos.
- ◇ Identificar, evaluar y determinar las causas que afectan la calidad del agua del embalse Pasto Grande.
- ◇ Determinar cualitativamente las fuentes de nutrientes (N y P) y la participación en el ciclo de los nutrientes a nivel del ecosistema acuático.
- ◇ Construir el modelo conceptual de los ciclos biogeoquímicos del embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5


 Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5


 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5


 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5


 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5


 Ing. Martha Angueen Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5


 César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

1

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo ApacHa-Nativar
ING. AGRÍCOLA

MARCO TEORICO

Se ha considerado importante revisar algunos aspectos conceptuales, con la finalidad de establecer argumentos teórico - científicos, que permitan evaluar la situación actual del cuerpo de agua en estudio, considerado como un ecosistema acuático, formado por el represamiento del agua de la cuenca del río Vizcachas.

ECOSISTEMA

Fundamental para el concepto de ecosistema es la idea de que los organismos vivos interactúan con cualquier otro elemento en su entorno local. Eugene Odum, uno de los fundadores de la ecología, declaró: «Toda unidad que incluye todos los organismos (es decir: la "comunidad") en una zona determinada interactuando con el entorno físico de tal forma que un flujo de energía conduce a una estructura trófica claramente definida, diversidad biótica y ciclos de materiales (es decir, un intercambio de materiales entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema es un ecosistema». El concepto de ecosistema humano, se basa, en desmontar la dicotomía humano/naturaleza y en la premisa de que todas las especies están ecológicamente integradas unas con otras, así como con los componentes abióticos de su biotopo.

CONSORCIO V-5
Blga. Haylé Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP-2631

CONSORCIO V-5

BIOMAS

Un biomas es una clasificación global de áreas similares, incluyendo muchos ecosistemas, climática y geográficamente similares, esto es, una zona definida ecológicamente en que se dan similares condiciones climáticas y similares comunidades de plantas, animales y organismos del suelo, son a menudo referidas como ecosistemas de gran extensión. Los biomas se definen basándose en factores, tales como las estructuras de las plantas (árboles, arbustos y hierbas), los tipos de hojas (plantas de hoja ancha y aguja), la distancia entre las plantas (bosque, selva, sabana) y el clima.

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

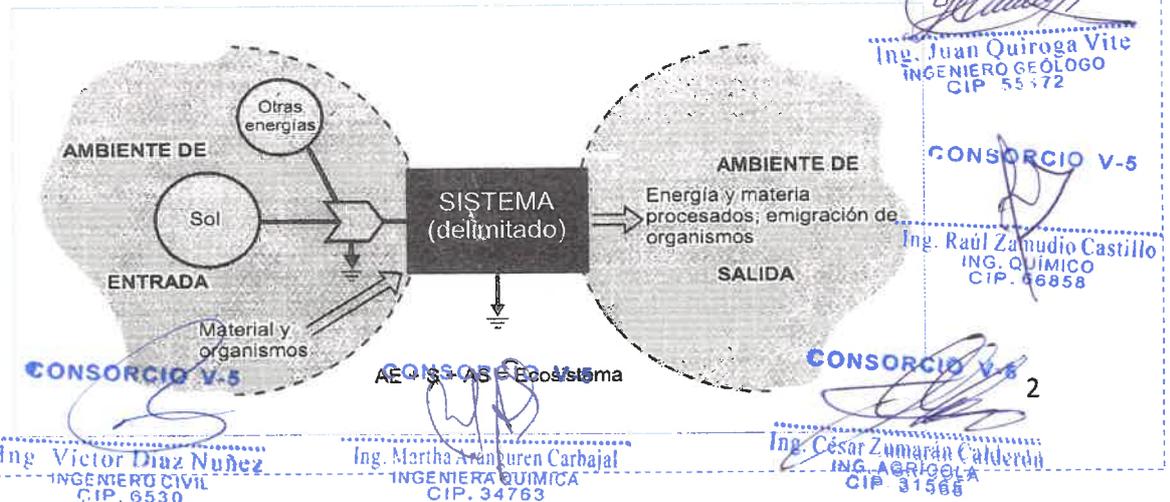
CONSORCIO V-5

MODELO DE ECOSISTEMAS

Los ecosistemas son sistemas abiertos; esto es, experimentan entrada y salida constantes de materia, aunque el aspecto general y las funciones básicas pueden permanecer constantes por largos periodos. Las entradas y salidas (Figura N° 7-1) son una parte importante del concepto. Un modelo gráfico de ecosistema puede consistir en un rectángulo o "caja" (Figura N° 7-1) que podemos identificar con el sistema, el cual representa nuestra área de interés, y dos grandes embudos que podemos nombrar ambiente de entrada (o de insumos, de importación, aferente) y ambiente de salida (o de productos, de exportación, eferente).

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázaro Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

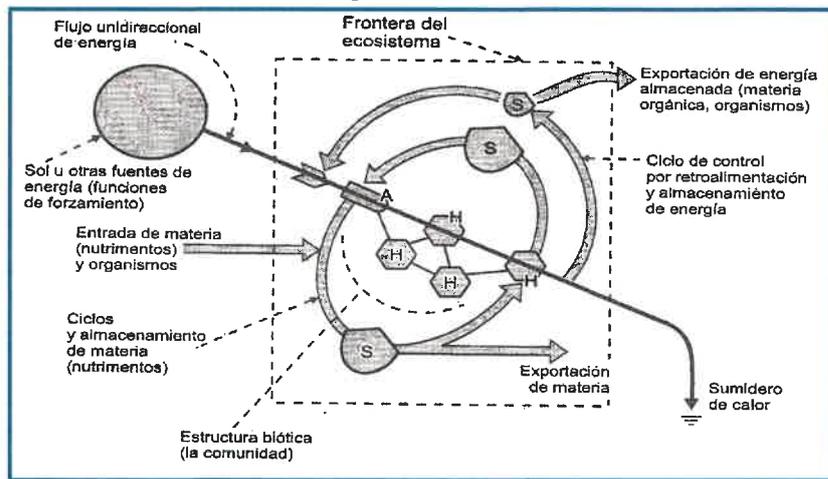
Figura N° 7-1



Modelo de ecosistema como sistema termodinámico abierto no en equilibrio, en el que se pone de relieve el ambiente externo en cual debe considerarse parte integral del concepto de ecosistema. No es necesario conocer el contenido de la "caja negra" del sistema.

En la **Figura N° 7-1**, la parte del eco sistema correspondiente al sistema se muestra como una "caja negra", la cual es definida por los modeladores como una unidad cuya función o funcionamiento general puede evaluarse sin especificar el contenido.

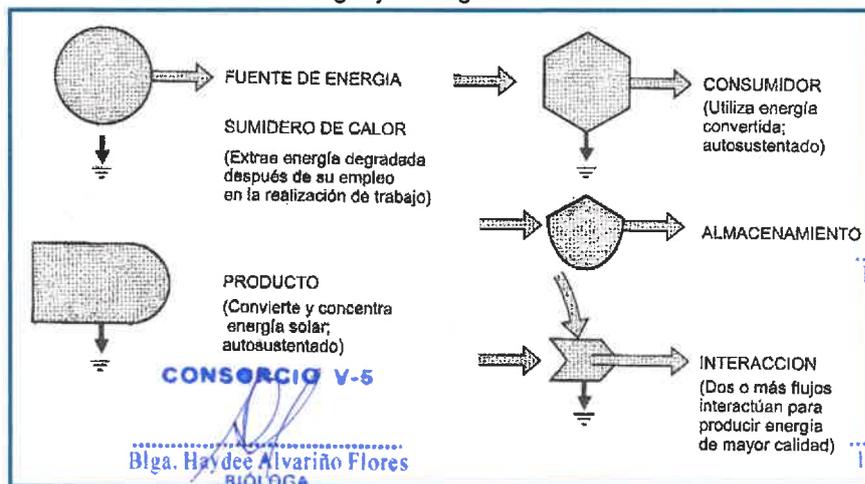
Figura N° 7-2



En la **Figura N° 7-2**, a los compartimentos (cajas) del modelo se les han dado diferentes formas según sus funciones básicas, utilizando los símbolos del "lenguaje energético" desarrollado por H. T. Odum (1971) y que se resume en la **Figura N° 7-3**. Los círculos representan fuentes de energía renovables, los módulos en forma de bala son autótrofos, los hexágonos son heterótrofos, las cajas en forma de tanque son depósitos, y las "colas de flecha" son sumideros o disipadores (sitios donde se pierde o disipa calor entrópico).

Figura N° 7-3

Símbolos del "lenguaje energético" de H. T. Odum



Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Mercedes Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

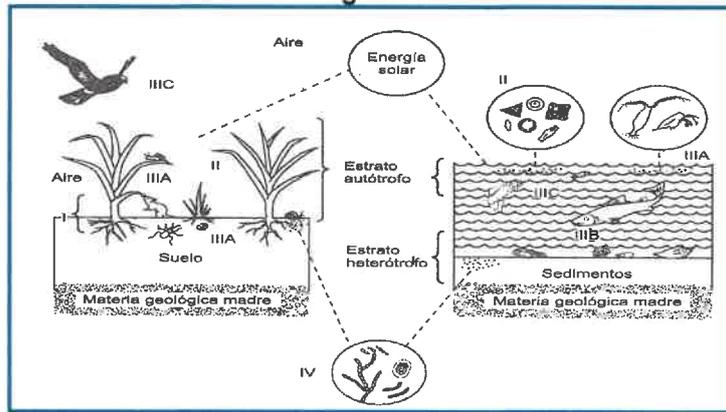
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

La segunda unidad principal es el componente heterótrofo (que se alimenta de otros), el cual utiliza, re distribuye y descompone las materias complejas sintetizadas por los autótrofos. Hongos, bacterias no fotosintéticas y otros microorganismos, así como los animales incluyendo el ser humano, constituyen los heterótrofos, que concentran sus actividades en (o alrededor de) el "cinturón pardo" constituido por suelo y sedimentos bajo el dosel verde. Estos organismos pueden considerarse los consumidores, ya que son incapaces de producir su propio alimento, y deben obtenerlo consumiendo otros organismos. En el modelo gráfico de la **Figura N° 7-2**, los componentes autótrofos (A) y heterótrofos (H) se muestran enlazados en una red de transferencias de energía, llamada trama alimentaria -red alimenticia.

PRADO Y ESTANQUE

Los ecosistemas terrestres y acuáticos son contrastantes. En la **Figura N° 7-4** se ponen de relieve sus semejanzas y diferencias básicas. Los ecosistemas terrestres y los acuáticos, típicamente, son poblados por distintos tipos de organismos (aunque algunos de éstos, como patos y ranas, viven en ambos eco sistemas en diferentes momentos o durante diferentes fases de su ciclo vital).

Figura 7 - 4



CONSORCIO V-5

 Bga. Haydée Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5

 Ing. Ricardo Apaella Navarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5

 Dr. César Lázaro Carreño
 BIÓLOGO
 CBP. 269

En tierra, los autótrofos predominantes suelen ser plantas de raíz, que van en tamaño, desde los pastos y otras herbáceas que ocupan terrenos secos o recientemente desmontados, hasta los grandes árboles forestales adaptados a terrenos húmedos. Cerca de la orilla de un lago o en otras situaciones de agua somera (humedales, por ejemplo) existen plantas acuáticas de raíz (como espadañas, lirios acuáticos, juncos), pero en las vastas extensiones de agua abierta de estanques, lagos y océanos, los autótrofos son organismos microscópicos suspendidos llamados en conjunto fitoplancton (del griego fito, planta, y plancton, flotante), que incluye diversos tipos de algas, bacterias fotosintéticas y protozoarios "verdes".

Es importante tener en cuenta, el concepto de **renovación** como primer paso para relacionar estructura y función. Podemos considerar a la renovación, como el cociente de la cosecha en pie (esto es, la cantidad presente en cualquier momento dado como existencia instantánea) de componentes bióticos o abióticos entre la rapidez de reposición de esa existencia instantánea. Por ejemplo, si la biomasa de un bosque es de 20000 g/m² y el incremento anual por crecimiento es de 1 000 g, entonces la relación 20:1, puede expresarse, como un tiempo de renovación o tiempo de reposición de 20 años. El recíproco, 1/20 = 0,05, es la rapidez o tasa de renovación. En un estanque, el tiempo de renovación para el fitoplancton se mide en días, no en años. La diferencia entre eco sistemas terrestres y acuáticos en biomasa y tiempo de renovación, se refleja en las formas en que obtenemos alimento y fibras de ellos.

CONSORCIO V-5

 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP. 55172

CONSORCIO V-5

 Ing. Paul Zamudio Castillo
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

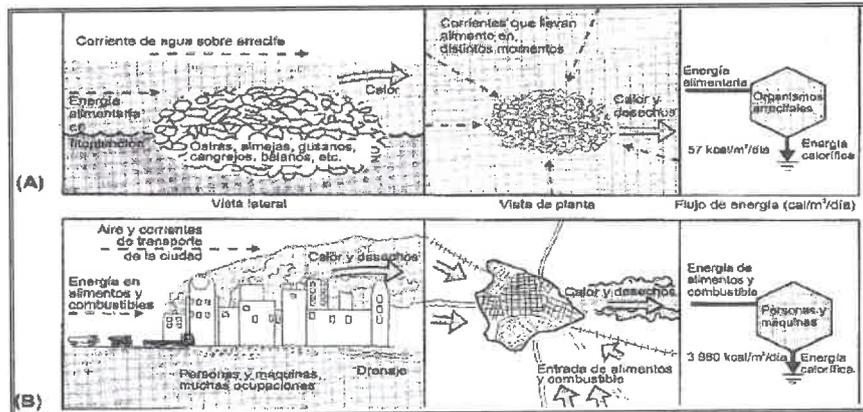
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

ECOSISTEMAS HETERÓTROFOS

En los paisajes naturales y semi naturales que contienen una variedad de ecosistemas (como bosques, pastizales, sembradíos, lagos, estanques, ríos), la actividad autótrofa y heterótrofa en conjunto tiende a equilibrarse; la materia orgánica producida se utiliza para crecimiento y mantenimiento en el ciclo anual. Algunas veces, la producción excede al uso; en cuyo caso, la materia orgánica puede almacenarse (como turba en un pantano, por ejemplo) o ser exportada a otro ecosistema o paisaje (como en la agricultura).

En la **Figura N° 7-5**, se comparan un arrecife ostrero, uno de los ecosistemas heterótrofos de la naturaleza

Figura 7-5



Ecosistemas heterótrofos. A, Este arrecife de ostras, una de las "ciudades" de la naturaleza, depende del influjo de energía alimentaria procedente de una gran extensión del ambiente circundante. B, Una ciudad industrializada es mantenida por un enorme influjo de combustible y alimento, con una salida correspondientemente grande de desechos y calor. Su requerimiento de energía por metro cuadrado es unas 70 veces mayor que el del arrecife: alrededor de 4 000 kcal/día, o 1 500 000 kcal/año. (Tomado de H. T. Odum, 1971)

No hay nada incorrecto o malo en que nuestras ciudades sean heterótrofas, mientras estén vinculadas con sistemas autótrofos adecuados que puedan proporcionar el alimento y otras formas de energía (por no mencionar materias primas) requeridos y también puedan asimilar la gran cantidad de desechos producidos por la ciudad.

Esto recuerda la idea: el ambiente natural como módulo de soporte de vida de la Nave Espacial Tierra, con la ecología como puente entre la ciencia y la sociedad. Puesto que, según ya se hizo notar, la capacidad de la naturaleza de mantener nuestras siempre crecientes y demandantes ciudades está siendo llevada al límite en muchos lugares, es tiempo de pensar en rediseñarlas para reducir la pérdida.

COMPONENTES ABIÓTICOS

En la Figura N° 7-2, se ilustran de manera simplificada, las dos funciones abióticas básicas que hacen operacional al ecosistema; a saber: flujo de energía y ciclos de materia. La energía fluye desde el sol u otra fuente externa, pasa a través de la comunidad biótica y su trama alimentaria, y sale del ecosistema en la forma de calor, materia orgánica y organismos producidos en el sistema. Si bien la energía puede ser almacenada y utilizada después, el flujo energético es unidireccional en

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. Hayk Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázaro Carricho
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO

el sentido de que una vez que la energía se ha utilizado -esto es, se ha convertido de una forma en otra (luz solar en alimento, por ejemplo), no puede volver a utilizarse; la luz del sol debe seguir fluyendo, para que la producción de alimento continúe. En contraste, la materia -elementos y compuestos- puede ser utilizada una y otra vez sin pérdida de utilidad. En un ecosistema bien ordenado, muchas materias circulan una y otra vez entre componentes abióticos y bióticos. Como son los ciclos biogeoquímicos.

