



Gobierno Regional de Moquegua  
Proyecto Especial Regional Pasto Grande



# TOMO N°3

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL SISTEMA 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



### Consorcio

### V-5

## TOMO N°3

00 145

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA - QUÍMICA –  
BIOLÓGICA- HIDROBIOLÓGICA - MICROBIOLÓGICA DE LAS  
AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE”**

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. MARCO LEGAL.....	2
IV. METODOLOGÍA DEL MONITOREO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE.....	10
4.1 PERIODO DE MONITOREO.....	10
4.2 METODOLOGÍA .....	10
4.3 NIVELES DE TRABAJO.....	10
4.4 CONSIDERACIONES GENERALES DEL MUESTREO.....	11
4.5 METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN, PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE .....	11
4.6 METODOLOGÍAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO.....	11
4.7 EQUIPOS Y MATERIALES.....	11
V. ESTACIONES DE CONTROL.....	12
<b>SECCIÓN A:.....</b>	<b>14</b>

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DEL  
EMBALSE PASTO GRANDE**

1. PERIODO DE EJECUCIÓN.....	14
2. PARÁMETROS DE CONTROL.....	14
3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA.....	15
3.1 SIGNIFICANCIA DE CALIDAD FÍSICA.....	15
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	16
4. FECHAS DE MONITOREO.....	16
5. CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE	

CONSORCIO V-5

Ing. Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

PASTO GRANDE.....	17
6. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE - PERFIL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL EN PERIODO DE LLUVIAS Y ESTIAJE.....	23
6.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	24
6.1.1 Calidad Física en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2 .....	24
6.1.2 Nitratos en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2.....	26
6.1.3 Metales Principales en Aguas del Embalse Pasto Grande – Perfil Longitudinal–1 y 2:.....	27
6.1.4 Transparencia en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2:.....	29
6.1.5 Evaluación de Sedimentos del Embalse Pasto Grande.....	31
7. AGUAS A LA SALIDA DEL EMBALSE PASTO GRANDE.....	75
7.1 Variación Histórica en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande.....	75
8. CONCLUSIONES.....	79
9. RECOMENDACIONES.....	80

#### ANEXOS

Nº1: INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO ENVIROLAB PERU SAC

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 2528

CONSORCIO V-5

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

**TOMO N°3****“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA - QUÍMICA –  
BIOLÓGICA- HIDROBIOLÓGICA - MICROBIOLÓGICA DE LAS  
AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE”****I. INTRODUCCIÓN**

El Embalse Pasto Grande, representa para la Región Moquegua, la fuente de agua que abastece a la población en sus diferentes necesidades, domésticas y económicas, y juega un rol muy importante en la protección del ecosistema de la zona, en el cuidado de la flora, fauna natural y del paisaje del ecosistema de la zona.

La alteración de la calidad actual de las aguas del embalse, obedece a la calidad deteriorada de sus principales afluentes aportantes con contaminación de tipo natural como de origen antropogénica.

El impacto negativo producido en las aguas del embalse, generaron gran mortandad de especies de alevinos de truchas y de especies hidrobiológicas, constituyendo un problema serio de afectación de tipo local y regional, por la presencia de compuestos químicos de origen natural y antrópico, así como de microorganismos no deseados. Estas alteraciones implican para el presente Estudio, desde un reconocimiento de la alteración de la calidad de las aguas hasta un proceso de recuperación.

Como es de conocimiento, la caracterización de la calidad de las aguas se realiza mediante un programa de monitoreo en puntos representativos que ayudan a la identificación de la problemática existente de las aguas que se encuentran en el embalse Pasto Grande. El estudio realizado en esta parte del proyecto, se basa en metodologías normadas a nivel nacional para el aseguramiento y confiabilidad de la calidad de los resultados.

El procedimiento de la toma de muestras y mediciones de calidad in situ, se realiza según Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial (R.D N° 182-2011-ANA). Los ensayos físicos y químicos se realizan en un laboratorio acreditado según Norma ISO/IEC 17025 y registrado por el INDECOPI a nivel nacional.

La caracterización de las aguas del embalse Pasto Grande, es parte de un Programa de Monitoreo General del Sistema Pasto Grande, que incluye desde los afluentes principales, el embalse mismo y la descarga de las aguas para los múltiples usos de la población. Se efectúa en dos periodos estacionales, durante el periodo de lluvias también llamado periodo de avenidas y el periodo de estiaje o de ausencia de lluvias, en un total de 48 estaciones, con ubicaciones en toda la extensión longitudinal del embalse.

En la presente caracterización en la zona de embalse, se incluye adicionalmente la evaluación de los sedimentos depositados desde la etapa de su llenado.

Los resultados de los ensayos de calidad, son evaluados con el Control de Calidad a nivel de gabinete, mediante expresiones de balances iónicos, así como la caracterización de las aguas se evalúan con índices que caracterizan los tipos de aguas analizadas. En el presente volumen, se desarrolla la caracterización física, química y biológica de las aguas correspondientes al Embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5



Ing. Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5



Ing. Martha Aramburen Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

1

## II. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la calidad física, química, biológica, hidrobiológica y microbiológica de las aguas que se encuentran en el Embalse Pasto Grande, a fin de evaluar el cumplimiento a la normatividad vigente según los Estándares Nacionales de la Calidad del Agua, aguas que son utilizadas por la población de Moquegua en el consumo humano y actividades económicas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◇ Ubicar las estaciones de control propuestas en el Programa de Monitoreo y actualizar su ubicación con datos georeferenciados.
- ◇ Efectuar tomas de muestras de aguas del Embalse Pasto Grande, con mediciones de calidad física In Situ, bajo el procedimiento que indica la normatividad vigente.
- ◇ Efectuar tomas de muestras de sedimentos del Embalse Pasto Grande, con mediciones de calidad física In Situ, bajo el procedimiento que indica la normatividad vigente.
- ◇ Efectuar mediciones de calidad física a diferentes profundidades del embalse, en el momento de las tomas de muestras de aguas del Embalse Pasto Grande, con mediciones de calidad física In Situ, bajo el procedimiento que indica el Programa de Monitoreo.
- ◇ Efectuar el procedimiento de conservación y transporte de las muestras a los Laboratorios para la ejecución de los ensayos propuestos en el Programa de Monitoreo del actual Estudio.
- ◇ Ejecución por los laboratorios seleccionados de los parámetros solicitados para la caracterización de las aguas y sedimentos.
- ◇ Efectuar la caracterización de las aguas del Embalse Pasto Grande.
- ◇ Evaluar los niveles de contaminación metálica existente en los sedimentos del Embalse Pasto Grande.

## III. MARCO LEGAL

Las aguas superficiales del Embalse Pasto Grande serán referenciadas a los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECA) Categoría 4, para cursos de aguas y clasificadas de acuerdo al uso previsto.

Para referenciar la calidad de las aguas se cumplirá con evaluar según la Regulación vigente, según las categorías de uso: Categoría 1: Aguas de Uso Poblacional y Recreacional, valores a ser utilizados cuando se comparen con los resultados de la calidad física y química de las aguas que se usan en las plantas de tratamiento de agua potable. Categoría 2: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, valores a ser utilizados cuando se comparen los resultados de la calidad física y química de las aguas del embalse, cuando estas están siendo utilizadas para aguas de riego y de bebida de animales. Categoría 3: Conservación Del Medio Acuático, valores a ser utilizados cuando se comparen los resultados de la calidad física y química de las aguas del embalse.

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

CONSORCIO V-5

Ing. Lurtha Aradguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34783

**TABLA N°1**  
**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (ECA)**  
**D.S. 002-2008-MINAM**

**Categoría 1: Agua de uso Poblacional y Recreacional**

PARAMETRO	unidad	Aguas destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas a la recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1.00	1.00	Ausencia de película visible	""
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.022	0.022	0.022	0.022
Cianuro Wad	mg/L	0.08	0.08	0.08	0.08	""
Cloruros	mg/L	250	250	250	"	"
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Conductividad	uS/cm	1500	1600	**	**	**
DBO5	mg/L	3	5	10	5	10
DQO	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.5	na	0.5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0.003	0.01	0.1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L	0.1	0.15	0.15	**	**
Materiales Flotantes	mg/L	Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno Amoniacal	mg/L N	1.5	2	3.7	**	**
Olor	mg/L		aceptable		aceptable	
Oxígeno disuelto	mg/L	>=6	>=5	>=4	>=5	>=4
pH	Unidades de pH	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6-9 (2.5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0.05	**	**	0.05	**
Turbiedad	N.T.U.	5	100	**	100	**
<b>INORGANICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	**
Antimonio	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	**
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.01	**

PARAMETRO	unidad	Aguas destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas a la recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	0.7	**
Berilio	mg/L	0.004	0.04	0.04	0.04	**
Boro	mg/L	0.5	0.5	0.75	0.5	**
Cadmio	mg/L	0.003	0.003	0.01	0.01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	**
Cromo VI	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	**
Hierro	mg/L	0.3	1	1	0.3	**
Manganeso	mg/L	0.1	0.4	0.5	0.1	**
Mercurio	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.001	**
Níquel	mg/L	0.02	0.025	0.025	0.02	**
Plata	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	0.05
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	**
Selenio	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	**
Uranio	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGANICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	mg/l	0.05	0.2	0.2		
Trihalometanos	mg/l	0.1	0.1	0.1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)</b>						
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/l	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/l	0.03	0.03	**	**	**
1,2 Dicloroetano -107-06-2	mg/l	0.03	0.03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/l	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/l	0.006	0.006	**	**	**
Tetracloroetano -127-18-4	mg/l	0.04	0.04	**	**	**
Tetracloruro de carbono -56-23-5	mg/l	0.002	0.002	**	**	**
Tricloroetano-79-01-6	mg/l	0.07	0.07	**	**	**
<b>BTX</b>						
Benceno -71-43-2	mg/l	0.01	0.01	**	**	**

## Tomo 3: CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA EN AGUAS Y SEDIMENTOS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

PARAMETRO	unidad	Aguas destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas a la recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Etilbenceno – 100-41-4	mg/l	0.3	0.3	**	**	**
Tolueno –108-88-3	mg/l	0.7	0.7	**	**	**
Xilenos – 1330-20-7	mg/l	0.5	0.5	**	**	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno -- 50-32-8	mg/l	0.0007	0.0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/l	0.009	0.009	**	**	**
Triclorobenceno (Totales)	mg/l	0.02	0.02	**	**	**
<b>Plaguicidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/l	0.0001	0.0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)</b>						
Aldrin - 309-00-2	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin - 60-57-1	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfan	mg/l	0.000056	0.000056		**	**
Endrin	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro –76-44-8	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/l	0.00003	0.00003		**	**
Lindano	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales</b>						
(PCBs)	mg/l	0.000001	0.000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44.5°C)	NMP/100 ml	0	2 000	20 000	200	1 000