De la gran cantidad de elementos y compuestos inorgánicos simples presentes en la superficie del planeta o cerca de ella, algunos pocos son esenciales para la vida. Estos son las llamadas sustancias biogénicas o nutrientes. Como podría esperarse, dichas sustancias tienden a ser retenidas por los sistemas vivos y a recircular dentro de ellos, -en mayor medida que las no esenciales. Carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y calcio, entre otros, son necesarios en cantidades relativamente grandes, por lo que se denominan macronutrientes; abundan en compuestos simples como dióxido de carbono, agua y nitratos, fácilmente accesibles para los organismos

Conforme ocurre la descomposición de la materia orgánica se forman materias llamadas humus o sustancias húmicas, que a menudo son resistentes a una posterior descomposición; ello significa que pueden permanecer por algún tiempo como parte estructural del ecosistema.

En ciertas condiciones, como las que existieron en edades geológicas pasadas, mucha materia orgánica se fosilizó, primero como turba y después como carbón, petróleo y otros combustibles fósiles, de los cuales, ahora dependen nuestras sociedades industriales.

Por desgracia, los sub productos de la industria, incluyendo los petroquímicos (derivados del petróleo), se han hecho cada vez más abundantes y tóxicos en decenios recientes, y la tecnología del manejo y la reducción de los desechos han marchado a la zaga de nuestra capacidad de producir aquellas sustancias.

GRADIENTE Y ECOTONOS

La biosfera se caracteriza por una serie de gradientes o zonaciones de factores físicos. Son ejemplos los gradientes de temperatura desde el Ártico hasta los Trópicos y desde las cimas de las montañas hasta los valles; los gradientes de humedad, desde los sistemas húmedos hasta los secos, junto con los principales sistemas climáticos; y los gradientes de profundidad desde el litoral hasta el fondo en cuerpos de agua. Con frecuencia, las condiciones y los organismos adaptados a ellas, cambian de manera gradual a lo largo de un gradiente, pero otras veces hay puntos de cambio abrupto, conocidos como ecotonos: tal es el caso de las fusiones de pradera y bosque o las zonas entre mareas en los litorales.

Un ecotono no es simplemente una frontera o borde; el concepto supone la existencia de interacción activa entre dos o más ecosistemas (o fragmentos de ecosistemas), lo que da por resultado que el ecotono tenga propiedades que no existen en ninguno de los ecosistemas adyacentes (Decamps y Naiman, 1990).

Además de procesos externos que provocan discontinuidades en los gradientes, procesos internos como trampas de sedimentos, marañas de raíces, condiciones especiales suelo-agua, sustancias inhibitoras o actividad animal (construcción de represas por castores, por ejemplo) pueden mantener un ecotono como un sistema distinto respecto de las comunidades colindantes (Odum, 1990).

CONSORCIO V-6
Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5
Dr. César Jazcano Carreño
BIÓLOGO
CIP. 269

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

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Núñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Acuña-Carvajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CICLO BIOGEOQUÍMICOS EN EL EMBALSE DE PASTO GRANDE

ASPECTOS GENERALES

Los ciclos biogeoquímicos en un ecosistema acuático constituyen un sistema regulador del estado trófico de éste, donde su estudio describe los movimientos y las interacciones de los elementos químicos esenciales para la vida acuática, la calidad del agua, a través de procesos físicos, químicos y biológicos. Los flujos de los elementos pueden ser *abiertos*, como el flujo de energía o *cerrados*, como el ciclo de la materia.

El ciclo de la materia (elementos químicos) en un ecosistema es una interacción permanente entre la fase biótica y la fase abiótica, es un proceso sin principio ni fin; es decir, un reciclaje combinado y continuo, en una serie de procesos autorregulados; donde los deshechos son el punto de partida para formar algo nuevo. Este es el principio fundamental que rige el ciclo de los nutrientes y otros materiales, que determinan el estado trófico de un ecosistema acuático, el cual debe ser estudiado para comprender la dinámica y estado de "salud" de un ecosistema, en este caso del embalse Pasto Grande.

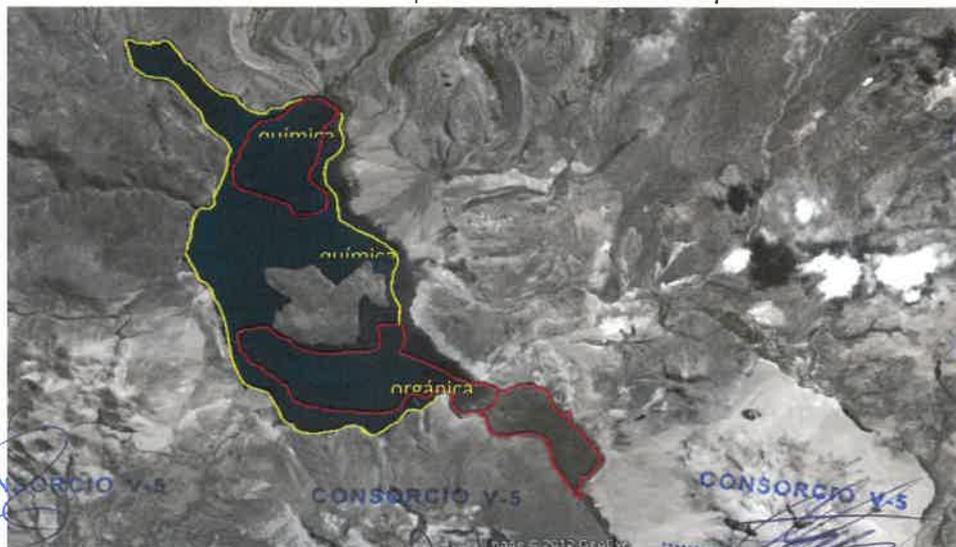
Los ciclos biogeoquímicos generalmente se conceptualizan en modelos de compartimentos y se visualizan convenientemente por medio de cuadros y flechas. Desde el punto de vista de la influencia geoquímica de los suelos, cabe resaltar que de los 80 elementos que se encuentran en él, y mediante el transporte en las corrientes de agua, la infiltración de ésta, sólo una tercera parte son componentes esenciales utilizados por la flora y fauna acuática. Otro aspecto importante a tener en cuenta en el estudio, es la participación de la energía en la configuración de la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Ningún ecosistema puede funcionar, si no cuenta con la suficiente energía y sustancias o elementos químicos.

ORIGEN Y FORMACIÓN DEL EMBALSE PASTO GRANDE

El embalse Pasto Grande cuyo volumen de almacenamiento útil es del orden de los 185 MMC, ubicado a una altitud de 4520 m.s.n.m, se formó a partir del represamiento del río Vizcachas en 1989 (23 años); el cual tiene un área superficie de Cuenca de **447.49 km²**, que incluye los ríos Millojahuiria, Queñuane – Chapoco, Atajarane, Viscachune, Patara y Tocco. La superficie total del embalse es de 4600 hectáreas (46 km²), el cual se formó sobre una superficie considerable de bofedales, estimado en aproximadamente 1500 hectáreas y alrededor de 3100 hectáreas de pajonales.

Figura N°7.6

Ubicación estimada de Aportes de Contaminación por Afluentes



Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguez Tamajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zambrana Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP 31565

CONSORCIO V-5

Blga. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apacalla Nalvaric
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

Este tipo de ecosistemas son de gran importancia para la ganadería alto andina (alpacas, ovinos y llamas), las cuales también aportan materia orgánica y nutrientes contenidas en las excretas; igualmente los pastizales conformados principalmente por gramíneas, sobre los cuales también se desarrolla la ganadería, en similares condiciones a los bofedales.

PROBLEMÁTICA

Después de 16 años, el año 2005 las aguas del embalse Pasto Grande, empezaron a cambiar de color, siendo éste un indicador objetivo de la alteración del estado trófico del ecosistema, y ello es debido al **"estancamiento" de las aguas, por la falta de renovación del agua**, así como por el afloramiento de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y la acidez de las aguas aportante de los afluentes de los ríos Millojahuirá, Antajarane y del Patara, inicialmente; aspecto que no ha sido evaluado con criterios limnológicos. El efecto inmediato se manifestó en la mortandad de trucha, que terminó afectando la economía de las familias dedicadas a la pesca, sospechando que esto se debía a la contaminación del agua, causada por fuentes externas.

EVALUACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES EXTERNAS

La contaminación del embalse Pasto Grande, se debe a causas externas originadas por la calidad de las aguas de los afluentes y características propias del diseño del embalse con áreas extensas expuestas a los efectos ambientales.

Desde ese punto de vista, para establecer que fuentes de contaminación están alterando la calidad del agua y alterando el estado trófico del ecosistema Pasto Grande, se ha realizado la identificación cualitativa de las posibles fuentes de contaminación que existen en el ámbito de la cuenca de dicho ecosistema. Ver Cuadro N° 7-19

Cuadro N° 7.1
Fuentes Contaminantes en el Ámbito del Embalse Pasto Grande

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	PRESENCIA		EVALUACIÓN
	Sí	No	
Presencia de vertimientos de aguas residuales domésticas o municipales		X	En el ámbito de la cuenca no existen ciudades o centros poblados que generen y descargas de aguas residuales.
			Sólo existe el caserío de Pasto Grande con no más de 50 familias.
Presencia de vertimientos industriales		X	No existe ninguna actividad industrial
Vertimientos minero metalúrgicos	X		Mina Santa Rosa de la empresa Minera Aruntani S.A.C, en proceso de cierre.
Presencia de pasivos ambientales	X		Presencia de bocamina, desmontera y relavera de unidades mineras anteriores, adquiridas en la Concesión de la Minera Aruntani.
Fuentes de contaminación "natural"	X		Filtraciones de aguas ácidas en la cabecera del río Millojahuirá, Hualcane.
			Aporte de aguas termales ácidas al río Patara
Vertimientos agrícolas		X	En el ámbito de la cuenca existe actividad agrícola
Descargas orgánicas de actividad pecuaria	X		Presencia de auquénidos propios de la zona.

Fuente: Elaboración propia

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Maritza Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Cabezas
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIOLOGA
CIP. 2531

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apacña Nalvarre
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11623

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazoano Carricho
BIOLOGO
CIP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

		E. 0369107		tenué.
12	Canal Efluente (salida) del Embalse	N. 8150694 E. 0368901	4520	Amarillo Tenué.
13	Manantial Alevinaje (Chapioco).	N.8143556 E.0372480	4535	Transparente cristalino

Fuente: Estudio de Pre Factibilidad "Recuperación y Conservación de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande" - Proyecto Especial Regional Pasto Grande.

El cambio de coloración del embalse, en un inicio se presentó en determinados sectores, en la zona norte del embalse, en zonas aledañas a la isla Pasto Grande.

CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

El embalse Pasto Grande es un cuerpo de agua artificial, formado por el almacenamiento de agua, cuya capacidad máxima de almacenamiento es del orden de los 185 MMC, que tiene una superficie de 4 600 hectáreas. Tienen una forma casi alargada, con una longitud máxima de 16 km, un ancho máximo de 6 km, una longitud de perímetro de 44 km y una profundidad media de 8.30 m (PRPG 2012.). Cabe destacar que el volumen obtenido mediante el software Hypack 2009, fue de 194,555,662.80 m³ con un área total de 45 616 313,70 m² referidos al NAMO.

La construcción y operación del embalse, desde la década de los años 80, significó la transformación del río Vizcachas de un ambiente lótico (flujo continuo) a un ambiente léntico (flujo casi estacionario) para el caso del embalse Pasto Grande; caracterizado por una zonificación horizontal y una vertical asociada a las condiciones hidrográficas y a la morfometría, (Håkanson, 1981; CEPIS, 1990). Los cambios en la calidad del agua a través del tiempo, han sido modificadas debido al cambio en las condiciones del régimen hidráulico, a la naturaleza del suelo sobre el cual se formó el embalse, así como a la calidad natural del agua procedente de la cuenca de drenaje. Aspectos que han influenciado negativamente en la calidad del agua del embalse.

La presencia de material orgánico contenido en la cobertura vegetal inundada (pajonales) y en los bofedales, es una de las fuente de la contaminación interna que ha sido modificada por la presencia de las aguas ácidas con predominancia de iones sulfato y minerales, con sedimentos ácidos depositados en el embalse, no lográndose a la fecha alcanzar un equilibrio ecológico que permita el mejoramiento de la calidad de las aguas.

En el ámbito de la cuenca del embalse Pasto Grande no existen centros poblados rurales o ciudades, donde se genere y se descargue aguas residuales domésticas y municipales; es decir, no existen fuentes externas de contaminación y eutrofización, por lo tanto la fuente de contaminación es de origen interno.

Al no existir una renovación adecuada de las agua del embalse Pasto Grande, ocasiona el incremento paulatino de la carga interna de nutrientes (N y P), material oxidable, cuya distribución en la columna de agua, dependerá en gran medida de la estratificación térmica y de la velocidad de las corrientes de agua.

Dentro de la dinámica hidrológica a nivel de embalse Pasto Grande en primer lugar se observa que existen cinco ríos afluentes importantes, localizados en las zonas nor-este, este y sur del embalse en el lado derecho del cuerpo de agua, cuyo caudal promedio anual es del orden de los 1,21 m³/s (según los registros del 2006, 2007 y 2008, reportados por el Proyecto Regional Pasto Grande), los cuales no están influenciados por actividades poblacionales importantes, excepto por la actividad minera de la mina Santa Rosa (actualmente en proceso de cierre), que sumado a otros drenajes e

CONSORCIO V-5

Bigla Haydeé Alvarado Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Navarrete
ING-AGRICOLA
CIP-11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carrero
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP-55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zambrado Castillo
ING. QUÍMICO
CIP-66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP-6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP-34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP-31565

infiltraciones puede llegar un volumen total anual del orden de los 92.495 MMC correspondiente a solo afluentes, requiriendo entre 4.8 años para alcanzar el volumen de almacenamiento ordinario de 185 MMC, dependiendo del año hidrológico, es decir si es húmedo o seco. Evaluaciones realizadas por el Ing. Barrientos en el 2005, indica que se trasvasan anualmente alrededor de 50,45 MMC/año (32,8% con respecto al volumen de almacenamiento ordinario); por lo tanto, 134,6 MMC son aguas "estancadas" en 21 años de operación, se ha renovado aproximadamente alrededor del 27,3%. Esta cifra de por sí nos da una idea clara del comportamiento ecológico del cuerpo de agua, el cual se comporta como una gran "laguna de oxidación".

LOS SEDIMENTOS Y LA EUTROFIZACIÓN DEL EMBALSE PASTO GRANDE

Hay que señalar que la presencia de sedimentos en el embalse desempeña un papel crucial en la dinámica del ecosistema, tanto desde el punto de vista hidrológico, como biológico. Su interés a nivel ecológico reside en que, por una parte, los sedimentos constituye una fuente importante de registro de información de carácter químico y biológico, ya sea de origen interno como externo. Por otra parte, los sedimentos, no es un simple compartimiento inactivo del ecosistema, sino que es la sede de números procesos biogeoquímicos que determina el ciclo global de numerosos elementos y compuestos químicos a nivel del embalse.

En el presenta año, se realizaron dos monitoreos que caracterizaron los sedimentos del embalse los cuales se consideran de referencia para los 5.4 MMC de sedimentos por ser puntuales para cada periodo estacional. Se dispone de información suficiente, que indican que los sedimentos constituyen una fuente importante de nutrientes biodisponibles, que contribuye a la producción fitoplanctónica en el embalse, proceso que está directamente relacionado con la concentración de nitrógeno y fósforo (N y P), de tal manera que el incremento de la concentración de éstos nutrientes, a menudo conlleva al incremento de la biomasa alga (eutrofización).

Generalmente el fósforo, desde el punto de vista trófico, es el nutriente más importante y crítico, que limita la producción primaria en el embalse; por otro lado, la presencia de bajas concentraciones de nitrógeno (N), asociado a elevadas concentraciones de fósforo (P), puede generar la proliferación de CIANOPHYCEAS, las cuales terminan generando graves problemas a la calidad del agua y al ecosistema.

Todo indica que la concentración de nitrógeno en relación al fósforo, en el embalse Pasto Grande, es la razón principal de la mala calidad del agua; sin embargo para confirmar esta apreciación, se requiere determinar cuál es la concentración y comportamiento de ambos nutrientes (N y P), siendo necesario para ello realizar evaluaciones de proceso sedimentario a nivel del embalse Pasto Grande, así como la evaluación sistemática del comportamiento de los nutrientes N y P, tanto en la columna de agua como el de los sedimentos, aspecto importante para establecer una adecuada gestión del embalse.