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 8530

CONSORCIO V-6

Ing. Izetha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

PARAMETRO	unidad	Aguas destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas a la recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 ml	0	0		200	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
Giardia duodenalis	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
Vibrio Cholerae	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

NMP/100ML: Número mas probable en 100 ml

\* Contaminación Orgánica Persistente (COP)

\*\* Se entenderá que para esta categoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

**TABLA N° 02**  
**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (ECA)**  
**D.S. 002-2008-MINAM**  
**Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales**

PARAMETROS	UNIDAD	CATEGORÍA 3	
		PARAMETRO PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO	BEBIDAS DE ANIMALES
pH	unidad	6.5-8.4	6.5-8.4
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	2.000	5.000
Oxígeno Disuelto	mg/L	$\geq 4$	$\geq 5$
Bicarbonatos	mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$	370	--
Carbonatos	mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$	5	--
Cloruros	mg/L	100-700	--
Fluoruros	mg/L	1	2
Sulfatos	mg/L	300	500
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05
Cianuro WAD	mg/L	0,1	0,1
N-Nitratos	mg/L	10	50

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal  
 INGENIERA QUÍMICA  
 CIP. 34763

PARAMETROS	UNIDAD	CATEGORÍA 3	
		PARÁMETRO PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO	BEBIDAS DE ANIMALES
N-Nitrito	mg/L	0,06	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	40	40
MEH	mg/L	1	1
Fenoles	mg/L	0,001	0,001
SAAM	mg/L	1	1
Coliformes Totales	NMP/100 mL	5.000	5.000
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1.000	1.000
Escherichia coli	NMP/100 mL	100	--
Enterococos fecales	NMP/100 mL	20	--
Salmonella	Presencia/100 mL	Ausencia	--
Vibrio cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	--
Huevos de helmintos	Huevos/Litro	<1	--
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,05	0,1
Bario	mg/L	0,7	--
Berilio	mg/L	--	0,1
Boro	mg/L	6	5
Cadmio	mg/L	0,005	0,01
Calcio	mg/L	200	--
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cromo	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	1	1
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	150	150
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
Níquel	mg/L	0,2	0,2
Plata	mg/L	0,05	0,05
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,05	0,05
Sodio	mg/L	200	--
Zinc	mg/L	2	24

CONSORCIO V-5



Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5



Ing. Martha Arángel Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**TABLA N° 03**  
**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (ECA)**  
**D.S. 002-2008-MINAM**

**Categoría 4: Conservación Del Medio Acuático**

PARÁMETROS	Unidades	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas		Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0.02	0.02	0.05	0.05	0.08
Temperatura	° Celsius					
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	mg/L	6.5-8.5	6.5-8.5		6.8-8.5	6.8-8.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25 100	30,000
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	-----
Cadmio	mg/L	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
Cianuro Libre	mg/L	0.022	0.022	0.022	0.022	-----
Clorofila A	mg/L	10	-----	-----	-----	-----
Cobre	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.05	0.06
Cromo VI	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fenoles	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	-----
Fosfato Total	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.5	0.031-0.093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	mg/L	Ausente				
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.001	0.001	0.001
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	5	10	10	10	0.07 - 0.28
Nitrógeno Total	mg/L	1.6	1.6	1.6	-----	-----
Níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.002	0.0082
Plomo	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.0081	0.0081
Silicatos	mg/L	-----	-----	-----	-----	0.14-0.7
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S indisociable)	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.06
Zinc	mg/L	0.03	0.03	0.3	0.03	0.081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml (*)	1000	2000		1000	≤30
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2000	3000		2000	

(\*): NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

Ing. Martha Aránguén Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE**

Según la Resolución Jefatural N°202-2010-ANA de Clasificación de los Cuerpos de Agua Superficiales y Marinos Costeros, clasifica al Embalse Pasto Grande como: Categoría 4, Clase Especial, con Código De Cuenca N°1318, Cuenca a la que Pertenece el Recurso: Tambo mostrado seguidamente en la Tabla N°4

**Tabla N°4**  
**Clasificación de los Cuerpos de Agua Superficiales y Marinos Costeros**  
**R.J. N°202-2010-ANA**

**ANEXO N° 1** 2

Código de Rec. (C.R.)	Cuerpo de Agua	Categoría	Clase	Código de Cuenca	Cuenca a la que Pertenece el Recurso
13951	Manglares o Esteros	Categoría 4	Clase Especial	1395	Zarumilla
13819	Represa Poschos	Categoría 3	Clase 3	138	Chira
13818	Represa San Lorenzo	Categoría 3	Clase 3	138	Chira
137763	Represa Tinajones	Categoría 3	Clase 3	13776	Chancay-Lambayeque
137741	Represa Gallito Ciego	Categoría 3	Clase 3	13774	Jequetepeque
13769	Laguna Conococha	Categoría 4	Clase Especial	1376	Santa
137569	Laguna Paton	Categoría 4	Clase Especial	13756	Huaura
137568	Laguna Tinyag	Categoría 4	Clase Especial	13756	Huaura
1375548	Laguna Ticlicocha	Categoría 4	Clase Especial	137554	Rimac
1375539	Pantanos de Villa	Categoría 4	Clase Especial	137563	Rimac
137526	Laguna San Francisco	Categoría 4	Clase Especial	13762	Pisco
13188	Laguna Pasto Grande	Categoría 4	Clase Especial	1318	Tambo
49891	Laguna Pomacocha	Categoría 4	Clase Especial	4989	Ucubamba
498999-1 *	Laguna Caballococha	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
498999-2 *	Laguna Tinquicocha	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
498999-3 *	Laguna Lauricocha	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
498993-1 *	Laguna Blanca	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
498993-2 *	Laguna Pias	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
49898	Laguna Sausacocha	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
498996	Laguna Shahuana	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
49899	Laguna Santa Ana	Categoría 4	Clase Especial	4989	Alto Marañón
49969	Laguna Paca	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499696-1 *	Laguna Huascacocha	Categoría 3	Clase 3	4996	Mantaro
499691	Laguna Huacracocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499694	Laguna San Antonio	Categoría 1-A1	Clase 1	4996	Mantaro
49967	Laguna Uacsacocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499696-2 *	Laguna Naticocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499696-3 *	Laguna Yanamachay	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499696-4 *	Laguna Quimacocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499696-5 *	Laguna Huaroncocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
499699	Lago Junín o laguna Chinchaycocha	Categoría 4	Clase Especial	4996	Mantaro
46643	Lago Valencia	Categoría 4	Clase Especial	4664	Madre de Dios
01	Lago Titicaca	Categoría 4	Clase Especial	01	Titicaca

La presente clasificación sirve para correlacionar los valores de calidad establecidos en los ECAS Categoría 4, en el cumplimiento y protección de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande.

#### IV. METODOLOGÍA DEL MONITOREO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

##### 4.1 PERIODO DE MONITOREO

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.

##### 4.2 METODOLOGÍA

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.
- ◇ 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.

##### 4.3 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.

###### 4.3.1 CAMPO

Donde se procede a:

- ◇ Reconocimiento de la problemática.
- ◇ Inspección y reconocimiento de las estaciones de Control y/o Muestreo.
- ◇ Acondicionamiento de los puntos de muestreo.
- ◇ Ejecución del Programa de Muestreo.
- ◇ Mediciones de calidad in situ de las aguas.
- ◇ Toma de muestras, preservación y transporte de muestras.

###### 4.3.2 A NIVEL DE LABORATORIO

- ◇ Ejecución de Ensayos Físicos de las aguas y sedimentos.

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguen Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 94763

- ◇ Ejecución de Ensayos Químicos de las aguas y sedimentos.

#### 4.3.3 A NIVEL DE GABINETE

- ◇ Evaluación de resultados
- ◇ Diagnóstico de la calidad de aguas
- ◇ Elaboración de Informes

#### 4.4 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

#### 4.5 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.

#### 4.6 METODOLOGÍAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Se procederá a indicar y/o supervisar la relación de ensayos y métodos certificados a utilizarse en los laboratorios certificados ante INDECOPI, tales como Envirolab Perú S.A.C. e ICMA S.A.

#### 4.7 EQUIPOS Y MATERIALES

Se presenta seguidamente la relación de material básico utilizado en la tomas, preservación y transporte de muestras.

**Cuadro N°1**  
**Relación de Equipos y Materiales de Campo**

EQUIPOS Y MATERIALES	
Brazo telescópico muestreador	Tablero de campo (3)
Draga p/ muestrear sedimentos (1) (c)	Botas Musleras (para el personal de campo)
Turbidímetro	Lupa (1)
pHmetro	Botiquín de emergencia p/campo (2)
Medidor de Oxígeno Disuelto	Frascos de plástico de 120 ml, boca ancha/tapa rosca (12)
Conductímetro	Papel tissue (2 cajas) (l)
Conos Imhoff	Plumones punta fina tinta indeleble (6) (c)
Multiparámetro pH, OD, CE, T° (l)	Chaleco salvavidas (4) (c)
Frascos extras para muestras determinadas in situ.	Pabito 1 ovillo) (c)
<b>Sustancias preservantes:</b>	Frascos de plástico boca angosta tapa rosca de 100 ml (12) (c)
Ácido Nítrico conc., p.a. 250 ml	Cronometro
Ácido sulfúrico conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , p.a.250 ml	Bomba de vacío 01
Hidróxido de sodio p.a. NaOH, 1+1 HNO <sub>3</sub> . (lentejas 250 gr	
Ácido clorhídrico conc., HCL p.a.250 ml	

EQUIPOS Y MATERIALES	
Acetato de zinc 2N/100mL,	Papel filtro de 0.45 micras de diámetro de poro.
Gotero	Plumones punta fina tinta indeleble (6) ( l)
Coolers grandes.	Almohadilla refrigerantes
Hielo	Etiquetas adhesivas (laboratorio contratado)
Balde plástico transparente de 5 l de capacidad (3) (l)	Envases de plástico de 1.0 litro, doble tapa, boca ancha 500
Muestreador mango largo o extensible ( l)	Envase de plástico de 0.5 litro, doble tapa, boca ancha.100
Muestreador de profundidad (l)	Frasco de vidrio sin color de 1 litro 100
guantes quirúrgicos talla 7: (24 pares) ( l)	Frasco de vidrio color ámbar de 0.5 lit 100
guantes quirúrgicos talla 7: (24 pares) ( l)	Cooler (disponibles) 15
guantes quirúrgicos talla 7: 1/2-8 (24 pares) (l)	Refrigerantes bolsas 60
soguilla de nylon: 50 m ( l)	Balde de plástico de 1 galón 02
arnés (1) (l)	Soga de nylon de 15 m 01
línea de vida (1) (l)	Cinta de embalaje transparente s/ color, 2 pulg de ancho 50
agua destilada (l)	Plumones de tinta indeleble punta fina color rojo y azul 06
pizetas de plástico (3) (l)	
cinta maskingtape de 1": 1 rollo ( l)	
bolsas plástico de 2 kg(100) ( l)	
bolsas plástico de 1 kg (100) ( l)	

**V. ESTACIONES DE CONTROL**

Las estaciones de control fueron las establecidas en los Términos de Referencia (TdR), procediendo a su ubicación según la leyenda establecida, registrándose con datos georeferenciados, datos que se muestran en el Cuadro N°2.

En cada estación de control se tomaron muestras de aguas e hidrobiológicas, representativas de los cursos superficiales, Se incluye en la toma de muestras, los sedimentos en algunos afluentes y adicionalmente manantiales de incidencia en las calidades de los ríos.

Se contabilizó un total de 38 muestras de agua y 12 de sedimentos.

Seguidamente se presentan las estaciones de control donde se realizó la toma de muestras de aguas.

Seguidamente se presentan las estaciones de control donde se realizó la toma de muestras de aguas, hidrobiológicas y de sedimentos

**Cuadro N°2  
ESTACIONES DE MUESTREO EN EL EMBALSE PASTO GRANDE**

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-48 (S)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-48 (M)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-48 (F)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-49 (S)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-49 (M)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-49 (F)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-50 (S)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457

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

CONSORCIO V-5  
  
Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34783

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-50 (M)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457
E-50 (F)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457
E-51 (S)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-51 (M)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-51 (F)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-52 (S)	Frente al Río Millojahura.	0372265	8154004
E-52 (M)	Frente al Río Millojahura.	0372265	8154004
E-52 (F)	Frente al Río Millojahura.	0372265	8154004
E-53 (S)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-53 (M)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-53 (F)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-54 (S)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-54 (M)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-54 (F)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-55 (S)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-55 (M)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-55 (F)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-56 (S)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-56 (M)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-56 (F)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-57 (S)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949
E-57 (M)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949
E-57 (F)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949
E-58 (S)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-58 (M)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-58 (F)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-59 (S)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-59 (M)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-59 (F)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-60	Salida de Embalse Pasto Grande.	0368863	8150747

CONSORCIO V-5

Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguera Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**SECCIÓN A:****CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DEL EMBALSE PASTO GRANDE****1. PERIODO DE EJECUCIÓN**

Periodo de I Monitoreo: Abril – Mayo 2012

Periodo de II Monitoreo: Julio - Agosto 2012

**2. PARÁMETROS DE CONTROL**

En la caracterización 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.

**Cuadro N°A-1**  
**Parámetros Físicos Y Químicos Para La Caracterización De Las Aguas.**

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	
pH	Aluminio
Temperatura	Arsénico
Turbiedad	Boro
Conductividad Especifica	Bario
Color verdadero	Berilio
Oxígeno Disuelto	Bismuto
Sólidos Totales Disueltos	Calcio
Dureza Total	Cadmio
Cloruros	Cobalto
Sulfatos	Cromo
Fosforo Total	Cromo + 6
N-Nitratos	Cobre
Fluoruros	Hierro
Sulfuro	Potasio
Cianuro Total	Litio
Cianuro wad	Magnesio
DBO	Manganeso
DQO	Molibdeno
Sílice	Sodio
Transparencia	Níquel
Cloroformo	Fósforo
Bromodichlorometano	Plomo
Dibromoclorometano	Antimonio
Bromoformo	Selenio
N - Amoniacal	Silicio
Vanadio	Estaño

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	
Zinc	Estroncio
Plata	Titanio
Mercurio	Talio
-----	Oro

### 3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA

Los resultados de la calidad física y química informados por el Laboratorio de Envirolab Perú, incluyen los datos medidos en campo, tales como: pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en las aguas tomadas de los afluentes principales del Embalse, del mismo Embalse y de la descarga aguas abajo.

#### 3.1 SIGNIFICANCIA DE CALIDAD FÍSICA

La medición de la calidad física in situ de las aguas, permite identificar rápidamente la probable calidad y el posible potencial de contaminación de las aguas. Seguidamente se describe brevemente la significancia de los parámetros de calidad física medida en campo:

- **pH**

Parámetro de medición rápida que expresa el tipo de agua en función a sus iones hidronio presentes, puede ser ácida a partir de valores menores a un pH de 7 unidades estándar (u.e.) o alcalina a partir de valores mayores a un pH de 7.00 u.e., denominándose aguas ácidas de propiedades corrosivas o alcalinas de propiedades incrustantes, respectivamente.

- **Temperatura**

De acuerdo a los periodos estacionales, el periodo estacional de lluvias y de estiaje, son caracterizados por temperaturas bajas por la altura (msnm) donde se ubica la zona de estudio del Embalse Pasto Grande. Se considera que la temperatura debe disminuir por efecto climático con respecto al periodo de estiaje, parámetro que influye notablemente en la vida acuática del Embalse por la relación directa proporcional con el oxígeno disuelto en las aguas.

- **Conductividad eléctrica**

Parámetro que indica el paso de la corriente eléctrica a través de la cantidad de sales disueltas presentes en el agua; la conductividad eléctrica se correlaciona directamente proporcional al contenido de sales disueltas.

- **Oxígeno disuelto**

El nivel de oxígeno en las aguas es un indicador del grado de contaminación, la mayor concentración de oxígeno disuelto favorece la vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. La calificación de las aguas en función al nivel del oxígeno disuelto es:

**Tabla N°A-1**  
**Calificación de Calidad de Aguas & Oxígeno Disuelto**

Nivel de Oxígeno disuelto (mg/L)	Calidad de agua
0.0 a 4.0	Mala
4.1 a 7.9	Aceptable
8.0 a 12.0	Buena
12.0 a más	Sobresaturada

- Dureza del agua**

La dureza de las aguas indican la cantidad de sales carbonatas estables presentes en las aguas, que contiene la sumatoria de la dureza cálcica y la dureza magnésica. Se puede expresar en forma conjunta como carbonato de calcio. Los niveles de durezas varían de acuerdo a su procedencia, caso de aguas de lluvias son aguas blandas con valores menores de 15 mg/L y se consideran blandas hasta niveles de 50 mg/L, o en el caso de moderadamente blandas a riachuelos que recorren suelos limpios libres de cacitas o dolomitas. Generalmente las aguas de pozo varían entre 200 a 1000 mg/L, considerándose desde ligeramente duras hasta muy duras, valores que limitan el uso de sus aguas. El problema de elevado contenido de dureza en las aguas es por las incrustaciones (sarro) que pueda presentarse en su uso.

**Tabla N°A-2**  
**Calificación de Calidad de Aguas & Dureza Total**

Clasificación de Tipos de Aguas	Dureza Total (expresado como Carbonato de Calcio) mg/L
Blanda	0 – 50
Moderadamente blanda	50 – 100
Ligeramente dura	100 – 200
Moderadamente dura	200 – 300
Dura	300- 450
Muy dura	>450

### 3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para un mejor Diagnostico de la calidad de las aguas del embalse Pasto Grande, en base a los ensayos y/o análisis y evaluación de los resultados emitidos por el laboratorio, se realizan 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 o significancia en las aguas, tales como: hierro, arsénico y aluminio, entre otros, que ayudan a la evaluación espacial de la calidad del agua, visualizando el nivel de concentración y/o contaminación o incremento en el tiempo.

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 del embalse Pasto Grande, se evalúa teniendo como referencia los lineamientos establecidos en el DS N°002-2008 MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" Categoría 4 (Conservación del medio acuático, lagunas y lagos).

#### 4. FECHAS DE MONITOREO

Se muestran las fechas de ejecución de la toma de muestras en los cuadros de calidad física y química para los dos periodos estacionales.

#### 5. CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

En el presente capítulo se evalúa la calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande, desde la zona de descarga de los afluentes hasta la descarga, con la interpretación de 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 2012, tal como se describe en el cuadro correspondiente.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 3330

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**Cuadro N°A-2 CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE**

**CUADRO N° A-2**

**PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS EN AGUAS EN PERFIL LONGITUDINAL 1 Y PERFIL LONGITUDINAL 2 – PERIODO DE AVENIDAS**

ESTACIÓN	Fecha de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Nitrato	Sulfuros	Silice	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo Hexavalente	Cobre Total	Hierro Total	Magnesio Total	Manganeso Total
		u.e.	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/L	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/L	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ECA: Categoría 3	Riego / Bebida animales	6.5-8.5	---	>=4	1/-	10 /50	0.05/0.05	---	5/5	0.05/0.1	0.7/-	0.005/0.01	0.1/1	0.2/0.5	1/1	150/150	0.2/0.2
ECA: Categoría 4	Lagos/ Rios Costa y Sierra	6.5-8.5	---	>=5	0.5	10	---	---	---	0.01/0.05	0.7/0.7	0.004/0.004	0.05/0.05	0.02/0.02	---	---	---
E-48 (S)	10/05/2012	4.1	9	6.6	0.105	0.10	N.D.	30.9	3.010	N.D.	0.046	0.002	N.D.	0.016	1.262	4.072	1.046
E-48 (M)	10/05/2012	3.6	8	6.6	0.039	0.18	N.D.	38.7	6.675	N.D.	0.043	0.002	N.D.	0.015	1.752	4.966	1.034
E-48 (F)	10/05/2012	3.7	8	6.2	0.041	0.20	N.D.	34.9	4.714	N.D.	0.044	0.002	N.D.	0.016	2.655	4.123	0.974
E-49 (S)	09/05/2012	5.3	14	6.4	0.043	0.27	N.D.	24.0	2.553	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.015	0.653	4.361	1.141
E-49 (M)	09/05/2012	5.2	14	6.3	0.025	0.14	N.D.	24.2	2.326	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.021	0.589	4.338	1.141
E-49 (F)	09/05/2012	5.2	13	6.3	0.019	0.62	N.D.	24.0	2.838	N.D.	0.054	0.002	N.D.	0.017	0.859	4.415	1.135
E-50 (S)	09/05/2012	6.0	12	6.5	N.D.	0.21	N.D.	25.4	1.215	N.D.	0.058	0.002	N.D.	0.010	0.336	4.239	1.052
E-50 (M)	09/05/2012	5.5	12	6.3	N.D.	0.7	N.D.	25.50	1.213	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.009	0.341	4.264	1.069
E-50 (F)	09/05/2012	5.6	12	6.2	N.D.	0.30	N.D.	24.2	1.235	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.011	0.346	4.251	1.064
E-51 (S)	09/05/2012	5.2	10	6.0	0.011	0.19	N.D.	25.5	1.976	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.010	0.520	4.723	1.196
E-51 (M)	09/05/2012	5.2	10	6.0	0.013	0.14	N.D.	24.1	1.831	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.011	0.523	4.175	1.106
E-51 (F)	09/05/2012	5.2	10	6.0	0.011	0.34	N.D.	24.3	1.976	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.010	0.514	4.715	1.203
E-52 (S)	10/05/2012	4.5	12	6.0	N.D.	0.18	N.D.	24.2	1.905	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.012	0.617	4.488	1.169
E-52 (M)	10/05/2012	4.4	11	6.0	0.020	0.13	N.D.	25.9	1.785	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.012	0.887	3.754	1.022
E-52 (F)	10/05/2012	4.2	10	6.0	0.042	0.16	N.D.	26.5	1.877	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.013	1.057	3.731	1.008
E-53 (S)	09/05/2012	6.3	11	6.3	0.049	0.08	N.D.	23.7	0.166	N.D.	0.021	N.D.	N.D.	0.006	0.397	3.568	0.204