NIVEL TRÓFICO DEL EMBALSE PASTO GRANDE

- Aspectos Conceptuales

Para comprender el comportamiento ecológico del embalse Pasto Grande, es necesario determinar el nivel trófico, de allí la importancia de realizar las evaluaciones necesarias.

La determinación del estado trófico, tiene que ver con la evaluación de las características limnológicas de un lago, laguna o embalse. Esta evaluación se puede realizar en base a información puntual en términos de espacio y tiempo, o en base a la disponibilidad de series históricas

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacilla Navarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823
CONSORCIO V-5
Ing. Cesar Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CIP. 269
CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55472
CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6570
CONSORCIO V-5
Ing. Martha Antonia Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763
CONSORCIO V-5
Ing. Cesar Zúñiga Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31585

representativas, donde la evaluación y determinación del estado trófico debe ser una tarea casi permanente, considerando los procesos de cambio ya sean naturales o influenciados por las actividades antrópicas, que pueden resultar perjudiciales para el equilibrio ecológico y socio ambiental. (Ocola y Flores 2008.)

Entre los criterios más comunes, para clasificar las condiciones tróficas de los lagos, tenemos: visuales, químicos y biológicos (Tabla N° 01); muchos de los cuales fueron aplicados en la evaluación del ecosistema en estudio.

Tabla N° 01:
Criterios Para Evaluar Los Cambios Tróficos En Un Lago o Embalse

ASPECTOS	INDICADORES	OBSERVACIONES
Visuales	Cambios del color del agua	A simple vista (caso embalse Pasto Grande)
	Aparición de floraciones algales	
	Transparencia	
	Crecimiento de macrofitos	
Físico - químicos	Turbidez	Mediante análisis de laboratorio
	pH	
	Nitrógeno Total (Nt)	
	Fósforo total (Pt)	
	Oxígeno disuelto	
	Clorofila "a"	
Biológicos	Concentración de org/l	Evaluaciones de campo/análisis de laboratorio
	Macrofitos: tipo, cobertura y biomasa	
	Zooplankton	
	Zoobentos: composición y biomasa	
	Peces: especie y distribución	

Fuente: Ocola y Flores 2008

Los lagos o embalses se pueden clasificar según la cantidad de nutrientes en ultraoligotróficos, oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, cada uno de ellos, presenta sus propias características físicas, químicas y biológicas, las cuales se describen cualitativamente en la siguiente Tabla.

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Dr. César Lazcano Carreña
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Ing. Alvaro Flores
BIÓLOGO
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacita Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Tabla N° 02:

Aspectos Relacionados Con El Nivel Trófico De Un Lago O Embalse

CATEGORÍA TRÓFICA	CARACTERÍSTICAS GENERALES	REFERENCIA
Oligotróficos	Ecosistema acuático de bajo contenido de nutrientes, por tanto, baja producción primaria. La principal característica son aguas muy transparentes.	Natural
Mesoetrófico	Ecosistemas acuáticos con características intermedias entre oligotrófico y eutrófico.	Natural
Eutrófico	Ecosistema acuático con alto contenido de nutrientes y producción primaria alta, sobre todo presencia de abundante fitoplancton, la cual se evidencia por la coloración verde del agua y bajos niveles de transparencia.	Modificado
Hipertrófico	Ecosistemas acuáticos con altos niveles de nutrientes (N y P), excesiva abundancia de fitoplancton, aguas de una coloración verde olivo, ausencia de macrófitos acuáticos sumergidos, nula presencia de organismos bentónicos.	Modificado

Fuente. Tomado de Ocola y Flores 2008

Cabe destacar que el cambio de estado trófico de un lago, se caracteriza por un cambio importante en las poblaciones biológicas. En el caso de un lago oligotrófico, el cociente producción/biomasa es bajo y existe mayor diversidad biológica. Conforme se tiende a la eutrofia disminuye el número de especies, pero no la densidad.

Es necesario destacar, que en el caso de la eutrofización, no necesariamente puede hablarse de una sucesión hacia el estado maduro o de equilibrio, sino por el contrario, de una regresión o envejecimiento del cuerpo de agua (Ocola y Flores 2008).

En el caso del embalse Pasto Grande, por los acontecimientos ocurridos en el cambio de coloración, todo indica que en determinados periodos del año, se manifiestan procesos acelerados de hiper eutrofia.

De la Información Disponible

La información disponible relacionada a los parámetros básicos útiles para la determinación del nivel trófico del embalse Pasto Grande, es incompleta, no se ha medido "clorofila "a", sólo se dispone de datos de Fósforo total (Pt) y transparencia (Z), reportados para el mes de mayo de 2012 y correspondiente a 12 puntos ubicados en el cuerpo de agua, en los cuales se ha medido la concentración de PT en 3 partes de la columna de agua: a nivel de la superficie (S), a media agua (M) y a nivel del fondo (F).

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55.72

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 68858

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Blga. Haydee Alvarito Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531
 Ing. Ricardo Apacilla Nalvaric
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823
 Ing. César Lazcano Carricho
 BIÓLOGO
 CBP. 269

La concentración promedio de Fósforo tota (PT) en el embalse Pasto Grande para el mes de mayo fue de 0,03 mg/l, equivalente a 30 ug/l, con una transparencia (Z) promedio al disco Sechi del orden de 2,3 m; valores que permitirán establecer el nivel trófico de dicho cuerpo de agua, tomando en cuenta los criterios de la OECD.

- Estado Trófico Del Embalse Pasto Grande

Según los promedios obtenidos de Fósforo total (Pt) y de la transparencia del agua al disco Sechi, en el mes de mayo de 2012, el embalse Pasto Grande, en términos generales puede ser clasificado como un cuerpo de agua de tipo Meso eutrófico, con tendencias a un estado hiper eutrófico, donde la principal causa, es la descomposición de la materia orgánica contenida en los pastizales y bofedales inundados y descompuestos en fase anaeróbica en el lapso de 20 años.

Hay que señalar que la causa principal del cambio trófico del cuerpo de agua en estudio, es la presencia de nutrientes en sus diferentes formas (N y P); siendo necesario indicar que en este proceso no participan los metales pesados.

- Ciclo Biogeoquímico En El Embalse Pasto Grande

En el embalse Pasto Grande el ciclo biogeoquímico, está gobernado principalmente por la liberación de nutrientes desde los sedimentos orgánicos del fondo de éste, participando a través de un ciclo cerrado. En el esquema siguiente se ilustra cualitativamente el ciclo de los principales elementos que participan en el ciclo biogeoquímico

Así mismo en el ciclo biogeoquímico en el embalse Pasto Grande es casi cerrado, ya que la eliminación de los nutrientes (N y P) permanece algo más de 15 años. Si existiera una renovación más rápida del agua del embalse, y con ella la eliminación de nutrientes, situación que ayudaría a recuperar o mantener la calidad del agua; sin embargo a la fecha es no es posible; por ende el problema subsistirá por tiempo indeterminado. A nivel del embalse Pasto Grande, se ha estimado una carga total de PT equivalente a 5,837 kg y 400,000 kg de Nitrógeno de Nitrato (N-NO3); suficientes cantidad de nutrientes para mantener al cuerpo de agua en estado meso eutrófico.

EVALUACION DE LA INFORMACION PARA EL MODELAMIENTO DEL ECOSISTEMA Y CICLOS BIOGEOQUIMICO DEL EMBALSE PASTO GRANDE

▪ Requerimientos

Los Términos de Referencia del estudio "Mejoramiento de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande, distrito Carumas, Provincia Mariscal Nieto, región Moquegua", requiere desarrollar el "modelamiento del ecosistema y los ciclos biogeoquímicos". Dicho requerimiento implica desarrollar un "sistema de Modelamiento Dinámico Biogeoquímico del Embalse Pasto Grande", para evaluar el comportamiento del ecosistema en función de los factores y parámetros ambientales, internos y externos.

Se precisa que el al ciclamiento de los nutrientes desde el ambiente no vivo (depósitos en la atmósfera, la hidrósfera y la corteza terrestre), hasta los organismos vivos, y de regreso al ambiente no vivo, tiene lugar en los ciclos biogeoquímicos (literalmente, de la vida (bio) en la tierra (geo), estos ciclos, activados directa o indirectamente por la energía que proviene del Sol, incluye los del carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y del agua (hidrológicos), el cual ha sido presentado en la figura. N° 14.

Vertical text on the right margin: CONSORCIO V-5, Ing. Mydes Alvarado Flores BIOLOGA GBP: 2534, Ing. César Lazoano Carrizo Biólogo GBP: 269, Ing. Juan Quiroga Vite INGENIERO GEOLOGO CIP: 55972, Ing. Raúl Zamudio Castillo ING. QUIMICO CIP: 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Arango de Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apaclla Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823
CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565

Para ello se requiere desarrollar y aplicar un modelo matemático o estadístico el cual tenga como soporte el uso de un software científico; así mismo requiere de información basada en series históricas consistente, relacionada con diversos parámetros, tal como los señalados en el numeral 15.4 del presente documento.

Hay que precisar que la idea de desarrollar y aplicar un modelo de los ciclos biogeoquímicos, es simular numéricamente el comportamiento de la biogeoquímica del embalse Pasto Grande, que permita evaluar y comprender el comportamiento de la calidad del agua a partir del análisis de los parámetros de calidad del agua (químico y biológico) así como de parámetros hidrodinámicos internos y externos; es decir bajo, que condiciones cambia las condiciones físico químicas y biológicas del cuerpo de agua y debido a que causas (modelo de escenarios).

Para desarrollar y aplicar el modelamiento solicitado para el embalse Pasto Grande, se requiere de la disponibilidad de información histórica de diversos parámetros de calidad tanto en la matriz líquida (agua) así como en la matriz sólida (sedimentos), tanto a nivel del cuerpo de agua como de los cuerpos de agua afluentes.

▪ Objetivo

El objetivo del presente estudio es, simular numéricamente el ciclo de la biogeoquímica del embalse Pasto Grande, que permitan evaluar los efectos que la heterogeneidad física (morfométrica, biológica, climática, química e hidrodinámica) en el embalse bajo determinadas condiciones ambientales asignadas y calibradas al modelo (escenarios).

▪ Aspecto metodológico

La metodología que puede aplicarse al estudio se sustenta en la implementación de dos modelos; uno relacionado a la hidrodinámica y el otro al transporte de materiales, cuyas soluciones se plantean haciendo uso de:

- La técnica Euleriana, que considera la conservación de las masas sobre los volúmenes de control.
- El modelo de Transporte utilizado para simular el comportamiento de la pluma de las aguas a nivel del embalse se basa en una aproximación Euleriana, de la Ecuación de Convección-Difusión.
- La solución de las ecuaciones gobernantes, está basado en el método de diferencias finitas, que parte de un dominio de malla regular.

Como se tienen datos sólo de 2 campañas (mayo y julio), con muestreos de frecuencias horarias, las que se llevaron a cabo entre las 10:00 y las 14:00, con lo que no se completan siquiera un ciclo diurno. Además no se dispone de información completa a nivel de la columna de agua.

- En la toma de datos, no se ha tomado en cuenta la variación temporal ni espacial de los procesos.
- En este contexto, se recomienda hacer la modelación hidrodinámica del sistema, y hacer que los parámetros listados arriba se dispersen en el embalse, pero la forma como ellos reaccionan químicamente tendría que tomarse de la observación, o, mediante simulaciones planteando escenarios posibles.

CONSORCIO V-5

Blga. Hysé Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2331

CONSORCIO V-6

Ing. Ricardo Apacalla Nalvarie
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazaño Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Jivan Quiroga Vire
INGENIERO GEÓLOGO
C.I.P. 54772

CONSORCIO V-5

Ing. Paul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
C.I.P. 34763

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-6

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

CONSORCIO V-6

Ing. César Zumaran Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31585

Requerimientos de información

Los modelos que se pueden aplicar al modelamiento del ciclo biogeoquímico son diversos, pero generalmente para el modelamiento biogeoquímico de cuerpos de agua marinos. Para el caso del embalse Pasto Grande se requiere desarrollar un modelo apropiado de acuerdo a los alcances de lo solicitado en los términos de referencia, para cuyo efecto se requiere de información de calidad del agua y de sedimentos de por lo menos un año como mínimo.

Datos físicos

- Área superficial, volumen, profundidad
- Disco Secchi
- pH
- Temperatura del agua + y del aire
- Precipitación (medición del nutriente si su contribución es significativa)
- Área de drenaje directo - uso de la tierra
- Flujo efluente (Qef)
- Volúmenes epi/hipolimnéticos (si fuera posible)
- Tiempo de retención hidráulica
- Flujo de afluentes (Qaf) del embalse

Datos químicos, bioquímicos y biológicos

- Fósforo total (PT)
- Ortofosfato (PO₄)
- Clorofila "a"
- Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)
- Nitrógeno amonio (NH₄)
- Nitrito-nitrato (NO₂ y NO₃)
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno disuelto (epil/hipolimnión)
- Productividad primaria
- Cobertura de macrofitos (si los hay)
- Biomasa de macrofitos (si los hay)
- Determinación de carga de NT y PT de origen externo
- Evaluación de corrientes de agua
- Corrida de metales pesados, tanto a nivel del embalse como el los afluentes principales y la descarga.
- Análisis químico de sedimentos en mínimamente 10 puntos y 2 veces por año.
- Radiación solar

CONSORCIO V-5

Biga Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Anaclita Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazaño Carreño
BIOLOGO
CBP. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castilla
ING. QUIMICO
CIP. 66858

Con la información generada se desarrollará y validará el modelo biogeoquímico para el embalse Pasto Grande, que permita evaluar y predecir el comportamiento de la calidad del agua como base para la toma de decisiones adecuadas en materia de gestión de la calidad del agua. Para ello es recomendable que el Proyecto Pasto Grande ejecute un programa de vigilancia de la calidad del agua, realizando la medición de parámetros o los parámetros químicos orgánicos e inorgánicos, según lo antes señalado.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Bertha Manguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31563

Además de la información señalada anteriormente se requiere la siguiente:

1. Relieve del fondo del lago (batimetría), de alta resolución, lo cual definirá la heterogeneidad hidrodinámica de la zona del embalse.
2. Perfil vertical de temperatura del lago, en al menos en 40 puntos. El espaciamiento del perfil vertical debe ser 0.5 m y la distribución de los 40 puntos debe ser en forma de una grilla regular distribuidos de tal manera que el área entre cuatro puntos vecinos cubra siempre un área similar, es decir, que estén igualmente distribuidas a lo largo del embalse. Las medidas de estos perfiles se harán por un día, con una frecuencia temporal de al menos 3 horas. Esto debido a que el ciclo diurno debe ser una componente importante en la dinámica de la zona de estudio, siendo de gran importancia en la modelación del flujo. (Calvo. M 2012).
3. Registros de la dirección y velocidad de vientos con una frecuencia de 0. Horas durante los días de medición de los perfiles de temperatura de agua en el embalse. Para la modelación se necesita el efecto sobre la zona del embalse, así que se debe tomar la medición de los vientos a 2, 1 y 5 metros de altura, respecto de la superficie del agua. Además debe ser tomadas en 3 ubicaciones, formando un triángulo que cubra toda el área del embalse. Los puntos de los triángulos deben estar a 50 metros de la orilla de la zona del embalse.
4. Imágenes de satélite en alta resolución para determinar la temperatura superficial del lago. Estas se pueden conseguir por internet a una resolución baja o comprarse con una resolución mejor (proporcionan mejores resultados).

La dinámica del lago estará altamente ligada al calentamiento del ciclo diurno. Esto último, los vientos, y la topografía del fondo deben ser las forzantes de primer y segundo orden que alimenten al modelo para describir la dinámica local de la zona del embalse.

Para la construcción de un modelo relacionado a los ciclos biogeoquímicos, se requiere de series históricas de calidad de agua, teniendo en cuenta los parámetros indicados anteriormente, de por lo menos un año completo, y tomados en los mismos puntos. Desde ese punto de vista, la información actualmente disponible es insuficiente. Por un lado, sólo se dispone de información de calidad del agua, correspondiente a 2 campañas de monitoreo (mayo y julio); es incompleta y no es representativa ni espacial ni temporalmente.

La información histórica, también es incompleta, tampoco se dispone de series histórica, no existe información a nivel de la columna de agua; por lo tanto si se tiene en cuenta que el modelamiento biogeoquímico del ecosistema es un proceso largo, complejo y requiere de numerosos datos para obtener un modelo satisfactorio, **la información disponible no permite ni aplicar un modelo ni construir uno; porque se requiere como mínimo datos históricos con 1 año de antigüedad, la misma metodología de muestreo y generados de un adecuada red de puntos de monitoreo.**

Solo se poseen datos de Fitoplancton en una escala temporal de 4 años, los datos de Zooplancton y Bentos son solo del último muestreo del presente año. Esto impide alcanzar el objetivo de los requerimientos en los términos de referencia.