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Paz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 12340

Ing. Fartha Angoreen Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

CUADRO N° A-2  
PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS EN AGUAS EN PERFIL LONGITUDINAL 1 Y PERFIL LONGITUDINAL 2 - PERIODO DE AVENIDAS

ESTACIÓN	Fecha de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Nitrito	Sulfuros	Silice	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo Hexavalente	Cobre Total	Hierro Total	Magnesio Total	Manganeso Total
E-53 (M)	09/05/2012	6.3	11	6.2	0.028	0.19	N.D.	25.1	0.143	N.D.	0.024	N.D.	N.D.	0.004	0.371	4.135	0.216
E-53 (F)	09/05/2012	6.3	11	6.1	0.043	0.16	N.D.	23.3	0.149	N.D.	0.022	N.D.	N.D.	0.004	0.403	3.664	0.202
E-54 (S)	09/05/2012	6.2	13	6.5	0.037	0.15	N.D.	24.3	0.997	N.D.	0.048	0.001	N.D.	0.007	0.409	4.730	1.067
E-54 (M)	09/05/2012	6.0	12	6.2	0.010	0.17	N.D.	22.2	1.011	N.D.	0.051	0.001	N.D.	0.007	0.387	4.738	1.071
E-54 (F)	09/05/2012	5.8	12	5.9	N.D.	0.13	N.D.	24.4	0.928	N.D.	0.046	0.001	N.D.	0.008	0.413	4.107	0.968
E-55 (S)	09/05/2012	5.6	13	6.2	N.D.	0.08	N.D.	25.0	1.595	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.012	0.440	4.285	1.106
E-55 (M)	09/05/2012	5.7	13	6.1	N.D.	0.13	N.D.	24.4	1.725	N.D.	0.051	0.002	N.D.	0.013	0.438	4.872	1.197
E-55 (F)	09/05/2012	5.6	13	6.0	N.D.	0.29	N.D.	24.1	1.943	N.D.	0.059	0.002	N.D.	0.012	0.498	5.355	1.317
E-56 (S)	10/05/2012	4.4	9	6.8	0.053	0.15	N.D.	26.0	1.870	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.012	0.581	4.669	1.234
E-56 (M)	10/05/2012	4.4	9	6.5	N.D.	0.14	N.D.	27.3	1.865	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.013	0.601	4.647	1.234
E-56 (F)	10/05/2012	4.5	8	6.4	0.059	0.11	N.D.	25.6	1.879	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.012	0.582	4.624	1.221
E-57 (S)	10/05/2012	4.8	11	6.8	N.D.	0.11	N.D.	26.1	1.704	N.D.	0.054	0.002	N.D.	0.012	0.532	4.623	1.222
E-57 (M)	10/05/2012	4.5	11	6.0	N.D.	0.16	N.D.	25.4	1.680	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.012	0.531	4.571	1.209
E-57 (F)	10/05/2012	4.4	10	6.0	N.D.	42.3	N.D.	24.9	1.646	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.011	0.533	4.527	1.193
E-58 (S)	09/05/2012	5.2	13	6.3	N.D.	0.25	N.D.	25.3	1.661	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.013	0.452	4.310	1.122
E-58 (M)	09/05/2012	5.1	13	6.2	0.010	0.24	N.D.	25.1	1.666	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.011	0.435	4.335	1.129
E-58 (F)	09/05/2012	5.2	13	5.8	N.D.	0.12	N.D.	25.1	1.838	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.032	0.450	4.330	1.119
E-59 (S)	10/05/2012	4.6	11	6.5	N.D.	0.10	N.D.	26.2	1.692	N.D.	0.047	0.002	N.D.	0.012	0.661	3.890	1.076
E-59 (M)	10/05/2012	4.8	9	6.2	N.D.	0.14	N.D.	27.1	1.866	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.012	0.572	4.622	1.214
E-59 (F)	10/05/2012	4.5	8	6.2	N.D.	0.37	N.D.	25.7	1.873	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.013	0.614	4.576	1.202

Fuente: Envirolab Pent

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

Ing. V. María Nuñez

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

Cuadro N° A-3  
Resumen de Parámetros Físicos Químicos del Perfil Longitudinal 1 y Perfil Longitudinal 2 – Periodo de Época de Estiaje

ESTACION	Fecha de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Nitrato	Sulfuros	Silice (SiO <sub>2</sub> )	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo Hexavalente	Cobre Total	Hierro Total	Magnesio Total	Manganeso Total
ECA: Categoría 3	Riego / Bebida animales	6.5- 8.5	—	>=4	1/-	10 /50	0.05/0.05	—	5/5	0.05/ 0.1	0.7/-	0.005/0.01	0.1/ 1	0.2/ 0.5	1/ 1	150/ 150	0.2/ 0.2
ECA: Categoría 4	Lagos/ Rios Costa y Sierra	6.5- 8.5	—	≥5	0.5	10	—	—	—	0.01/ 0.05	0.7/ 0.7	0.004/ 0.004	0.05/ 0.05	0.02/ 0.02	—	—	—
E-48 (S)	08/07/2012	4.7	5	5.2	N.D.	0.11	N.D.	30.0	2.644	N.D.	0.046	0.002	N.D.	0.013	0.719	4.626	0.876
E-48 (M)	08/07/2012	4.4	4	5.0	N.D.	0.14	N.D.	35.0	6.581	N.D.	0.042	0.001	N.D.	0.011	0.701	4.803	0.790
E-48 (F)	08/07/2012	4.2	3	5.0	N.D.	0.15	N.D.	41.1	9.827	N.D.	0.039	0.002	N.D.	0.010	4.832	5.324	0.756
E-49 (S)	07/07/2012	4.1	4	5.4	N.D.	0.13	N.D.	28.6	3.208	N.D.	0.047	0.002	N.D.	0.014	0.849	4.849	0.890
E-49 (M)	07/07/2012	4.1	3	5.1	N.D.	0.10	N.D.	28.6	3.219	N.D.	0.046	0.001	N.D.	0.015	0.848	4.793	0.879
E-49 (F)	07/07/2012	4.6	3	4.9	N.D.	0.11	N.D.	29.3	3.178	N.D.	0.045	0.002	N.D.	0.014	0.904	4.799	0.882
E-50 (S)	07/07/2012	4.2	5	5.2	N.D.	0.10	N.D.	28.2	2.812	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.014	0.780	4.806	0.902
E-50 (M)	07/07/2012	4.1	5.3	5.0	N.D.	0.11	N.D.	27.50	3.169	N.D.	0.051	0.002	N.D.	0.014	0.807	4.839	0.996
E-50 (F)	07/07/2012	4.1	5.2	4.8	N.D.	0.11	N.D.	28.1	2.943	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.015	1.309	4.784	0.889
E-51 (S)	06/07/2012	4.2	5.2	5.2	0.01	0.11	N.D.	26.4	2.129	N.D.	0.045	0.002	N.D.	0.011	0.554	4.354	0.831

CONSORCIO V-5

Ing. V. Paz Nuñez  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

CONSORCIO V-6

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

CUADRO N° A-3  
 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS EN AGUAS EN EL PERFIL LONGITUDINAL 1 Y PERFIL LONGITUDINAL 2 - PERIODO DE ESTIAJE

ESTACION	Fecha de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Nitrato	Sulfuros	Silice (SiO <sub>2</sub> )	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo Hexavalente	Cobre Total	Hierro Total	Magnesio Total	Manganeso Total
	Unidad																
E-51 (M)	06/07/2012	4.6	5.6	5.00	N.D.	0.12	N.D.	28.6	2.323	N.D.	0.049	0.001	N.D.	0.013	0.595	4.730	0.901
E-51 (F)	06/07/2012	4.5	5.1	4.7	0.03	0.12	N.D.	27.7	3.006	0.027	0.056	0.002	N.D.	0.017	2.334	4.880	0.922
E-52 (S)	08/07/2012	4.2	6	5.4	N.D.	0.18	N.D.	26.2	2.261	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.013	0.693	5.811	1.199
E-52 (M)	08/07/2012	4.3	6	5.2	N.D.	0.11	N.D.	26.4	2.353	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.015	0.745	6.099	1.233
E-52 (F)	08/07/2012	4.3	6	5.0	N.D.	0.10	N.D.	25.7	2.337	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.013	1.071	6.040	1.216
E-53 (S)	06/07/2012	5.9	4.1	5.1	N.D.	0.11	N.D.	27.8	1.576	N.D.	0.053	0.001	N.D.	0.010	0.573	4.491	0.909
E-53 (M)	06/07/2012	5.9	3.7	5.0	0.04	0.09	N.D.	29.0	1.447	N.D.	0.049	0.001	N.D.	0.009	0.442	4.487	0.913
E-53 (F)	06/07/2012	5.9	3.9	4.8	0.01	0.08	N.D.	28.5	1.456	N.D.	0.048	0.001	N.D.	0.009	0.416	4.416	0.902
E-54 (S)	07/07/2012	4.5	3.8	4.7	N.D.	0.10	N.D.	27.2	1.412	N.D.	0.049	0.001	N.D.	0.008	0.478	4.552	0.922
E-54 (M)	07/07/2012	4.2	3	4.6	N.D.	0.12	N.D.	26.9	1.495	N.D.	0.049	0.001	N.D.	0.010	0.444	4.557	0.926
E-54 (F)	07/07/2012	4.9	3	4.3	N.D.	0.12	N.D.	26.9	1.827	N.D.	0.050	0.001	N.D.	0.011	0.672	4.604	0.924
E-55 (S)	07/07/2012	4.2	5.7	5.6	N.D.	0.10	N.D.	26.1	2.327	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.013	0.635	4.713	0.898
E-55 (M)	07/07/2012	4.3	6	5.7	N.D.	0.11	N.D.	27.1	2.314	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.014	0.610	4.644	0.886
E-55 (F)	07/07/2012	4.3	6	5.2	0.02	0.10	N.D.	27.3	2.569	N.D.	0.051	0.002	N.D.	0.015	1.497	4.838	0.919
E-56 (S)	08/07/2012	4.3	6	5.4	N.D.	0.08	N.D.	27.5	2.576	0.013	0.048	0.002	N.D.	0.013	0.629	4.895	0.919
E-56 (M)	08/07/2012	4.3	6	5.1	N.D.	0.12	N.D.	27.4	2.574	0.011	0.049	0.002	N.D.	0.012	0.639	4.894	0.919