Con la información generada se puede desarrollar y validar un modelo biogeoquímico para el embalse Pasto Grande, que permita evaluar y predecir el comportamiento de la calidad del agua

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

Ing. Cesar Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Hayde Alvarito Flores
 INGENIERA BIÓLOGA
 C.I.P. 2531
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apacalla Natvarie
 INGENIERO AGRÍCOLA
 C.I.P. 11823
 CONSORCIO V-5
 Ing. Cesar Lázaro Carricho
 INGENIERO BIÓLOGO
 C.I.P. 368
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raul Zamudio Castillo
 INGENIERO QUÍMICO
 C.I.P. 66853

como base para la toma de decisiones adecuadas en materia de gestión de la calidad del agua. Para ello es recomendable que el Proyecto Pasto Grande ejecute un programa de vigilancia de la calidad del agua, realizando la medición de parámetros de campo, como realizando análisis de calidad del agua en un laboratorio acreditado de los parámetros químicos orgánicos e inorgánicos, según lo antes señalado.

Los costos que demanda llevar a cabo esta actividad se presentan en la tabla siguiente.

**Cuadro N° 03:
ANÁLISIS DE COSTOS DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO BIOGEOQUÍMICO PARA EL EMBALSE PASTO GRANDE**

RUBROS	U.MED.	CANT.	C. UNT.	C. TOTAL
Personal				56,000.00
Especialista en modelamiento	Mes	4	10,000.00	40,000.00
Químico especialista en calidad de agua	Mes	1	8,000.00	8,000.00
Biólogo especialista en hidrobiología	Mes	1	8,000.00	8,000.00
Servicios de laboratorio				992,000.00
Análisis físico químico de calidad del agua y sedimentos	Análisis	496	2,000.00	992,000.00
Otros	Glb.	1	10,000.00	10,000.00
Sub Total (A)				1,058,000.00
G. Generales (10 %) de A				105,800.00
Utilidades (10% de A)				105,800.00
Sub total (B)				1,269,600.00
IGV (18%)				228,528.00
TOTAL S/.				1,498,128.00

▪ **Red de puntos de monitoreo**

La red de puntos deberá estar conformada por los 12 puntos actualmente establecidos en el embalse Pasto Grande y 4 ubicados en los 4 ríos afluentes. El monitoreo deberá de realizar con una frecuencia mensual. La finalidad de ésta actividad es construir una serie histórica completa y representativa en términos de tiempo y espacio, de utilidad tanto para el modelamiento biogeoquímico como para la gestión de la calidad del embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apucilla Nalvarie
 ING. AGRICOLA
 CIP: 11823
 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lapizaro Carreño
 BIÓLOGO
 CIP: 209
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP: 55872
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP: 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

Los modelos de calidad del agua

Un modelo de calidad del agua, tiene un **concepto diferente al de un modelo de ciclos Biogeoquímicos**. El modelo de calidad del agua permite predecir el comportamiento de la calidad de ésta a partir de la evaluación de determinados parámetros de calidad del agua, permite predecir la eficacia de las alternativas de control de fuentes contaminantes. Por lo tanto los modelos matemáticos se han transformado en una herramienta de gran utilidad al momento de estudiar fenómenos relacionados con la calidad de agua en medios receptores y fuentes de abastecimiento. Sin embargo, dichas herramientas tienen limitaciones provocadas por sus mismos algoritmos de resolución y no siempre son de aplicación precisa en la variedad de situaciones que se presentan en la realidad.

Es así que en áreas de compleja hidrodinámica altamente no lineal, es necesario extremar en el cuidado en la selección y aplicación de modelos matemáticos. Por esta razón para los estudios del comportamiento de la calidad del agua del embalse Pasto Grande deberá de plantearse la necesidad de desarrollar un modelo de calidad que permitiera simular con precisión la compleja realidad de éste.

Este modelo deberá por tanto tener una gran adaptabilidad para tratar diferentes sustancias y algunos parámetros los cuales interactúan con otros, dentro de un medio físico de reducida profundidad con una muy compleja hidrodinámica.

El modelo de calidad que se desarrolle deberá estar dividido en dos partes conceptuales: 1) la resolución del transporte de las sustancias disueltas en el medio acuático a causa de procesos físicos y químicos de los ríos afluentes y 2) la resolución del decaimiento y/o transformación de las mismas en virtud de procesos físicos, químicos y bacteriológicos en el embalse Pasto Grande. En el cuadro N° 09 se presenta una relación de algunos de los modelos de calidad del agua a manera de referencia.

**Cuadro N° 04:
MODELOS DE CALIDAD DEL AGUA**

NOMBRE	TIPO	DOMINIO	CARACTERÍSTICAS
CE-QUAL-ICM	1,2,3-D	Ríos, estuarios, zonas costeras, reservorios	El algoritmo de este modelo es capaz de realizar la simulación de la dispersión específica de parámetros tales como el Fe y Sólidos Totales Suspendidos, además de procesar la data hidrodinámica. Debido a que el modelo asume asume homogeneidad lateral, que es el más adecuado para cuerpos de agua relativamente largos y estrechos que presentan gradientes de agua longitudinal y vertical de calidad. El modelo puede ser aplicado a los ríos, lagos, embalses y estuarios. Redes ramificadas pueden ser modeladas. La porción de la calidad del agua del modelo incluye los principales procesos de la cinética de eutrofización y un compartimiento de algas. El compartimiento del sedimento del fondo almacena partículas sedimentadas, nutrientes
CE-QUAL-R1	1-D (v)	Reservorios y lagos	

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nóbex
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
C.I.P. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apuleia Natvarre
ING. AGRÍCOLA
C.I.P. 11823

 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 269

 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO

 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
C.I.P. 66858

			comunicados a la columna de agua y sedimentos ejerce la demanda de oxígeno basados en los flujos suministrados por el usuario.
RMA10	3-D	Reservorios, lagos, estuarios, zonas costeras	Para realizar modelados y simulaciones numéricas en tres dimensiones de la circulación hidrodinámica
RMA2	2-D (h)	rivers, lakes, estuarios, reservoirs, coastal areas	Modelo numérico hidrodinámico en elementos finitos bidimensional promediado en la vertical. Calcula las cotas de la superficie libre y las componentes horizontales de la velocidad para flujo subcrítico en campos bidimensionales de flujo.
RMA4	2-D (h)	Ríos, lagos, estuarios, reservorios, zonas costeras	Modelo de circulación 2D para un sector del Mar
WASP5	1, 2, 3-D	Ríos, lagos, estuarios, reservorios, zonas costeras.	<p>Modelo de calidad de agua que va realizar la simulación en los cuerpos receptores con respecto a los contaminantes tóxicos, tales como los metales aunque sea solo un grupo de ellos; As, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn además del cianuro.</p> <p>El Análisis de la Calidad de Agua del Programa de Simulación (WASP) es un marco generalizado para modelar el destino y transporte de contaminantes en las aguas superficiales. WASP se basa en el enfoque de modelado compartimiento flexible, y se puede aplicar en una, dos, o tres dimensiones. Cada compartimiento, o segmento, se designa como una capa hipolimnion, epilimnion capa, capa bentónica superior, o capa inferior bentónica.</p> <p>WASP5 incluye dos submodelos para la calidad del agua la eutrofización y tóxicos, conocidos como EUTRO5 y TOXI5, respectivamente.</p> <p>WASP5 explícitamente maneja la mayor parte de la física, química, y los procesos biológicos que afectan a compuestos orgánicos sintéticos, con exclusión de reducción y precipitación de disolución. Si la cinética de estas reacciones se describe por el usuario, también pueden ser incluidos como una reacción adicional. Requiere de información sistemática y consistente en términos de tiempo y espacio.</p>
DYRESM	--	DynamicReservoirSimulationModel	Utilizado en la evaluación de la eutrofización de embalses mediante la observación, medición y aplicación de herramientas numéricas.

Fuente: Elaboración propia


CONSORCIO V-5
 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530


CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carvajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763


CONSORCIO V-5
 Ing. Cesar Zumarán Caldera
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565


CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55.72


CONSORCIO V-5
 Ing. Raul Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 68858


CONSORCIO V-5
 Ing. Cesar Lazcano Carreño
 BIÓLOGO
 CIP. 269


CONSORCIO V-6
 Ing. Ricardo Anacleto Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823


CONSORCIO V-5
 Inga Haydel Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CIP. 2531

CONSORCIO V-5
 20

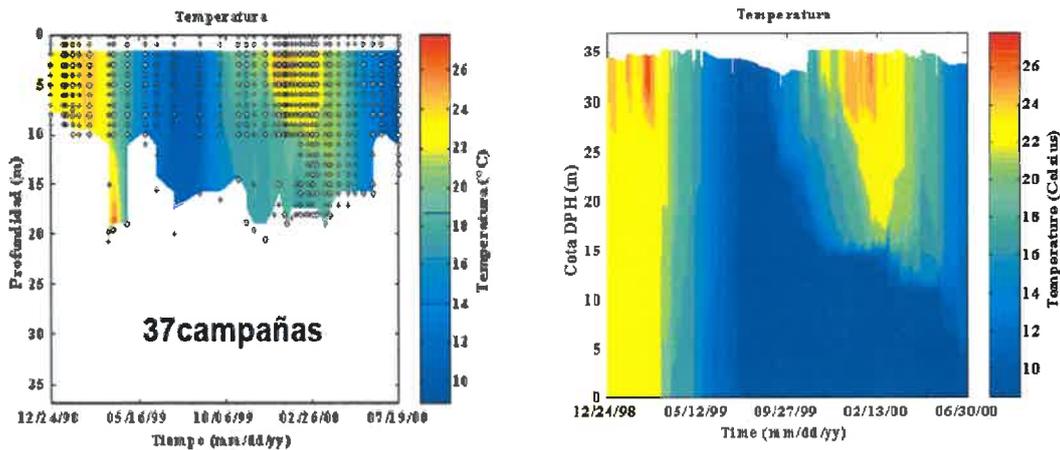
Modelamiento para Alternativas de Tratamiento Seleccionadas

Considerando las características tróficas del embalse Pasto Grande, influenciado negativamente por el drenaje de aguas ácidas y el largo periodo de retención hidráulica, es conveniente desarrollar un modelo de calidad del agua, a fin de evaluar el comportamiento de ésta a través del tiempo, así como para evaluar el efecto de las alternativas de tratamiento seleccionadas; sin embargo nos es posible aplicar ninguno de los modelo presentados en el cuadro N° 09, debido a la escasa información respecto a series históricas de calidad del agua.

Como ejemplo se presenta los resultados de la aplicación del modelo DYRESM (modelo para la evaluación de la eutrofización), para el caso del lago San Roque en la República de Argentina. Siendo necesario indicar que éste es el modelo que podría aplicarse para el caso del embalse Pasto Grande. En las figuras adjuntas se presenta a manera de ejemplo las gráficas resultados de su aplicación para determinados parámetros.

En las figuras 17 al 21 se presenta el grado de ajuste logrado en la variable temperatura del agua durante las simulaciones, campos de temperatura, oxígeno disuelto, pH y nutrientes modelados.

Las corridas del modelo obtenidas para estas variables indicaron un ajuste aceptable entre lo simulado y lo observado. Asumiendo esta condición, se puede observar que a partir del mes de septiembre la concentración de OD en la zona profunda alcanzó el umbral de anoxia. Esta tendencia al déficit de oxigeno provocó un aumento de la cantidad de capas de agua con estas características a medida que se ingresó al período estival. La consideración permitió detectar que la anoxia, que involucró unos 10 m desde el fondo, coincidió con un aumento de las concentraciones de PO4, (Fig. 21) situación comprobada en campo.



Campo de temperaturas relevado in-situ (izq) y campo de temperaturas del agua modelado (der) en el Embalse San Roque (período dic 1998 – junio 2000). Obsérvese que se han ejecutado 37

CONSORCIO V-5
Bla. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34783

CONSORCIO V-5
Ing. César Zonzarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
Ing. Ricardo Apacita Navarrete
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
C.B.P. 266

Hay que fijarse que la información utilizada para correr el modelo indicado, corresponde a 37 campañas de monitoreo; en el caso de Pasto Grande sólo se tiene 2 campañas de monitoreo.

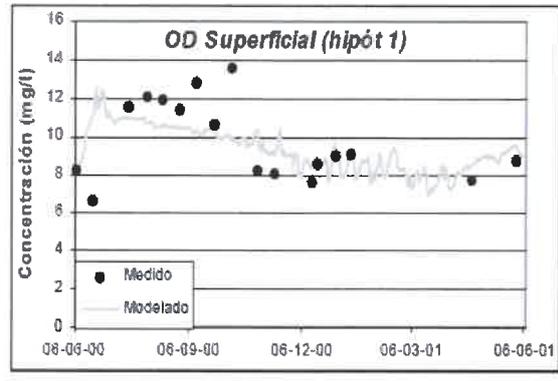
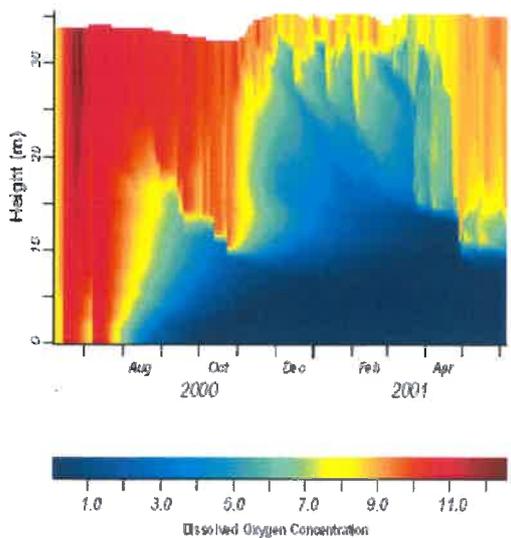


Gráfico campo de pH simulado. Comparación de pH superficial modelado vs medido.

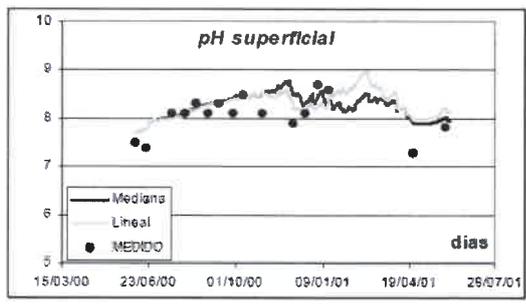
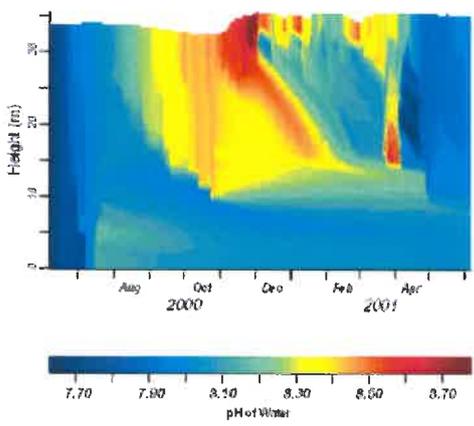


Gráfico campo de pH simulado. Comparación de pH superficial modelado vs medido.

CONSORCIO V-5
 Blga. Naydeé Alvarado Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 5.72

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

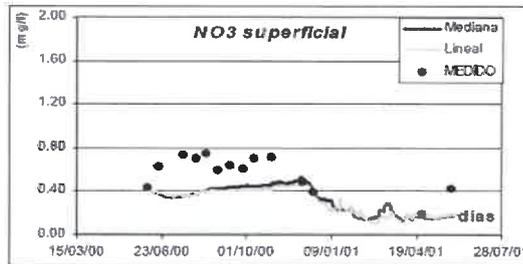
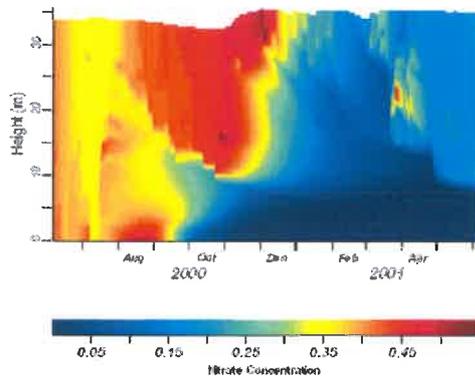
CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Yungören Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

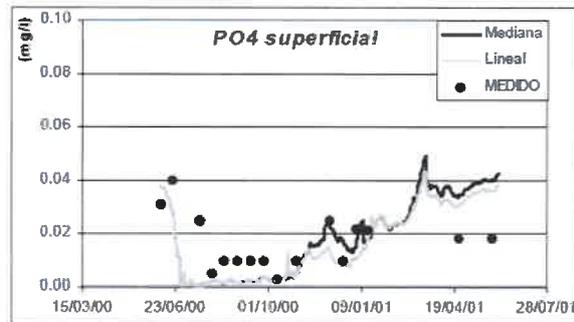
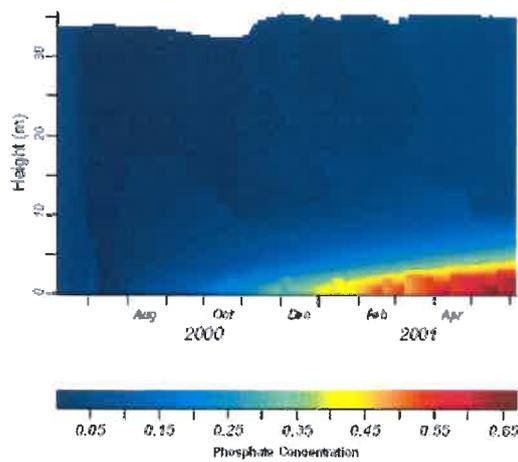
CONSORCIO V-5
 Ing. César Zúmarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31585

CONSORCIO V-5
 Dr. César Luzano Carrero
 BIÓLOGO
 CBP. 269

Los resultados obtenidos para la variable "nitrato" muestran la diferencia de concentración que existió entre los períodos de estiaje y estival. A partir del mes de junio y hasta octubre las concentraciones de este nutriente fueron homogéneas en el gradiente vertical, coincidiendo con la dinámica de este nutriente, típica de **un embalse eutrófico**. Coincidente con el período de estratificación las concentraciones en la superficie fueron simuladas con bastante exactitud.



Campo de NO₃ Simulado. Comparación de NO₃ superficial modelado vs medido.



Campo de PO₄ Simulado. Comparación de PO₄ superficial modelado vs medido.

Si bien es cierto que existen diversos tipos de modelos de calidad del agua, como se indicó anteriormente, no es posible aplicarlos para el presente caso, debido a que para la aplicación de cualquiera de ellos se requiere determinadas condiciones y cantidad de información sistemática y consistente de calidad del agua; lo que quiere decir que el proyecto Especial Pasto Grande deberá tomar en cuenta este requerimiento para poder desarrollar o aplicar un modelo de calidad del agua.

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apella Navarrete
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11023

 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55972

 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUIMICO
 CIP. 65858

 CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

 CONSORCIO V-5
 Ing. César L. Lizarazu Carrasco
 BIÓLOGO
 C.B.P. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 6530

 CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguiz Carbojal
 INGENIERA QUIMICA

 CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

CONCLUSIONES

- El embalse Pasto Grande se encuentra en estado meso eutrófico, caracterizado por la concentración media de Fósforo total del orden de los 35 ug/l, 10.6 mg/m³ de clorofila y una transparencia media de 2.30 m.
- La carga interna total de Nitrato (N-NO₃) en la columna de agua se ha estimado en 5,837 kg y 400,000 kg, suficiente cantidad de nutrientes para mantener al cuerpo de agua en estado meso eutrófico.
- El nutriente limitante es el nitrógeno total, que asociado a la concentración de Fósforo total, es la causa principal que está generando la proliferación excesiva de algas verdes del grupo de las Chlorophyceas, representadas por el Chlorogoniumsp., las cuales cada cierto tiempo causan graves problemas a la calidad del agua y al ecosistema.
- Una de las causas principales que ha afectado la calidad del agua del embalse Pasto Grande, es la escasa renovación de agua, 2.7 años, lo que origina que anualmente sólo se renueve alrededor del 44% (75.15 MMC/año) respecto al volumen ordinario de almacenamiento (159.87 MMC).
- La información disponible corresponde sólo a 2 campañas de monitoreo, la cual es insuficiente para aplicar un modelo biogeoquímico estándar o desarrollar un modelo apropiado para modelar el comportamiento del ciclo biogeoquímico del embalse Pasto Grande. Se requiere como mínimo datos históricos de un año y bajo la misma metodología de muestreo y en los 12 puntos ubicados en el embalse, 4 en los afluentes principales.
- La calidad del embalse Pasto Grande está determinada por la naturaleza de geoquímica de la cuenca de influencia, la cual genera aguas de drenaje ácido de roca (DAR), caracterizadas por aguas ácidas, que propiciada la disolución de metales; sin embargo no interfiere con determina la biogeoquímica interna del embalse; ya que la presencia de metales no tiene relación con el cambio del nivel trófico del embalse.
- El ciclo biogeoquímico a nivel del embalse Pasto Grande está gobernado principalmente por la presencia de Fósforo total, el cual participa en ciclo cerrado a nivel del ecosistema.
- La información respecto al parámetro básico como Nitrógeno total no permiten realizar una adecuada determinación del estado trófico del embalse Pasto Grande.
- En el ámbito de la cuenca del embalse Pasto Grande, no existen vertimientos de aguas domésticas y municipales y vertimientos industriales con altos contenido de materia orgánica, materiales oxidables y nutrientes, que estén causando la contaminación y eutrofización del cuerpo de agua.
- La información respecto a la concentración de materia orgánica, materia oxidable y PT, es inconsistente, así como la de metales pesados la cual no es representativa y de utilidad desde el punto de vista requerimientos de información para la aplicación o desarrollo de un modelo del ciclo biogeoquímico.
- El agua del embalse Pasto Grande es de tipo ácido, con un pH promedio del orden 5.09, donde la causa principal, es el aporte de aguas ácidas de los ríos Patara, Millojahuirra, Antajarane, cuyo volumen representa el 84.1% respecto al volumen anual total (92.68 MMC), cuyo pH promedio es de 4.3.
- No es posible realizar el modelamiento de los ciclos biogeoquímicos de embalse Pasto Grande, ya que no se dispone de series históricas de calidad de agua (consistente) en

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Mercedes...
INGENIERO CIVIL
CIP. 4783

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

24

CONSORCIO V-5

Ing. Rigoberto Alvarado Flores
BIÓLOGO
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Nalvaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 44823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
INGENIERO
C.B.P. 266

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
C.B.P. 24772

CONSORCIO V-5

Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

términos de tiempo y espacio (horizontal y vertical), así como información del comportamiento hidrodinámico.

- Existe diversidad de modelos de calidad del agua, pero no es posible aplicar ninguno de ellos para el presente caso, debido a que para la aplicación de cualquiera de ellos se requiere determinadas condiciones y cantidad de información sistemática y consistente de calidad del agua.

RECOMENDACIONES

- Realizar el monitoreo sistemático de la calidad del agua con una frecuencia mensual de los parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos tanto a nivel del embalse como en los 4 ríos afluentes, esto con la finalidad de construir una adecuada serie histórica que permita realizar una adecuada evaluación de la calidad del agua y del estado trófico del ecosistema, así como para diseñar y validar el correspondiente modelamiento biogeoquímico.
- Realizar el monitoreo del gradiente térmica y de la oxiclina una vez al mes durante los 12 meses del año, y por lo menos durante 4 veces durante el día, en los meses de febrero, julio y noviembre.
- Recomendar al equipo de calidad del agua, incluir en las recomendaciones, que se establezca una red de monitoreo de calidad de agua tanto en el embalse Pasto Grande, así como en los afluentes que aportan sus agua al citado cuerpo de agua. En el caso del embalse establecer una red de 12 puntos como mínimo.
- Que el monitoreo debe realizarse de manera mensual y durante un año. En el caso del embalse Pasto Grande deberá realizarse mediciones horizontal y verticalmente.
- Recomendar al equipo de calidad del agua, incluir en las recomendaciones, que se establezca una red de monitoreo de calidad de agua tanto en el embalse Pasto Grande, así como en los afluentes que aportan sus agua al citado cuerpo de agua. En el caso del embalse establecer una red de 12 puntos como mínimo y 4 en los principales ríos afluentes.
- Con la finalidad de determinar con mayor precisión el volumen de sedimentos de tipo orgánico y su distribución espacial existentes en el fondo del embalse Pasto Grande, así como verificar la caracterización física, química y biológica es recomendable realizar un muestreo con un muestreador tipo "cilindro", a fin de obtener muestras no perturbadas del perfil de los sedimentos.
- Realizar una evaluación de la carga de sedimentos provenientes desde la cuenca y determinar la forma de deposición a nivel del embalse.
- Con la necesidad de determinar con mayor precisión los efectos de la mala calidad del agua del embalse Pasto Grande, se recomienda realizar bioensayos en sistemas controlados utilizando para ello la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha) en el momento que se detecte cambios en la coloración del agua. Se deberá de realizar los análisis físicos, químicos y biológicos necesarios.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarino Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55 72

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 68858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carvajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Abuelle Navaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. César Lazcano Carricho
INGENIERO
CBP. 269

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Ricardo Apaclla Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

.....
Bla. Haydee Alvario Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP 55 72

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 58858

CONSORCIO V-5

.....
Dra. César Lázcano Carreño
BIOLOGA
CBP. 369

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Martha Arango Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP 31565

CAPÍTULO N° 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Caracterización Física Y Química De Las Aguas De Los Afluentes Del Embalse Pasto Grande (TOMO 2)

CONCLUSIONES

Río Millojahuirá

- ◇ La calidad de las aguas en la micro Cuenca del río Millojahuirá, 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 Millojahuirá, es la acidez 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 Millojahuirá 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 Millojahuirá, 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 acidez 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.
- ◇ Las aguas del río Millojahuirá hidroquímicamente son aguas que varían entre cálcicas sulfatas y sulfatadas, con predominio del ión sulfato.
- ◇ El río Millojahuirá 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.

Río Antajarane

- ◇ 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 aguas claras y

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguén Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34783

CONSORCIO V-5

Ing. César Zúñiga Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31585

1

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11623

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO-GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Karl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

- 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 acidez.
 - ◇ 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 acidez 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 acidez 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 natural.

Río Patara

- ◇ 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 el deterioro, al pasar por zonas de mina.
- ◇ 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

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aramburen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34753

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazzarini Camacho
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zambrano Custrillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

- 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.

Río Tocco

- ◇ La calidad de las aguas del río Tocco son afectadas por el manantial (estación E-46) que descarga sus aguas en la nacimiento 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 8.1 u.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.
- ◇ 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.

CONSORCIO V-5

Blg. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Aparicio Nalvaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11323

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazzarini Carricho
BIÓLOGO
C.B.P. 289

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Guzmán Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Rami Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 8530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 14763

CONSORCIO V-5 3

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

- ◊ El rio 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.

RECOMENDACIONES

- ◊ Ejecutar un plan de monitoreo de vigilancia permanente de calidad física y química de aguas a nivel de afluentes, en estaciones fijas para una mejor interpretación de las variaciones de la calidad en el tiempo.
- ◊ Se recomienda realizar las mediciones de caudales en simultaneo con la toma de muestras en cada estación de monitoreo; esta medición servirá para hacer el análisis de carga de contaminantes y poder determinar los grados de afectación de los afluentes al embalse Pasto Grande.
- ◊ Realizar monitoreos continuos con el objeto de evaluar la variabilidad de la concentración de metales en el tiempo y la relación con la afectación de la calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande.
- ◊ Implementar el Laboratorio de Vigilancia y Control a fin de que sirva en el control de la calidad de las muestras de agua y otras en tiempo oportuno para su tratamiento.
- ◊ Se deberá considerar un plan estratégico con metas en el mediano plazo a fin de implementar las distintas alternativas de soluciones, efectuar estudios de la presencia de aguas ácidos en las aguas subterráneas, degradación de rocas y en todos los aspectos para un tratamiento adecuado y continuo en la recuperación de las aguas del embalse.

2. Caracterización Biológica, Hidrobiológica Y Microbiológica De Las Aguas De Los Afluentes Del Embalse Pasto Grande (TOMO 2)

CONCLUSIONES

Río Millojahuirra

- ◊ Las aguas de la Micro Cuenca del Río Millojahuirra 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

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Espinoza Carrizo
BIOLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP 55572

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

- punto de salida de Millojahuira 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 Millojahuira 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 Millojahuira 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 Millojahuira, 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.

Río Antajarane

- ◇ La calidad de las aguas del río Antajarane en su nacimiento 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.
- ◇ 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 Millojahuira
- ◇ 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 Millojahuira 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 Millojahuira 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

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

5

CONSORCIO V-5

Blga. Myriam Alvarado Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Anacleto Nalvaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázaro Carrero
BIÓLOGO
CIP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Ray Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

- ◇ 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

Ing. Mayde Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

Río Patara

- ◇ 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 metaliza 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.
- ◇ 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.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aragón Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

6

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Anacleto Naharte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. César Lázaro Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Domingo Vite
INGENIERO CIVIL
CIP. 6102

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

- ◇ 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 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 Rio 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 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 rio 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 Rio 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 Rio 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 zooplancton.

Río Tocco

- ◇ 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.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Brig. Hugo Alvarino Flores
BIÓLOGA
CIP: 2531

Ing. Rocio Apactia Naivarit
ING. AGRÍCOLA
CIP: 1423

Dr. César Lacayo Carreño
BIÓLOGO
CIP: 200

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP: 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP: 66858

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

Ing. Martha Aranguren Carhjal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP 31565

- ◇ 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, pro 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 Millojahuiria 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 Millojahuiria: 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.

Conclusiones Generales:

- ◇ El afluente de Tocco la que tiene mayor cantidad de fitoplancton, seguido de Antajarane, Patara y Millojahuiria en el Primer monitoreo en el II Monitoreo se mantiene Tocco como el de mayor fitoplancton, seguido esta vez de Patara, Millojahuiria y Antajarane.
- ◇ Respecto a los dinoflagelados, tal como Amphidinium, Peridinium e incluso Gymnodinium no se presentan en Antajarane y Millojahuiria en ninguno de los monitoreos, solo en el primer monitoreo se presentaron en cantidades muy bajas a Nivel de Tocco y Patara.
- ◇ Se determinaron en 12 especies dominantes de macrophytas en todo el ecosistema, siendo la representante de las Charophytas las que se encontraron en la mayor cantidad de puntos. En el II Monitoreo aparecen 9 especies solamente. Se encontró la especie de Azolla la cual estuvo presente en la zona de Millojahuiria
- ◇ No se encuentra en este II Monitoreo la especie de Azolla sp. presente en el I Monitoreo, inicialmente recomendado para fitoremediación.
- ◇ Es interesante verificar que a nivel de Acosiri, la quebrada de Cacachara y Rio Cacachara, se presenta ciertas cantidades de coliformes totales, termotolerante y E. coli pero en el II monitoreo no aparecen.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 8530

CONSORCIO V-5

Ing. Maritza Aránguez Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5 8

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5

Blga. Hayley Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Nelvarre
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César Lizasoain Carricho
BIÓLOGO
CBP. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Chirreca Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

- ◇ Los helmintos que son parásitos provenientes de tractos digestivos humanos y de animales de sangre caliente, están presentes en todos los afluentes. Mientras que disminuyen en el II Monitoreo especialmente en Millojahuirá. Los helmintos reportados son Ascaris e Hymenolepis para el II monitoreo.
- ◇ Según el Índice de Andean Biotic Index (ABI) en los afluentes del Embalse Pasto Grande. En el primer monitoreo (A) prima el estado moderado presentando el mayor valor en la estación E-32 correspondiente a Confluencia Amani mientras que para el segundo monitoreo (B) los niveles más altos se presentan para un estado bueno en las estaciones E-43 y E-45 perteneciente al sector Antajarane, seguido del estado moderado. Las estaciones E-1, E-3, E-9 y E-15 presentan estado muy contaminado (de color rojo para ambos monitoreos correspondiente al bodedal 1, Cotañani, Río Acosiri después de las operaciones y Quebrada Cacachara después de los desmontes. Este indicador es muy adecuado para evaluar la condición real de los sedimentos usando la comunidad de macro bentos.

3. Caracterización Física Y Química De Las Aguas Del Embalse Pasto Grande (TOMO 3)

CONCLUSIONES

Aguas del Embalse Pasto Grande

- ◇ 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 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.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 3530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angelsen Carvajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Cesar Zumarán Cutlerón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

9

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Naivarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Hydrón Alvarino Flores
INGENIERO CIVIL
CIP. 2531

CONSORCIO V-5

Dr. Cesar Zurita Carrón
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raul Amudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66859

- ◊ 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.