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Raúl Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 34763

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
 INGENIERA QUÍMICA  
 CIP. 34763

CUADRO N° A-3  
 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS EN AGUAS EN EL PERFIL LONGITUDINAL 1 Y PERFIL LONGITUDINAL 2 - PERIODO DE ESTIAJE

ESTACION	Fecha de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Nitrato	Sulfuros	Silice (SiO <sub>2</sub> )	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo Hexavalente	Cobre Total	Hierro Total	Magnesio Total	Manganeso Total
	Unidad																
E-56 (F)	08/07/2012	4.3	6	5.0	N.D.	0.10	N.D.	26.9	2.599	0.011	0.049	0.002	N.D.	0.013	0.654	4.885	0.917
E-57 (S)	08/07/2012	4.4	6	5.6	N.D.	0.11	N.D.	27.2	2.257	N.D.	0.057	0.002	N.D.	0.015	0.642	6.405	1.252
E-57 (M)	08/07/2012	4.4	5	5.5	N.D.	0.10	N.D.	22.7	2.241	N.D.	0.057	0.002	N.D.	0.014	0.666	6.239	1.265
E-57 (F)	08/07/2012	4.3	5	5.1	N.D.	0.10	N.D.	26.2	2.172	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.012	0.846	5.876	1.226
E-58 (S)	07/07/2012	4.2	5.2	5.4	0.01	0.10	N.D.	27.0	2.382	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.013	0.676	4.727	0.898
E-58 (M)	07/07/2012	4.2	5.2	5.4	0.01	0.12	N.D.	26.5	2.414	N.D.	0.049	0.002	N.D.	0.015	0.667	4.717	0.895
E-58 (F)	07/07/2012	4.2	5.1	5.1	0.13	0.10	N.D.	26.5	2.515	N.D.	0.053	0.002	N.D.	0.016	2.193	4.815	0.901
E-59 (S)	07/07/2012	4.2	6	5.2	N.D.	0.11	N.D.	26.7	2.694	N.D.	0.050	0.002	N.D.	0.015	0.869	5.648	0.976
E-59 (M)	07/07/2012	4.2	6	5.1	N.D.	0.10	N.D.	25.1	2.582	N.D.	0.052	0.002	N.D.	0.013	0.591	5.560	1.001
E-59 (F)	07/07/2012	4.4	6	5.0	0.01	0.11	N.D.	26.5	2.167	N.D.	0.048	0.002	N.D.	0.014	0.733	4.639	0.889

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 5230

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

## 6. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE - PERFIL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL EN PERIODO DE LLUVIAS Y ESTIAJE

Para la evaluación de la calidad del agua del embalse Pasto Grande, se realizó los siguientes cortes longitudinales:

Figura N°A-1

Foto Satelital del Embalse Pasto Grande con los Trazos de los Perfiles Longitudinales



El Perfil Longitudinal (PL) – 1, corta los siguientes puntos de muestreo: E-48, E-51, E-56, E-49, E-58, E-55, E-50, E-54 y E-53.

Asimismo, el Perfil Longitudinal 2, corta los puntos E-52, E-57, E-59.

Cuadro N°A-4

Relación de Estaciones que Conforman el Perfil Longitudinal en Evaluación

	Estación	Referencia
PL-1	E-48	Frente al Río Millojahuirá
PL-1	E-49	Frente al Río Antajarane
PL-1	E-50	Frente al Río Patara
PL-1	E-51	Frente a la Cabaña Chapiocco
PL-2	E-52	Frente al Río Millojahuirá.
PL-1	E-53	Frente al Río Tocco.
PL-1	E-54	Centro de Embalse - 1.
PL-1	E-55	Centro de Embalse - 2.
PL-1	E-56	Centro de Embalse - 3.
PL-2	E-57	Centro de Embalse - 4.
PL-1	E-58	Centro de Embalse - 5.
PL-2	E-59	Centro de Embalse - 6.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 5530

CONSORCIO V-5 23

Ing. Martha Aránguena Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

La evaluación de calidad física y química se realiza para los siguientes parámetros que presentan concentraciones que podrían exceder los lineamientos ECAs, presentados en el Cuadro N°5 de Calidad

## 6.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

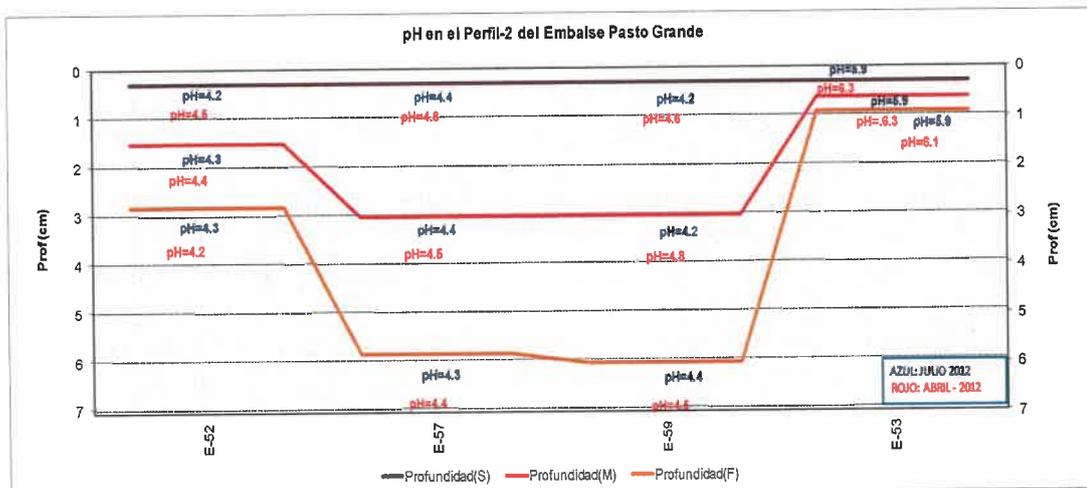
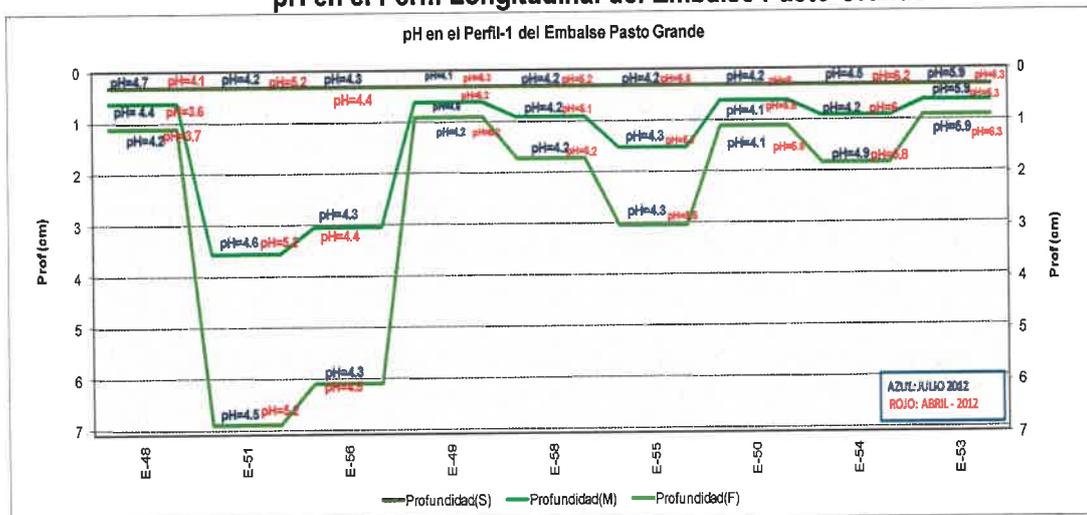
### 6.1.1 Calidad Física en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2:

La calidad del agua evaluada en el perfil longitudinal 1 y 2, muestra que no existe una variación significativa de pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitrato, hierro y aluminio a diferentes profundidades.

#### pH

La evaluación de la calidad del agua evaluada en el perfil longitudinal 1; así como las mediciones de pH registradas en el perfil longitudinal 2; muestran que el monitoreo realizado en periodo Estiaje (Julio 2012), comparados con los resultados de periodo de Avenida (Abril 2012); estos han disminuido registrando en todas las estaciones de muestre valores de pH ácidos.