RECOMENDACIONES

- ◊ Se recomienda realizar las mediciones de caudales en simultaneo con la toma de muestras en cada estación de monitoreo; esta medición servirá para hacer el análisis de carga de contaminantes y poder determinar los grados de afectación de los afluentes al embalse Pasto Grande.
- ◊ Realizar monitoreos continuos con el objeto de evaluar la variabilidad de la concentración de componentes en el tiempo y la relación con la afectación de la calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande.
- ◊ Implementar el Laboratorio de Vigilancia y Control a fin de que sirva en el control de la calidad de las muestras de agua y otras en tiempo oportuno para su tratamiento.
- ◊ Implementar en forma permanente unidades de embarcación que permita efectuar los controles de calidad de las aguas del embalse en diferentes puntos críticos de ubicación.

CONSORCIO V-5
Biga. Floyd Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

4. Caracterización Biológica, Hidrobiológica y Microbiológica De Las Aguas Del Embalse Pasto Grande (TOMO 3)

CONSORCIO V-5

CONCLUSIONES:

- ◊ La ausencia de peces tales como las truchas, (*Oncorhynchus mikiss*) etc. es el principal indicador del estrés ambiental del ecosistema.
- ◊ El ecosistema del Embalse Pasto Grande está en un nivel de mesotrófico, basada en la presencia del plancton, su dinámica, en los niveles de clorophylla A, fosfatos y nitratos en ambos monitoreos.
- ◊ La composición del tipo de fitoplancton presente en el I Monitoreo 2012, es la siguiente: las diatomeas o Bacillariophytas en mayor cantidad con un 89%; seguidos de las Chlorophytas con un 9% y solo con un 2% de cianobacterias respecto al 12% de cianobacterias presentes en el año 2007.
- ◊ La composición del fitoplancton a nivel del Embalse Pasto Grande en el II Monitoreo de la siguiente manera:
- ◊ Diatomeas o Bacillariophytas son las de mayor cantidad con un 78% de presencia; seguidos de las Ochrophytas 17%, Chlorophytas con un 4% y solo con un 1% de cianobacterias respecto al 12% de cianobacterias del año 2007.
- ◊ El fitoplancton es variado siendo Bacillariophytas el grupo dominante y altamente representativo y dominante frente al zooplancton en ambos Monitoreos Avenida y Estiaje, demostrando desequilibrio en el sistema debido a presentarse las especies resistentes frente a las condiciones de estrés ambiental.
- ◊ Se encuentra en el fitoplancton las algas representativas del grupo de Cyanobacterias tales como Anabaena y Oscillatoria, que originan el problema de producción de ficotoxinas y clorophylla A, sin embargo sus cantidades no están en los rangos por encima de 10^6 que

Ing. Ricardo Apacña Naivaric
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5
Dr. César Luciano Carrón
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5
Luis Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Victor Diaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5
Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

- pueden explicar afloramientos. La cantidad promedio de Cianobacterias en el Embalse es de 142, 682 cianobacterias / L en el I Monitoreo y 786, 000 cianobacterias / L en el II Monitoreo.
- ◇ Los dinoflagelados se presentan en mínimas cantidades de modo más frecuente Peridinium cf cinctum, Amphidinium aparece solo en el I Monitoreo y Gymnodinium no en el I Monitoreo y en el II Monitoreo estuvo ausente. La cantidad promedio de Dinoflagelados en el Embalse es de 98 dinofla / L en el I Monitoreo y están ausentes en el II Monitoreo.
 - ◇ El pH es influyente en la cantidad del fitoplancton en el Embalse Pasto Grande teniendo una correlación positiva, lo mismo que el perifitón; mientras no sigue correlación alguna con zooplancton. Esto mismo se presenta en los afluentes.
 - ◇ Se encuentran presencia de clorophylla A en el I Monitoreo 2 y 28 mg / m³, en el II Monitoreo entre 2.04 mg/L a 29.36 mg/L en todo el ecosistema y siendo en el embalse de Pasto Grande el promedio de 13 .09 mg / m³ con un máximo de 19 mg/m³ y en el II Monitoreo un promedio de 11 mg/L siendo el máximo 17 mg/L Además no hay diferenciación entre estratos medio y profundo.
 - ◇ Se encuentran presencia de Ficotoxinas muy relacionadas con Clorophylla A debido a su interrelación con las cianobacterias siendo en el Embalse un promedio de 1.10 ug/L en el I monitoreo y 1.42 ug/L en el II Monitoreo con máximos de 3.29 ug/L en el I Monitoreo y 3.44 ug/L en el II Monitoreo.
 - ◇ Se presentan 12 especies de macrophytas en el ecosistema, siendo la más abundante Chara sp., seguida de Apium y Spagnum, además la especie Azolla, usada como fitoremediadora, aunque ya no aparece en el II Monitoreo.
 - ◇ Se evidencia un peligro biológico en los sedimentos los mismos que no deben resuspenderse debido a sus condiciones, así mismo el hecho de un tiempo de retención de más de 2 años hace que exista un periodo suficiente para ser considerado un ambiente léntico, estático con movimientos lentos y con una barrera física central que puede ocasionar zonas muertas con menos movimiento aún otorgando la capacidad de una gran sedimentación orgánica e inorgánica, basados en los bioensayos de toxicidad y en el Índice Biológico BMWP basado en organismos específicos del bentos los macroinvertebrados.
 - ◇ La calidad microbiológica expresada en los niveles de Coliformes totales, Termotolerantes y Escherichia coli sobre pasan el nivel aceptable en las descargas del embalse Pasto Grande, establecidos en las ECAS 2008-MINAM, en el I Monitoreo. En el II Monitoreo casi hay ausencia en los puntos del Embalse Pasto Grande.
 - ◇ Los sedimentos en las zonas que reciben todos los efluentes tienen presencia huevos de helmintos, llegando a 130 org/L y 73 org/L Frente a Toccoq, correspondiente a zonas donde hay mayor influencia antropogénica disminuyendo estos valores a máximos de 20 HH/mL en el II Monitoreo frente a Patara (S03).
 - ◇ Se encuentra un mayor número de huevos helmintos en los sedimentos en comparación que en la superficie con un máximo de 140 huevos de helmintos/L siendo la especie de Ascaris la más representativa la cual se mantienen en ambos monitoreos incrementándose en el II Monitoreo la especie Himenolepis.
 - ◇ En el ecosistema del Embalse Pasto Grande, no existen vertimientos de aguas domésticas, municipales y vertimientos industriales lácticas o textiles, etc., con altos contenido de materia orgánica, materiales oxidables y nutrientes, que estén causando la contaminación y sean un factor de que induzca a la eutrofización del cuerpo de agua. Por tanto es improbable que se presente un fenómeno de eutrofización en este periodo mediato.
 - ◇ La causa principal que ha afectado la calidad del agua del embalse Pasto Grande, es la escasa renovación de agua, ya que anualmente, sólo se renueva alrededor del 27.3% (50.45

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Biga-Haydee Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

Ing. Ricardo Ayaccha Navarri
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

Dr. Cesar Lazaremy Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

Ing. Juan Antonio Viteri
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguren Carhajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5 11

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

MMC/año) respecto al total de agua almacenada (185 MMC/año), lo que influye también en la calidad biológica del Embalse y debe ser tratado como ambiente léntico.

7. RECOMENDACIONES

- ◇ Caracterizar eco-toxicológicamente las aguas de Pasto Grande ya que es el parámetro que interrelaciona el efecto de la contaminación físico-química en las comunidades hidrobiológicas como modelo y determinación del nivel de toxicidad hasta después de algún tratamiento.
- ◇ Mantener el uso del índice de macroinvertebrados bentónicos debido al potencial riesgo de los sedimentos.
- ◇ Realizar un análisis de componentes principales para interrelacionar los datos biológicos y fisicoquímicos con un mayor tiempo de análisis.
- ◇ Realizar el monitoreo sistemático de la calidad del agua con una frecuencia mensual o trimestral con la finalidad de hacer gráficos de tendencia y estadísticas sobre el comportamiento de los ecosistemas tanto afluentes, Embalse y Descarga.
- ◇ Verificar el estado Trófico del ecosistema de modo más continuo por lo menos cada trimestre.
- ◇ Realizar el monitoreo de la gradiente térmica y de la oxiclina todos los meses.
- ◇ Con la finalidad de determinar mayor precisión solicitar a los laboratorios o a los analistas que en el caso de los sedimentos se reporte las diluciones con las que trabajen y que sean como mínimo al 2 o 5% y no al 0,2% aceptado pero no adecuado.
- ◇ Verificar que los sedimentos sean evaluados por lo menos en 2 niveles.

5. Caracterización Física Y Química De Las Aguas De La Descarga Del Embalse Pasto Grande (TOMO 4)

CONCLUSIONES

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.ede., 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 Humalzo, se puede apreciar en el siguiente cuadro de porcentajes de remoción metálica.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha A. Anguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Cesar Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

12

CONSORCIO V-5

Ing. Haydee Alvarado Flores
BIÓLOGA
C.B.P. 2551

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacalla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Cesar J. Azcano Carrero
BIÓLOGO
C.B.P. 288

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	Manganeso	Niquel	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	Magnesio	Manganeso
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.

RECOMENDACIONES

- ◇ Se recomienda realizar las mediciones de caudales en simultaneo con la toma de muestras en cada estación de monitoreo; esta medición servirá para hacer el análisis de carga de contaminantes y poder determinar los grados de afectación de los afluentes al embalse Pasto Grande.
- ◇ Realizar monitoreos continuos con el objeto de evaluar la variabilidad de la concentración de metales en el tiempo y la relación con la afectación de la calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande.
- ◇ Implementar el Laboratorio de Vigilancia y Control a fin de que sirva en el control de la calidad de las muestras de agua y otras en tiempo oportuno para su tratamiento.
- ◇ Implementar en forma permanente unidades de embarcación que permita efectuar los controles de calidad de las aguas del embalse en diferentes puntos críticos de ubicación.

CONSORCIO V-5
 Ing. Victor Diaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 530

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Arancibia Carbajal
 INGENIERA QUIMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 BIÓLOGO
 CIP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55872

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUIMICO
 CIP. 66856

6. Caracterización Biológica De Las Aguas de la Descarga Del Embalse Pasto Grande (TOMO 5)

CONCLUSIONES

- ◇ Ningún embalse es igual que el otro, incluso las características propios del Embalse a más de 4000 msnm son sui-generis, por ende difícilmente podemos comprar de modo específico las experiencias de pasto Grande y su caracterización con otro embalse, o su descarga o comportamiento con otro Embalse así como las respuestas una vez que se desarrollen las alternativas de tratamiento planteadas por el Consorcio.
- ◇ El pH es influyente en la cantidad del fitoplancton no teniendo necesariamente una correlación positiva, lo mismo que el perfitón; mientras no sigue correlación alguna con zooplancton.
- ◇ Se encuentran presencia de clorophylla A de 9.08 hasta 22.16 mg/m3 en el I monitoreo y de 9.27 a 22.16 mg/m3 en el II Monitoreo siendo el punto de ingreso a Inalambrica el punto de mayor nivel de clorophylla A, el menor nivel en Chaullapujo. A nivel del Embalse el máximo es 19 mg/m3
- ◇ Se encuentran presencia de Ficotoxinas muy relacionadas con Clorophylla A debido a su interrelación con las cianobacterias siendo en la Descarga un promedio de 0 hasta 4.43 ug/L en el I monitoreo y de 0 a 4.69 ug/L en el II Monitoreo.
- ◇ La recuperación del PH en la descarga es evidente lo cual podría deberse a la presencia de bodeales; las rápidas de Chiligua que aportan oxígeno y con ello aumenta el Ph, por la caída de la altura y por el aporte de Jachacuesta con su aguas alcalinas; lo que determina que se tengan diversa clasificación de aguas en el Embalse Pasto Grande, correspondiendo a este nivel de la descarga inicial y final aguas neutras o alcalinas.
- ◇ Se evidencia toxicidad Aguda nula en el ingreso de las 3 plantas de tratamiento de agua potable, siendo positivo al medir la sinergia y antagonismo de todo cuanto hay en el agua analizada.
- ◇ El índice biológico Diatómico indica zonas de contaminación muy débiles o moderadas en aguas libres superficiales y el Índice de Macroinvertebrados señala contaminación crítica y muy fuerte en algunos puntos tales como la salida, osmore y Moquegua.
- ◇ El Índice de BWPM basado en macroinvertebrados bénticos señala zonas de contaminación como muy crítica en la Estación E42 Rio Antajarane y E01 Bodefal 1 y E13, 17 y 25 correspondiente a la Quebrada y Rio Cacahara, en la zona de descarga en el E60 salida del embalse. Y en el II Monitoreo casi todos los puntos dentro del Embalse son catalogados como muy críticos. Se recomienda tener cuidado con los sedimentos.
- ◇ Los Enterococcus fecalis y bacterias heterotróficas indican contaminación de origen fecal en el embalse Pasto Grande siendo este último 2 veces más del nivel permitido incluso a la salida de las plantas E76, E82 y E84 incumpliendo la normatividad para agua de consumo humano en el I Monitoreo, no presentándose lo mismo en el II Monitoreo donde cumple la normativa para agua potable, con excepción de la salida de la planta de Chen chen con 4000 UFC/ ml siendo la Norma 500 UFC/ mL. Pudiendo tratarse de una situación puntual.
- ◇ Los sedimentos en las estaciones de la descarga tienen presencia huevos de helmintos, llegando hasta 6 HH/L, incluso al ingreso de las plantas de tratamiento.
- ◇ Es necesario un proceso de desinfección en el caso de los puntos asociados a las salidas de las plantas de tratamiento para lograr diariamente y en toda época el aseguramiento del agua potable.

CONSORCIO V-5
 Ing. Javier Alvarino Flores
 ING. AGRICOLA
 CIP. 2831

CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Apachita Naivaire
 ING. AGRICOLA
 CIP. 11823

CONSORCIO V-5
 Dr. Cesar L. Carrero Carrero
 BIÓLOGO
 CIP. 269

CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55372

CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5
 Ing. ...
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5
 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRICOLA
 CIP. 31565

- ◇ También se nota presencia de fitoplancton y zooplancton en cantidades elevadas lo que también debe de tratarse con celeridad; en el II Monitoreo también se presenta aunque en número menor. Cabe recordar que el DS N° 31-201° establece en "0" la presencia de organismos de vida libre lo que incluye fitoplancton y zooplancton.
- ◇ El Consorcio V5 y sus especialista tienen la visión integral del ecosistema del Embalse Pasto Grande y no es razonable separar afluentes, embalse y descarga en su totalidad; cómo bien se dice son términos de "referencia"; los temas todos han sido cubiertos, sin embargo se ha hecho un esfuerzo por hacer tomos diferenciados como parte del informe final.
- ◇ La caracterización Meteorológica en el Ecosistema del Embalse Pasto Grande permite determinar que existe vientos con velocidades de 5 m/s produce oleajes suaves sobre la superficie que impacta en el movimiento de las aguas haciendo que se generen ligeros movimientos horizontales y verticales lo que hace que haya variación en cantidad y especies diferentes y movimientos de fe que den coloración rojiza de modo eventual.
- ◇ La caracterización de la calidad de agua de los ríos de la Subcuenca Pasto Grande se realiza en la función a los dos monitoreos efectuados en los meses de abril y julio lo que no diferencia las épocas marcadas de avenida y estiaje. El periodo de estudio del estudio y la logística debido a las exigencias del ecosistema y sus tiempos son situaciones de barrera.
- ◇ Sobre los resultados microbiológicos (Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Enterococos Fecales, E. Coli) a la salida de plantas de tratamiento de Chen Chen, Pampa Inalámbrica y Cata Cata; la consultora envió los resultados originales de los laboratorios adjunto a los informes parciales que acredita lo actuado en el monitoreo y análisis de dicha muestras.

7. Caracterización Meteorológica en el Ecosistema del Embalse Pasto Grande (TOMO 5)

CONCLUSIONES

Estación Humalso:

- ◇ La evaporación media anual varía de 27.8 mm a 32.3 mm con un valor promedio de 29.8 mm.
- ◇ La humedad relativa promedio anual varía de 55% a 67% con un valor promedio de 60%.
- ◇ La temperatura máxima anual presenta poca variación con un valor promedio de 11.0°C oscilando entre 10.8°C y 11.4°C.
- ◇ La temperatura mínima anual presenta variación con un valor promedio de -6.5°C oscilando entre -5.9°C y -8.0°C.

Estación Pasto Grande:

- ◇ La evaporación anual varía de 1163.1 mm a 1982.8 mm con un valor promedio de 1548.9 mm.
- ◇ La humedad relativa promedio anual presenta dos períodos bien marcados, el primero va de 1963 a 1983, el segundo de 1984 a 2009, con un promedio de 34.1% y 52.2% respectivamente.
- ◇ La temperatura máxima anual presenta poca variación con un valor promedio de 17.1°C oscilando entre 20.8°C y 14.3°C.
- ◇ La temperatura mínima anual presenta variación con un valor promedio de -10.6°C oscilando entre -17.4°C y -6.6°C.

CONSORCIO V-5

Bla. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apacilla Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-6

Dr. César Lacayo Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP 55772

CONSORCIO V-5

Ing. Rudi Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguilen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

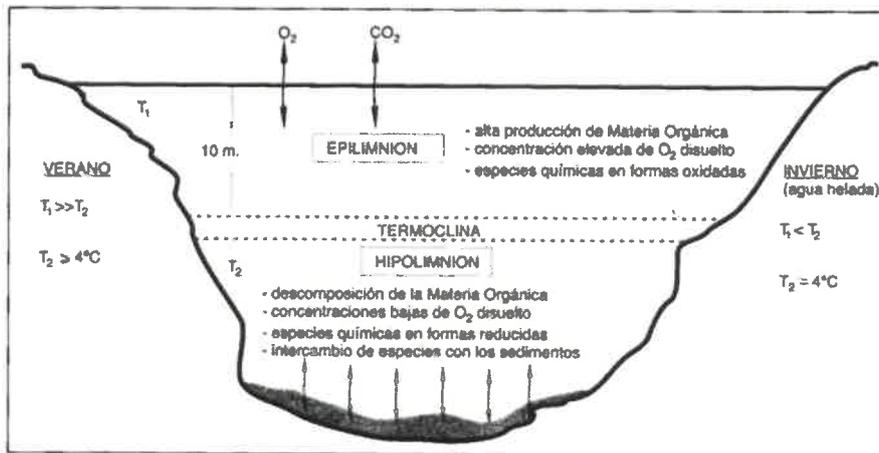
15

Estación Tocco

- ◊ Se observa que en promedio la precipitación anual es de 405.6 mm, variando entre 207.5 mm y 575.2 mm como mínimo y máximo respectivamente.
- ◊ La temperatura máxima anual presenta poca variación con un valor promedio de 16.5°C oscilando entre 14.5°C y 18.7°C.
- ◊ La temperatura mínima anual presenta variación con un valor promedio de -15.3°C oscilando entre -19.5°C y -11.8°C.
- ◊ La humedad relativa promedio anual presenta variación con un valor promedio de 57.5% oscilando entre 44.3% y 76.1%.
- ◊ La evaporación media anual varía de 1672 mm a 2430 mm con un valor promedio de 1987.3 mm.

Lagos:

- ◊ En lagos en este caso el embalse Pasto Grande, funciona como tal, a una profundidad importante, superior a 8 metros, se produce una estratificación térmica que lleva, a la existencia de dos zonas separadas por el termoclina, en una y otra, tienen lugar distintos procesos, lo que origina una composición diferente en cada una de ellas, como se observa en la figura.



- ◊ En la superficie se produce un intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, y en el Epilimnion hay presencia de materia orgánica y especies químicas en forma oxidadas.
- ◊ En el Hipolimnion se produce la descomposición de la materia orgánica, concentración baja de oxígeno disuelto, hay especies químicas en forma reducidas y hay intercambio de especies con los sedimentos.
- ◊ En estas zonas se observa la influencia de la temperatura que define las características de estas dos zonas.
- ◊ Las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio no registran la radiación solar este parámetro fue evaluado sobre la base de la tesis "Radiación Solar en el Perú", realizada por Cesar Augusto Kadono Nakamura para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en el PAIME-UNI, 1972; basado en la evaluación de la irradiación diaria media anual de 76 estaciones meteorológicas a nivel nacional.

CONSORCIO V-5
 Ing. Hawité Alvarillo Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531
 CONSORCIO V-5
 Dr. César Lazcano Carreth
 BIÓLOGO
 CBP. 268
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vilis
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 55.72
 CONSORCIO V-5
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66856

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31585

16

Nº	Departamento	Estación	IRRADIACION DIARIA MEDIA ANUAL kWh/m2
59	San Martín	Tocopezo	4.50
60	Lambayeque	Lambayeque	5.00
61	Ancash	Huancayo	5.25
62	Lima	Andahuaylitas	5.29
63	Lima	Geografía Huancayo	6.78
64	Lima	La Molina	4.09
65	Lima	Alcañales	4.39
66	Lima	Sto. Rosa	5.23
67	Cusco	Granatilla	5.28
68	Ica	Ica	5.27
69	Puno	Puno	6.80
70	Arequipa	Pampa de Mayo	5.11
71	Arequipa	Characato	7.89
72	Moquegua	Pta Coles	4.86
73	Moquegua	Moquegua	6.13
74	Tarma	Tarma	5.44
75	Arequipa	Pampa Blanca	4.27
76	Arequipa	Hacendita	5.23

- ◇ Para Moquegua se tienen los siguientes valores: 4.86 kWh/m² en Punta Coles y 6.13 kWh/m² en Moquegua.
- ◇ Las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio no registran la Insolación por no contar con Heliografo. Se llama insolación absoluta el tiempo durante el cual el sol ha brillado en el cielo en el transcurso de un período determinado: un día, un mes o un año. También interesa calcular la insolación relativa, o sea, la relación entre la insolación absoluta y el número de horas que el sol haya permanecido durante el mismo período sobre el horizonte.
- ◇ Las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio no registran la Presión Atmosférica por no contar con Barómetro. La presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre la Tierra.
- ◇ La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera. Como la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire ρ en función de la altitud z o de la presión p . Por ello, no resulta fácil hacer un cálculo exacto de la presión atmosférica sobre un lugar de la superficie terrestre; por el contrario, es muy difícil medirla, por lo menos, con cierta exactitud ya que tanto la temperatura como la presión del aire están variando continuamente.

RECOMENDACIONES

- ◇ Se recomienda implementar a las estaciones meteorológicas Tocco y Pasto Grande con instrumentos para que registren la Radiación Solar, Insolación y Presión Atmosférica, de ser posible instalar una estación meteorológica completa automática en las inmediaciones de la Presa Pasto Grande.
- ◇ Se estima que instalar una estación meteorológica completa automática requiere de un presupuesto estimado en US\$ 50000 dólares.

CONSORCIO V-5

.....
Bla. Haydee Alvarino Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Ricardo Apaella Nalvarie
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Martha Argüen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

8. Caracterización Geológica e Hidrogeológica de la Sub Cuenca del Río Vizcachas del Embalse Y Afluentes (TOMO 6)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ◇ El sistema acuífero presente en el área de estudio está conformado por 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 fluvioglaciales, coluviales, aluviales y bofedales no consolidados. Segundo, por acuíferos fracturados en lechos rocosos sedimentarios y volcánicos, destacando en especial el acuífero Capillune
- ◇ El acuífero Capillune constituye un reservorio natural de recursos hídricos renovables de buena calidad. Está conformado por una secuencia de materiales clásticos con intercalación de aglomerados, tobas y flujos volcánicos. Tiene un espesor promedio de 100 m y sus coeficientes de transmisividad y almacenamiento son de 3.6×10^{-3} m²/s y 0.001 respectivamente.
- ◇ Las surgencias termales en el área de estudio son alimentadas por un sistema de flujos subterráneos profundos, cuya recarga se realiza a través de discontinuidades mayores interconectadas hidráulicamente como son las fallas y las facturas de bajo grado, a partir de las aguas de escorrentía superficial producto de las precipitaciones en las zonas montañosas circundantes y de las aguas provenientes de los nevados. Este sistema profundo descarga convectivamente en los manantiales de la región y hacia el acuífero somero donde ocurre una mezcla entre diferentes aguas.
- ◇ La conexión hidráulica entre los dos sistemas de flujo es directa, por ello existe un probable impacto de las aguas termales sobre las aguas frías, cuya mezcla llega hacia los bofedales de pampa Pasto Grande y de esta hacia el embalse. La magnitud del impacto debe estudiarse con detalle pues al no haber pozos ni piezómetros para el control y monitoreo se hace necesario construir una red piezométrica para tal fin.
- ◇ Es importante caracterizar con detalle los sub sistemas acuíferos somero y profundo, y se hace necesario construir posteriormente un modelo numérico de simulación hidrodinámica. De esta manera será posible determinar cualitativa y cuantitativamente la magnitud del impacto y si es necesario, tomar las medidas necesarias para el control, mitigación y remediación. Actualmente no se cuenta con suficiente información hidrogeológica.
- ◇ Se recomienda realizar un estudio geofísico en puntos estratégicos para la ubicación de los piezómetros y la posterior perforación de los mismos, con lo cual será posible obtener mejores datos para la caracterización hidrológica detallada, se señala enfáticamente que este estudio hidrogeológico todavía es de carácter preliminar, pues para tener un estudio de detalle se deberán realizar investigaciones cuando estén construidos los pozos o piezómetros. Los piezómetros en la microcuenca del río Cacachara y Patara son de vital importancia para el control hidrogeológico y ambiental en esta cuenca muy afectada por la contaminación natural y antropogénica.
- ◇ Las actividades recomendadas a futuro inmediato o a corto plazo son de vital importancia y se deben orientar para tener la hidrogeología detallada de los acuíferos señalados en zonas estratégicas de interés. Así, se recomienda un estudio de geología, estructura e investigaciones geoquímicas y geotérmicas adicionales, perforación de pozos o piezómetros para la realización de pruebas hidráulicas, toma de muestras y los respectivos análisis fisicoquímicos y de calidad del agua subterránea fría y de las surgencias termales, haciendo uso de las mejores herramientas para la adquisición de los datos que se requiere.
- ◇ La actividad minera antigua que se realizó en la zona no fue manejada de manera responsable en la zona de la cuenca del río Cacachara, por lo que existen pasivos ambientales que son la

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 3530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Anguigen Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

CONSORCIO V-5
 Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858
 CONSORCIO V-5
 Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872
 CONSORCIO V-5
 Dr. Cesar Lizcano Carrasco
BIÓLOGO
CIP. 269
 CONSORCIO V-5
 Ing. Ricardo Aparicio Nalvarte
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823
 CONSORCIO V-5
 Ing. Rayle Alvarado Flores
BIÓLOGA
CIP. 2531

- causa de los drenaje de ácidos de mina, de la acumulación y circulación de sustancias tóxicas, así como depósitos de desmonte, que han contaminado los recursos hídricos en la zona de antiguas operaciones. Por tanto, con el cierre de la mina Santa Rosa se debe tener un buen control por parte de las autoridades competentes a fin de evitar que esta situación vuelva a repetirse, con lo cual se evitaría que las aguas del río Cacachara que drenan mezcladas con las del Patara hacia el embalse a través del río Patara, contribuyan a desmejorar su calidad por elementos o sustancias contaminantes que puedan alcanzar el embalse como carga química.
- ◇ El análisis de la carga química de las aguas del río Cacachara que ingresa al Patara y luego se vierten en el embalse proporcionan bajos porcentajes de participación en la contaminación del embalse, dado que la mayor contaminación se recibe del río Mollojahuira y del Hualcane, dadas las particularidades que presentan estas cuencas con presencia de aguas termales ácidas, formación de aguas ácidas por afloramientos de terrenos mineralizados, muchos de los cuales han quedado expuestos por la desglaciación que ha venido ocurriendo en estos últimos 30 -35 años.
 - ◇ El agua del embalse Pasto Grande muestra un evidente impacto por metales pesados con una asociación hacia sedimentos con partículas tipo lodo arcilloso (limo y arcilla). Las concentraciones de los elementos metálicos dentro del embalse, presentan de forma general, un gradiente decreciente desde la zona Norte y Noreste en la desembocadura de los ríos Mollojahuira, Hualcane - Antajarane y Patara, pero hacia la desembocadura del embalse disminuye.
 - ◇ 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. Se recomienda realizar estudios avanzados sobre las relaciones mineralógicas de los sedimentos de fondo y las concentraciones de elementos metálicos. a fin de obtener los Índices de contaminación de los sedimentos de fondo.
 - ◇ 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 iniciales 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.
 - ◇ De manera categórica, y a la luz de los análisis hidroquímicos, geoquímicos y la naturaleza geológica 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 del cese de actividades

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Alvarado Flores
INGENIERO CIVIL
CIP: 2831

Ing. Ricardo Aparicio Nalvarte
INGENIERO CIVIL
CIP: 2831

Dr. César Lezcano Carrizo
INGENIERO GEOLOGO
CIP: 269

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP: 55872

Ing. Raúl Zamudio Castillo
INGENIERO QUIMICO
CIP: 66858

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP: 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Almendra Carbajal
INGENIERA QUIMICA
CIP: 34763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP: 31565

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

- ◊ Es de gran importancia iniciar de inmediato no solo la implementación de las alternativas propuestas en este proyecto, sino también iniciar un estudio integral sistemático de las condiciones actuales del embalse con miras a obtener los datos pertinentes que no se tienen, y poder realizar estudios de simulación bajo escenarios diversos con la finalidad de lograr un buen manejo y la gestión integral del recurso hídrico actualmente en riesgo.

9. Tratamiento Físico Químico, Diseño Hidráulico Y Costos De Inversión, Operación Y Mantenimiento Para Las Aguas Del Sistema De Aguas Del Embalse Pasto Grande (TOMO 8)

CONSORCIO V-6

CONCLUSIONES

[Signature]

 Blga. Haydée Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CBP. 2531

- ◊ La remediación del embalse será progresiva, al ser sustituida las aguas contaminadas del embalse por aguas tratadas a partir de la puesta en marcha de las plantas de tratamiento de aguas acidas de los ríos Millojahuira y Hualcane, que en la actualidad aportan aguas acidas con un pH de 3.0-3.2 u.e al embalse.
- ◊ Las aguas tratadas en estas instalaciones ingresarán en los primeros años con pH a nivel de oxidación precipitando todos los minerales pesados con pH entre 9 y 10, ayudando a la recuperación del pH de las aguas del embalse, en un menor tiempo.
- ◊ El tratamiento de las aguas del río Cacachara afluente del río Patara, en la actualidad este último tiene un pH de 6,8 u.e. y con aguas tratadas del río Cacachara, el río Patara ingresará al embalse con un pH neutro.
- ◊ Luego de elevar el elevar el pH del embalse Pasto Grande a un rango de 6.5 - 8.5 u.e., se procederá a la disminución de la dosificación de los productos químicos manteniendo el rango de neutralidad de las aguas en tratamiento.
- ◊ El Río Patara tiene una cuenca de 188 km², lo que representa el 48% de la cuenca del Embalse Pasto Grande, las variaciones de caudales son importantes llegando a promedios mensuales de 15 m³/s y los caudales horarios fácilmente superan los 20 m³/s. Estos caudales para un tratamiento químico de las aguas, significaría costos elevados de inversión y de operación por la magnitud de la planta, que comparando con las estructuras propuestas para el tratamiento de las aguas del río Millojahuira, representaría 10 veces más en inversión; mayor aún, si las aguas a tratar de los cursos de agua en su conjunto de la microcuenca del río Cacachara, demandará una atención especial para tratar aguas contaminadas por los drenajes ácidos de rocas (DAR) y los drenajes ácidos de mina (DAM).
- ◊ El deterioro de la calidad de las aguas se deben al cambio climático que se viene experimentando a nivel mundial, al incrementarse las áreas de exposición por la reducción de los nevados que lo protegían y que impedían la oxidación de compuestos mineralizados, como la pirita, presentes en las rocas sulfurosas de origen volcánico, ubicadas al este del Embalse Pasto Grande.
- ◊ Para el caso de la microcuenca del río Antajarane, se tratan las aguas del río Hualcane, con un caudal menor, al reducir el caudal total a un 66% aproximadamente de la micro cuenca del río Antajarane, lo que significa la disminución de los costos de inversión por infraestructuras y costos de operación por consumo de productos químicos.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-6

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Ricardo Aparicio Navarrete
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 11823

.....
 Dr. César Lázcano Carrero
 BIÓLOGO
 CIP. 269

.....
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 55872

.....
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66856

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

[Signature]

 Ing. Víctor Díaz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 8530

[Signature]

 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

[Signature]

 Ing. César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

- ◊ La remediación para la recuperación de la calidad de las aguas en su conjunto, implica que en los dos primeros años demandará el mayor costo de operación, en razón al nivel de estabilización inicial de la calidad de las aguas a que se debe de llegar y al volumen de agua a tratar con un estimado de 50 a 75 MMC como caudal anual efectivo de descarga, representando un costo de 0.18 soles /m3 por la relación de los gastos operativos más mantenimiento al volumen promedio de la descarga, sin incluir los gastos de inversión; estos gastos se irán reduciendo después de dos años.
- ◊ La alternativa N° 1 propuesto por el consorcio V-5 es la más viable técnica y económicamente, en los aspectos de inversión de obras, sin embargo los gastos operativos de los primeros años es alto, debiendo reducir sus costos cuando la calidad del embalse se restablezca.
- ◊ La alternativa con SNIP; al descargar el agua tratada al cauce del río distante del embalse Pasto Grande a 5km existe la posibilidad de que las aguas vuelvan a contaminarse por el DAR.