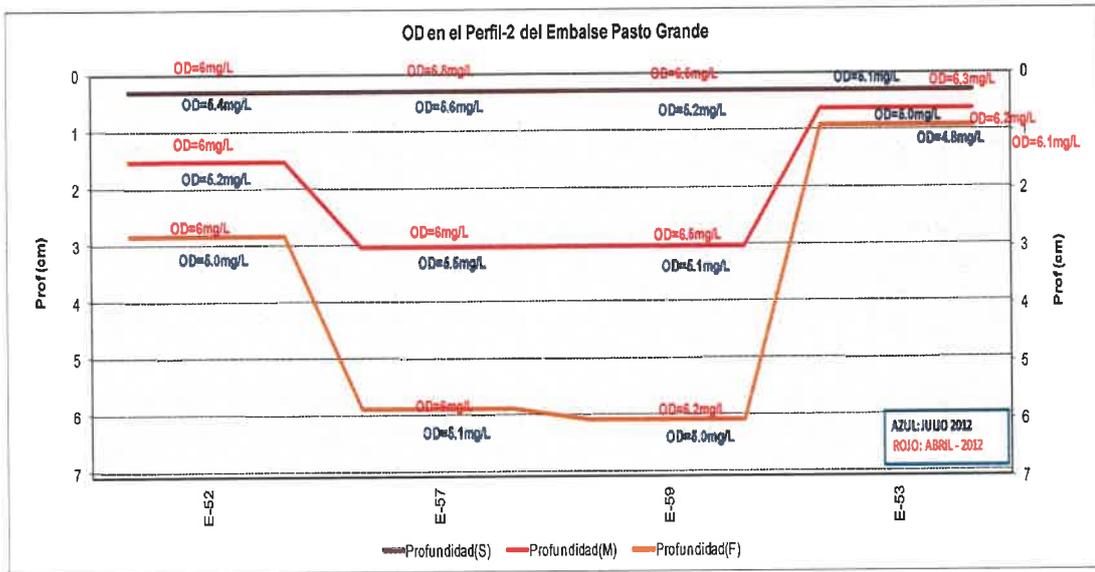
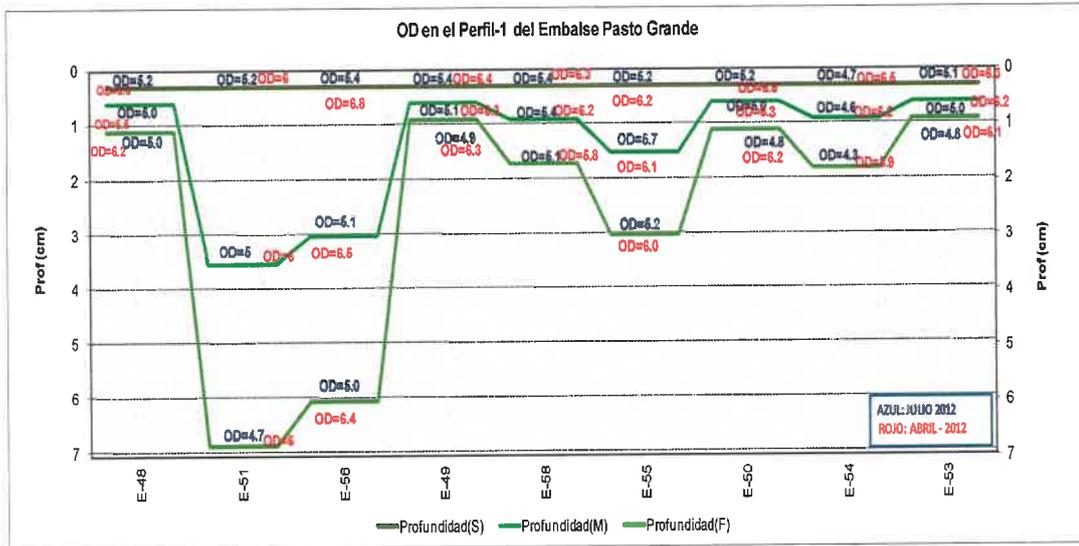
Gráfico N° A-01  
pH en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande



**Oxígeno Disuelto**

Tal como se visualiza en el Gráfico de *Oxígeno Disuelto en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande*; los resultados de Oxígeno Disuelto (OD) medidos a diferentes profundidades en las aguas del embalse Pasto Grande no varían al igual que los resultados del monitoreo en periodo Estiaje (Julio - 2012).

**Gráfico N° A-02**  
**Oxígeno Disuelto en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande**

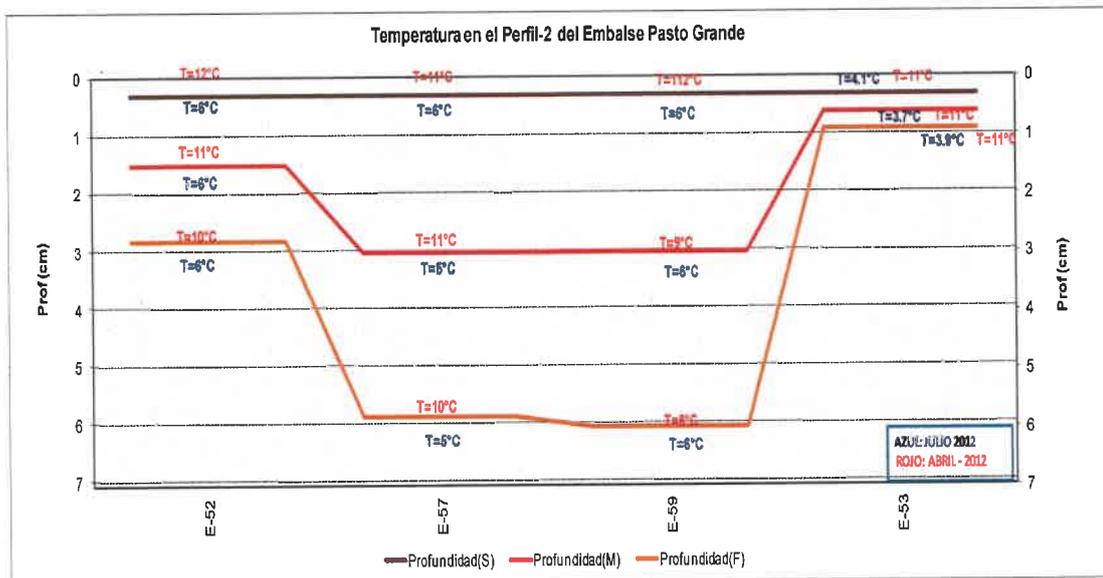
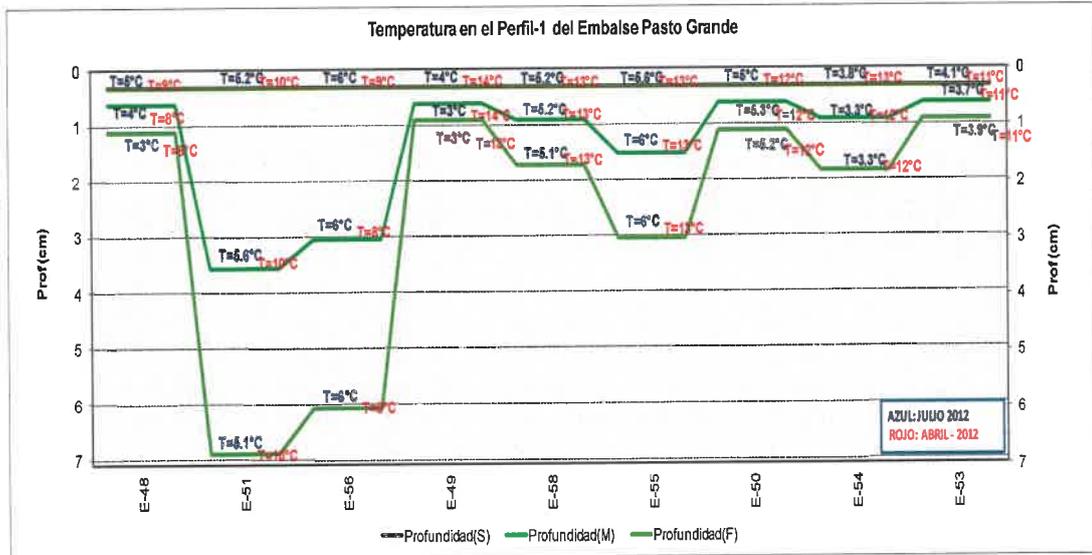


**Temperatura**

Las aguas del embalse Pasto Grande; evaluados en sus valores de temperatura a diferentes profundidades; tal como se observa en el Gráfico, *Temperatura en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande*, indican que no existe variación significativa entre las diferentes profundidades, las temperaturas se uniformizan a diferentes profundidades, considerado como

resultado de la convección producida por los flujos internos y por efectos eólicos a nivel de superficie.

**Gráfico N° A-03**  
**Temperatura en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande**

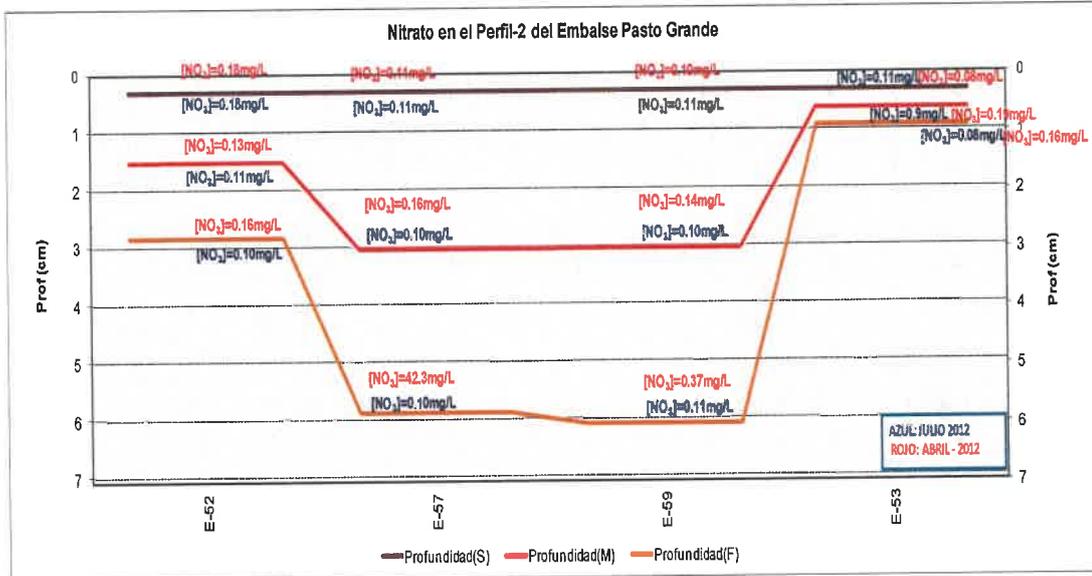
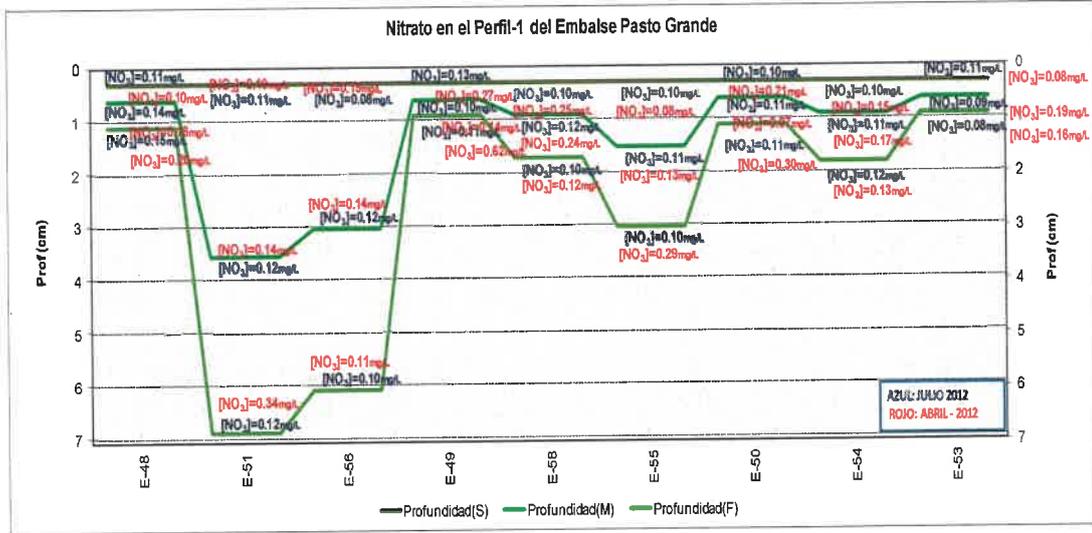


**6.1.2 Nitratos en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2:**

Los resultados del monitoreo de periodo Estiaje (Julio 2012) comparados con los resultados obtenidos durante el monitoreo de periodo de Avenida (Abril 2012); indican que han disminuido su valores específicamente en las aguas del fondo del embalse.