RECOMENDACIONES

- ◊ Efectuar estudios de suelos de geotecnia y de pruebas sísmicas para la ejecución de la estructura hidráulica – mezclador hidráulico propuesto para el tratamiento de las aguas del río Millojahuirá.
- ◊ Efectuar estudios de estabilidad de taludes y presas, así como perfiles de corrosión de estructura por la exposición a las aguas ácidas.
- ◊ Plantear el trazo de la vía de acceso a las instalaciones hidráulicas propuestas.
- ◊ Recalcular el diseño del borde libre para el aseguramiento del represamiento de las aguas del embalse para ocasiones de sismo de alta intensidad. La altura o borde libre de la presa debe estar considerado en todos los componentes con fines de protección de oleajes, en el que deberá incluirse, el rebose actual y sobre las elevaciones de concreto, en donde el nivel máximo del agua se encuentra a solo 10 cm representando un peligro potencial.
- ◊ Identificar y solicitar la acometida de fluido eléctrico de alta tensión hasta la zona de ubicación de las instalaciones hidráulicas, donde se deberá considerar las cabinas de transformación o utilizar como alternativa, los paneles solares para la operación de la preparación y dosificación del floculante sólido.
- ◊ Considerar el equipamiento mínimo para el tratamiento de aplicación de solución de soda cáustica, lo que se requiere una electrobomba, grupo de emergencia, y 2 tanques de dilución de 6m3.para la preparación del químico y los botes (10 unidades).
- ◊ Efectuar el aforo de los cursos de agua que presentan aguas ácidas y donde en su recorrido, continúa su deterioro, para la instalación de unidades de tratamiento químico.
- ◊ No existe data histórica de aforo de las microcuencas contaminadas, para efectuar el diseño de unidades de tratamiento. Se recomienda la instalación de linnímetros en los cursos de aguas de los ríos Hualcane, Cacachara, Acosiri, Cotañani y de las quebradas Jacosive y Palleutani.

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

M. César Lázaro Carreño
 BIÓLOGO
 CIP. 269
 Ing. Raúl Zamudio Castillo
 ING. QUÍMICO
 CIP. 66858

CONSORCIO V-5

.....
 Blga. Haydee Alvarino Flores
 BIÓLOGA
 CIP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Ricardo Apacña Nalvarte
 ING. AGRÍCOLA
 CIP 11823

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Juan Quiroga Vite
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP. 51.72

CONSORCIO V-5

.....
 César Zumarán Calderón
 ING. AGRÍCOLA
 CIP. 31565

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Víctor De la Cruz Nuñez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 11530

CONSORCIO V-5

.....
 Ing. Martha Aránguez Carbajal
 INGENIERA QUÍMICA
 CIP. 34763

10. Alternativas de Tratamiento Biológico – Microbiológico en el Sistema Pasto Grande (TOMO 9)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- ◊ Los contaminantes producto de los desechos de la minería y/o naturales, han alterado el ecosistema de tal forma que la biodiversidad en el Embalse es mínima y se demuestra con los estudios preliminares de la cadena trófica, donde se ve que dentro del embalse es una cadena bastante corta.
- ◊ Con la información analizada a la fecha, se presentan diferentes tipos de tratamiento biológico seleccionados para el mejoramiento del Embalse Pasto Grande en la etapa de evaluación.
- ◊ Se presenta en plano adjunto, la ubicación de los tratamientos biológicos en base a humedales dispuestos en series propuestos a nivel de afluentes, consistiendo en humedales cada 100 m con zonas de aireación.
- ◊ Para el caso del río Millojahuirá el tratamiento se realizara antes del tratamiento químico.
- ◊ Para el caso del río Antajarane, el tratamiento propuesto se realizara en el río Antajarane antes de su confluencia con el río Hualcane que recibe tratamiento químico.
- ◊ Los siguientes métodos de tratamiento podrían ser evaluados en los niveles que permitan dar recomendaciones con mayor exactitud:
 - ◊ Fitorremediación usando el género Lemna nativa de los bofedales aladeños
 - ◊ Reactores de bacterias inmovilizadas en la superficie del embalse combinado con bacterias sulfato-reductoras, empleando los métodos de biabsorción y como sustrato, lechos de paja u otras hierbas lugareñas.
 - ◊ Empleo de residuos de levadura de cervecaría, que son desechos de bajo costo
 - ◊ Fitorremediación usando plantas macrofitas en los alrededores del embalse, principalmente juncos, carrizos u otras hierbas del lugar.
 - ◊ Aplicación de bacterias sulfato-reductoras genéticamente mejoradas por inyección en el fondo del embalse que contribuirán a disminuir la acidez y precipitar los metales pesados.

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carrizo
BIÓLOGO
CBP. 269

11. Alternativas de Tratamiento Mixto , Físico y Químico y Biológico en las Aguas del Sistema Pasto Grande (TOMO 10)

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONCLUSIONES

- ◊ La remediación del sistema pasto grande es un proceso que demandará un periodo de 2 años hasta alcanzar los niveles de calidad indicados, cumpliendo con la normatividad vigente a nivel de la descarga de los afluentes y a la salida del embalse, después de los 2 primeros años de tratamiento cumpliendo con los ECAs para agua categoría 3 y categoría 4 vigentes.
- ◊ El tratamiento mixto se circunscribe a los ríos Antajarane y Cacachara utilizando tratamiento con caliza en el cauce de los ríos y acondicionamiento de humedales naturales en los ríos Antajarane y Cacachara, adicionalmente 2 humedales artificiales con carácter de experimental en los ríos Jacosive y Palleutane xxxxx se ha considerado 3 cámaras de contacto de 30 l/s, 50 l/s y 100lts/seg. en los Ríos Jacosive, Acosiri y Cacachara respectivamente.

Blga. Haydeé Alvarino Flores
BIÓLOGA

Ing. Ricardo Apacita Naivarte
ING. AGRÍCOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 65390

Ing. Martha Aranguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31585

- ◇ En el embalse está previsto efectuar tratamiento biológico el tratamiento químico se limita a casos de emergencia o a decisiones de reducir el periodo de remediación. es decir no es posible Tratamiento Mixto
- ◇ La descarga incluido las aguas de transvase no requieren tratamiento Mixto por el alto potencial de oxigenación por el gradiente hidráulico de 4550 m mas la mezcla de aguas básicas de la cuenca de Moquegua.

RECOMENDACIONES

- ◇ Efectuar el tratamiento químico de los Ríos Antajarane y Cacachara y afluentes con piedra caliza, utilizando cámaras de contacto a ser preparadas en el cauce de los afluentes al Rio Cacachara o utilizando las Cámaras de Contacto diseñadas.
- ◇ Efectuar un manejo tecnificado de los humedales naturales de los Ríos Antajarane y Cacachara apoyados por el Laboratorio de investigación propuesto.

12. Informe Consolidado de Evaluación y Selección de Alternativas de Tratamiento propuesto (TOMO 11).

CONCLUSIONES

- ◇ 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 1ª etapa durante un año considerando el tiempo de retención estimado para el embalse y de 200-240 ppm como 2ª 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.
- ◇ Los flóculos obtenidos debido al tratamiento químico sedimentaran fácilmente por la formación de compuestos aglutinados de alto peso y a los cuales se les aumentará la cohesión por adición de floculantes inorgánicos que aseguren su confinamiento en el lecho del embalse
- ◇ El tratamiento biológico y el mixto se realizan con piedra caliza como acondicionamiento previo
- ◇ Los monitoreos deben ser permanentes y respetando la secuencia establecida
- ◇ La 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 rio 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

CONSORCIO V-5
Bлга. Haydee Alvariano Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55872

CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zumbido Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 3530

CONSORCIO V-5
Ing. Martina Arce Aren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 31723

CONSORCIO V-5
Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

23

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Dr. César Lacañar Carrizo
BIÓLOGO
CBP. 269

RECOMENDACIONES

- ◇ El PERPG (y el Comité multisectorial) debe establecer claramente en forma definida su compromiso de mantener la calidad de las aguas contenidas en el Embalse, estableciendo mecanismos de control impulsando el compromiso de todos los grupos de interés de consumo de las aguas del Embalse, mediante Laboratorio especializado que formaría parte del Plan de Monitoreo y vigilancia de la calidad del agua propuesto.
- ◇ El tratamiento propuesto a los afluentes ácidos sería de fuerte ataque (400 ppm cal hidratada) para mejoramiento de las aguas contenidas en el Embalse durante un año o hasta que las condiciones mejoren a rangos neutros dentro del embalse, para luego reducir la aplicación a dosis de mantenimiento (200-240 ppm cal hidratada) en forma permanente
- ◇ Se recomienda solicitar la opinión de un Especialista en corrosión de estructuras, para conocer el estado actual de afectación de las estructuras debido al ataque corrosivo por la acción acida sostenida de las aguas embalsadas.
- ◇ En el caso de las PTAP de Chen Chen y Cata Catas se sugiere implementar en cada caso sistemas de pre tratamiento para asumir variaciones bruscas o cambios en la calidad de las aguas captadas.

13. Modelamiento de Ecosistema y Ciclos Biogeoquímicos del Embalse Pasto Grande (TOMO 12)

CONSORCIO V-5

CONCLUSIONES

- ◇ El embalse Pasto Grande se encuentra en estado meso eutrófico, caracterizado por la concentración media de Fósforo total del orden de los 35 ug/l, 10.6 mg/m³ de clorofila y una transparencia media de 2.30 m.
- ◇ La carga interna total de Nitrato (N-NO₃) en la columna de agua se ha estimado en 5,837 kg y 400,000 kg, suficiente cantidad de nutrientes para mantener al cuerpo de agua en estado meso eutrófico.
- ◇ El nutriente limitante es el nitrógeno total, que asociado a la concentración de Fósforo total, es la causa principal que está generando la proliferación excesiva de algas verdes del grupo de las Chlorophyceas, representadas por el Chlorogonium sp., las cuales cada cierto tiempo causan graves problemas a la calidad del agua y al ecosistema.
- ◇ Una de las causas principales que ha afectado la calidad del agua del embalse Pasto Grande, es la escasa renovación de agua, 2.7 años, lo que origina que anualmente sólo se renueve alrededor del 44% (75.15 MMC/año) respecto al volumen ordinario de almacenamiento (159.87 MMC).
- ◇ La información disponible corresponde sólo a 2 campañas de monitoreo, la cual es insuficiente para aplicar un modelo biogeoquímico estándar o desarrollar un modelo apropiado para modelar el comportamiento del ciclo biogeoquímico del embalse Pasto Grande. Se requiere como mínimo datos históricos de un año y bajo la misma metodología de muestreo y en los 12 puntos ubicados en el embalse, 4 en los afluentes principales.
- ◇ La calidad del embalse Pasto Grande está determinada por la naturaleza de geoquímica de la cuenca de influencia, la cual genera aguas de drenaje ácido de roca (DAR),

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. César Zumarán Calderón
ING. AGRÍCOLA
CIP. 31565

24

CONSORCIO V-5

Ing. Alvaro Apacilla Navarrete
ING. AGRÍCOLA
CIP. 11823

Blga. Haydeé Alvarado Flores
BIÓLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carrillo
BIÓLOGO
CBP. 268

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55372

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castille
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

caracterizadas por aguas ácidas, que propicia de la disolución de metales; sin embargo no interfiere con determina la biogeoquímica interna del embalse; ya que la presencia de metales no tiene relación con el cambio del nivel trófico del embalse.

- ◇ El ciclo biogeoquímico a nivel del embalse Pasto Grande está gobernado principalmente por la presencia de Fósforo total, el cual participa en ciclo cerrado a nivel del ecosistema.
- ◇ La información respecto al parámetro básico como Nitrógeno total no permiten realizar una adecuada determinación del estado trófico del embalse Pasto Grande.
- ◇ En el ámbito de la cuenca del embalse Pasto Grande, no existen vertimientos de aguas domésticas y municipales y vertimientos industriales con altos contenido de materia orgánica, materiales oxidables y nutrientes, que estén causando la contaminación y eutrofización del cuerpo de agua.
- ◇ La información respecto a la concentración de materia orgánica, materia oxidable y PT, es inconsistente, así como la de metales pesados la cual no es representativa y de utilidad desde el punto de vista requerimientos de información para la aplicación o desarrollo de un modelo del ciclo biogeoquímico.
- ◇ El agua del embalse Pasto Grande es de tipo ácido, con un pH promedio del orden 5.09, donde la causa principal, es el aporte de aguas ácidas de los ríos Patara, Millojahura, Antajarane, cuyo volumen representa el 84.1% respecto al volumen anual total (92.68 MMC), cuyo pH promedio es de 4.3.
- ◇ No es posible realizar el modelamiento biogeoquímico del Sistema del Embalse Pasto Grande, ya que no se dispone de series históricas de calidad de agua (consistente) en términos de tiempo y espacio (horizontal y vertical).

RECOMENDACIONES

- ◇ Realizar el monitoreo sistemático de la calidad del agua con una frecuencia mensual de los parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos tanto a nivel del embalse como en los 4 ríos afluentes, esto con la finalidad de construir una adecuada serie histórica que permita realizar una adecuada evaluación de la calidad del agua y del estado trófico del ecosistema, así como para diseñar y validar el correspondiente modelamiento biogeoquímico.
- ◇ Realizar el monitoreo del gradiente térmica y de la oxiclina una vez al mes durante los 12 meses del año, y por lo menos durante 4 veces durante el día, en los meses de febrero julio y noviembre.
- ◇ Recomendar al equipo de calidad del agua, incluir en las recomendaciones, que se establezca una red de monitoreo de calidad de agua tanto en el embalse Pasto Grande, así como en los afluentes que aportan sus agua al citado cuerpo de agua. En el caso del embalse establecer una red de 12 puntos como mínimo.
- ◇ Que el monitoreo debe realizarse de manera mensual y durante un año. En el caso del embalse Pasto Grande deberá realizarse mediciones horizontal y verticalmente.

CONSORCIO V-5

Blga. Haydée Alvarado Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

Ing. Ricardo Apaella Nalvarte
ING. AGRICOLA
CIP 11823

CONSORCIO V-5

Dr. César L. Lizarazu Caffreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEOLOGO
CIP 5474

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP 4550

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Angélica Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 84763

CONSORCIO V-5

Ing. César Zumarán Calderón
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

- ◇ Recomendar al equipo de calidad del agua, incluir en las recomendaciones, que se establezca una red de monitoreo de calidad de agua tanto en el embalse Pasto Grande, así como en los afluentes que aportan sus agua al citado cuerpo de agua. En el caso del embalse establecer una red de 12 puntos como mínimo y 4 en los principales ríos afluentes.
- ◇ Con la finalidad de determinar con mayor precisión el volumen de sedimentos de tipo orgánico y su distribución espacial existentes en el fondo del embalse Pasto Grande, así como verificar la caracterización física, química y biológica es recomendable realizar un muestreo con un muestreador tipo "cilindro", a fin de obtener muestras no perturbadas del perfil de los sedimentos.
- ◇ Realizar una evaluación de la carga de sedimentos provenientes desde la cuenca y determinar la forma de deposición a nivel del embalse.
- ◇ Con la necesidad de determinar con mayor precisión los efectos de la mala calidad del agua del embalse Pasto Grande, se recomienda realizar bioensayos en sistemas controlados utilizando para ello la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha) en el momento que se detecte cambios en la coloración del agua. Se deberá de realizar los análisis físicos, químicos y biológicos necesarios.

Lima, 2012

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Ricardo Apaella Naivarte
ING. AGRICOLA
CIP. 11823

CONSORCIO V-5

.....
Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

CONSORCIO V-5

.....
Blga. Haydee Alvariano Flores
BIOLOGA
CBP. 2531

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Juan Quiroga Vite
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 55772

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 69858

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 8530

CONSORCIO V-5

.....
Ing. Martha Aránguren Carbajal
INGENIERA QUÍMICA
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

.....
Ing. César Zúñiga Carralero
ING. AGRICOLA
CIP. 31565

26



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



ANEXOS

TOMO N° 2

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, BIOLÓGICA HIDROBIOLÓGICA, MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE AFLUENTES DEL EMBALSE PASTO GRANDE

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

2012



Contrato N° 002-2012-GG-PERPG

Consortio



V-5