Asimismo, tal como se visualiza en el Gráfico N° A-04, *Nitrato en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande*, no existe variación significativa entre los valores reportados a diferentes profundidades.

**Gráfico N° A-04**  
**Nitrato en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande**



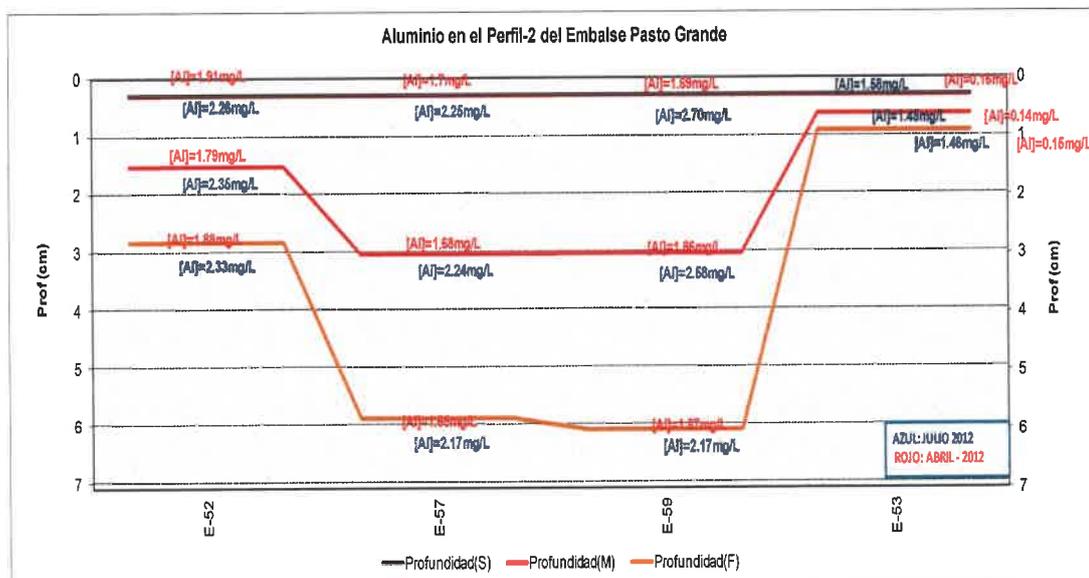
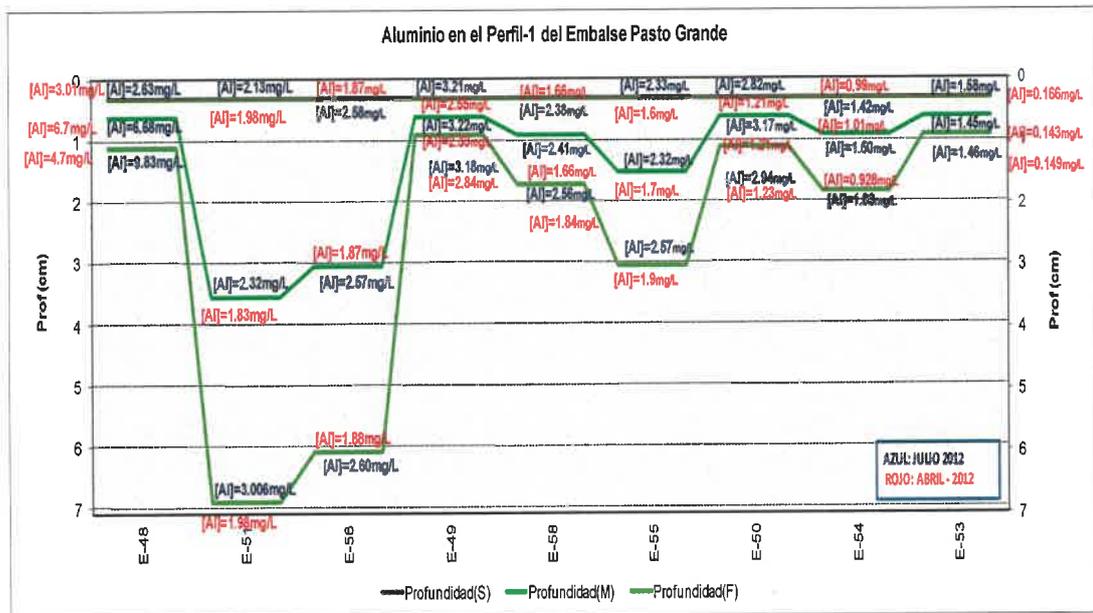
**6.1.3 Metales Principales en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal-1 y 2:**

**Aluminio**

Las concentraciones de aluminio reportadas en periodo de avenidas (Abril 2012) evaluadas con los valores registrados en Julio 2012, indica que las concentraciones registradas en la segunda campaña (Julio 2012) son mayores que las del primer monitoreo (Abril 2012).

Asimismo, tal como se observa en el Gráfico N° A-05, *Aluminio en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande*, la calidad de agua realizado a diferentes las profundidades del embalse Pasto Grande durante la periodo Estiaje (Julio 2012), reportaron concentraciones de aluminio entre 9.83 mg/L y 1.41 mg/L.

Gráfico N° A-05  
Aluminio en el Perfil Longitudinal del Embalse Pasto Grande

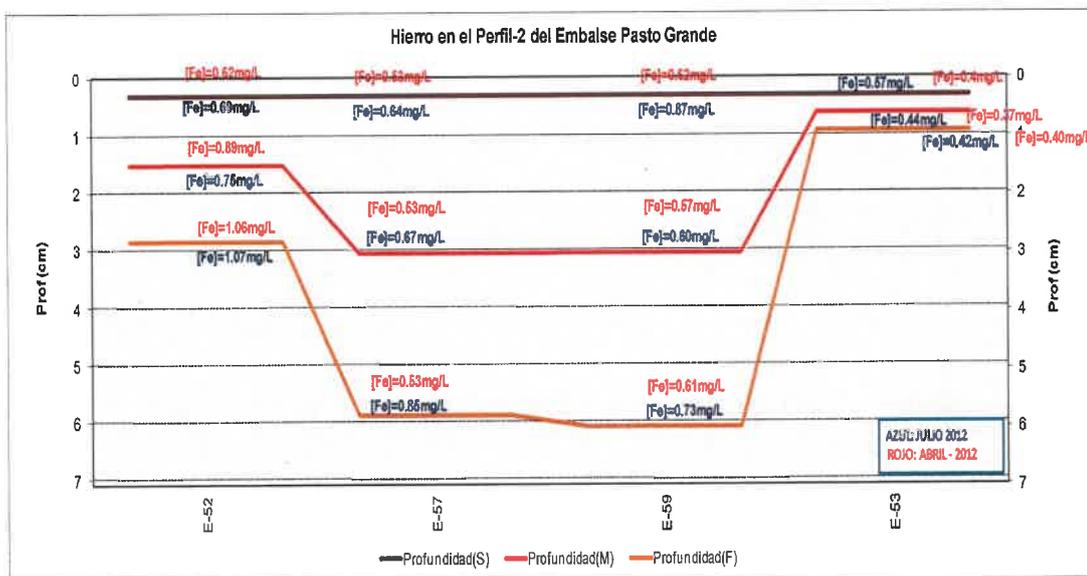
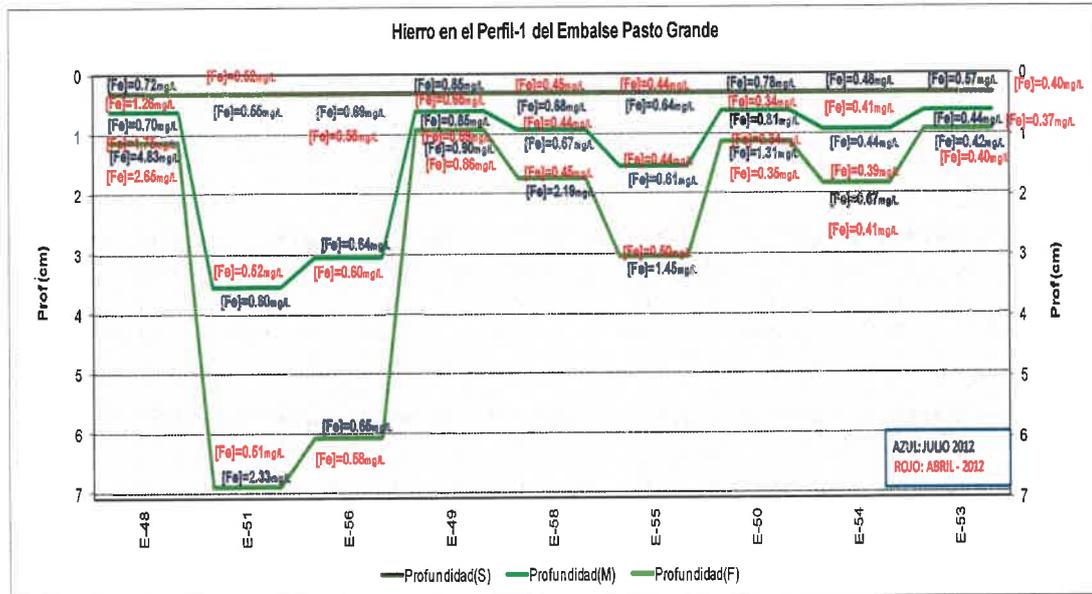


Hierro

Las aguas del embalse Pasto Grande (en el perfil longitudinal 1); reportaron concentraciones de hierro entre 0.416 mg/L y 4.83 mg/L; asimismo, tal como se muestra en el Gráfico N°A-06, Hierro en el Perfil Longitudinal-1 del Embalse Pasto Grande, las máximas concentraciones de hierro se registraron al fondo de cada estación de muestreo.

Cabe mencionar que los resultados del monitoreo durante la periodo Estiaje (Julio 2012), comparados con los resultados de periodo de Avenida (Abril 2012); estos han aumentado especialmente en la zona más profunda de cada punto de monitoreo.

Gráfico N° A-06  
Hierro en el Perfil Longitudinal-1 del Embalse Pasto Grande



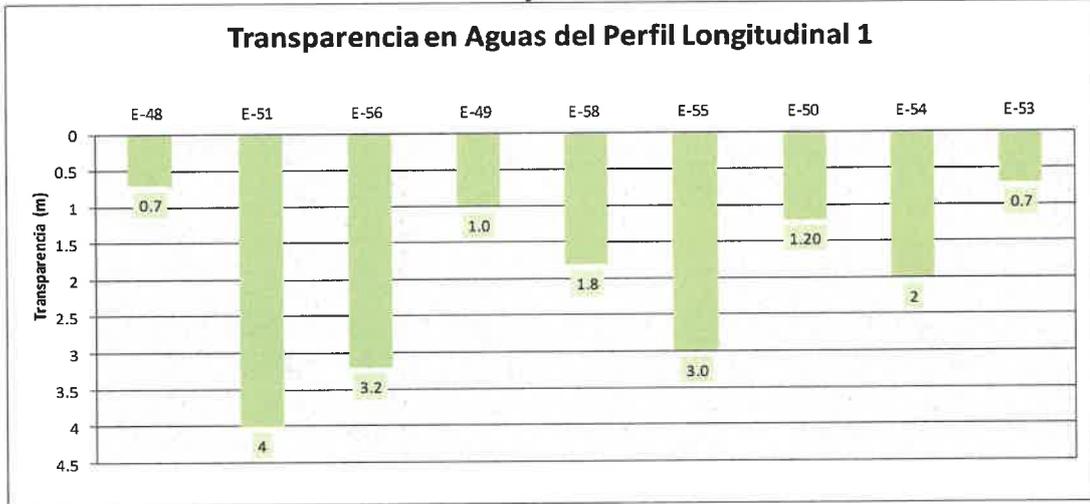
6.1.4 Transparencia en Aguas del Embalse Pasto Grande - Perfil Longitudinal – 1 y 2:

La representación de los datos de transparencia de las aguas ayuda a interpretar la claridad de las aguas por ausencia de turbidez, significando que a mayor profundidad de visualización del disco Secchi, menor será la turbidez, correlacionado con bajas concentraciones de sólidos en suspensión.

Se observa que en la zona central del embalse hay mayor transparencia debido al mayor tiempo de residencia de las aguas en el embalse, hecho que favorece a la sedimentación, comparado con las zonas de las desembocaduras de los ríos, que ingresan arrastrando partículas en su recorrido. y debido a la velocidad del flujo de ingreso, re suspende los sedimentos depositados en la zona de ingreso de descarga del embalse.

Los niveles de transparencia traen como consecuencia el efecto de la penetración de la luz solar en las aguas del embalse, favoreciendo la vida acuática en el embalse. Los valores de la transparencia se aprecian en los cortes de perfiles longitudinales, se realizaron los siguientes gráficos:

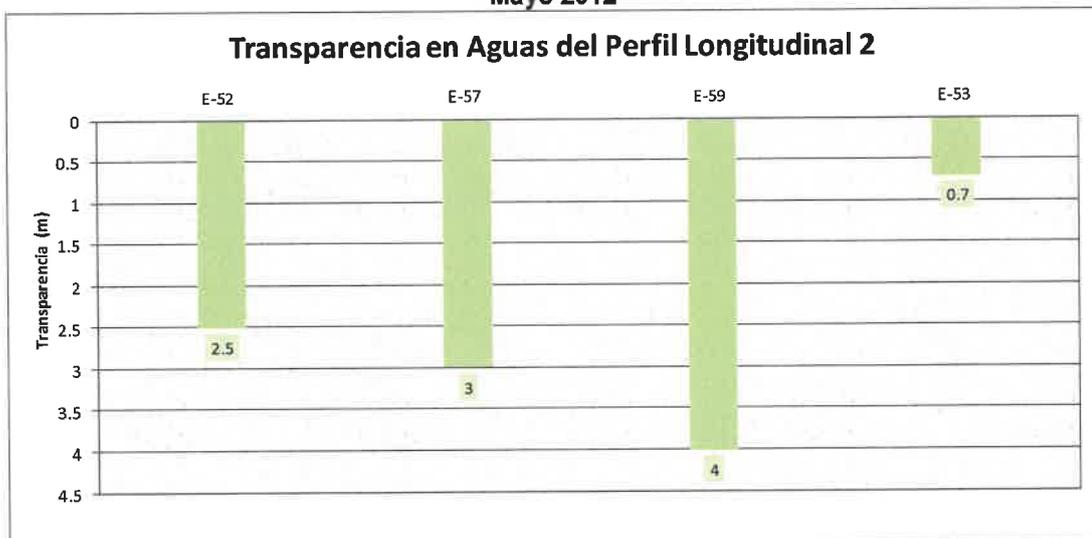
**Gráfico N° A-07**  
**Transparencia en el Perfil Longitudinal-1 del Embalse Pasto Grande - Periodo de Lluvias Mayo 2012**



Tal como se visualiza en el siguiente Gráfico N°A-08, el mínimo valor registrado de transparencia es a 0.7m en la estación de monitoreo E-48 (frente al río Millojahuirra), seguido con 1.0 m en la E-49 (frente al río Antajarane) y de 0.7 m en la estación E-53 (Frente al Río Tocco.), que indica mayores turbidez en las aguas que ingresan al embalse.

La mayor transparencia se observa en la estación frente a la cabaña Chipioco ,E-48 y en el centro del embalse en la estación E-55 para el periodo de lluvias en el Perfil Longitudinal -1.

**Gráfico N°A-08**  
**Transparencia en el Perfil Longitudinal-2 del Embalse Pasto Grande - Periodo de Lluvias Mayo 2012**



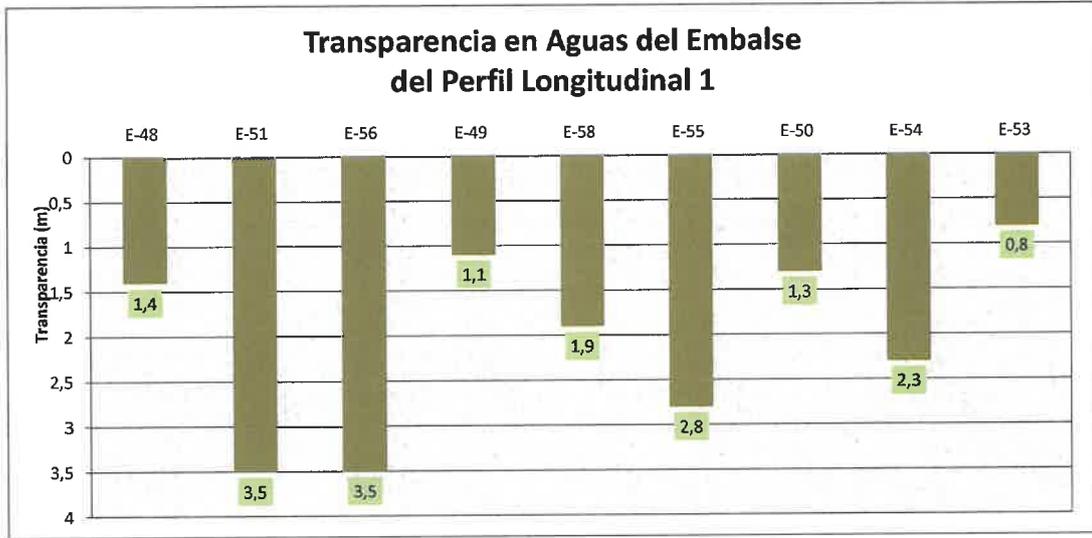
CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 5530

CONSORCIO V-5

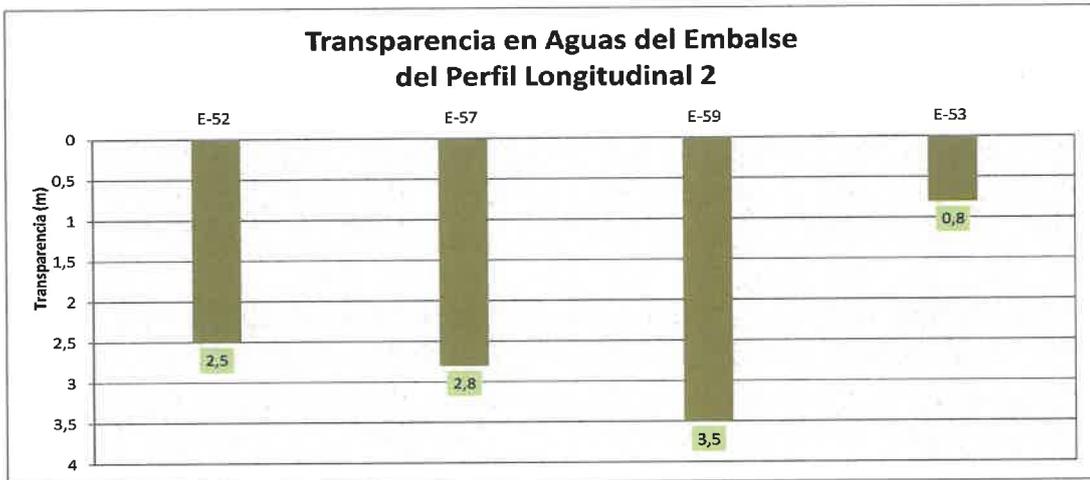
Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**Gráfico N°A-09**  
**Transparencia en el Perfil Longitudinal - 1 del Embalse Pasto Grande - Periodo de Estiaje Julio 2012**



En el periodo de estiaje, se aprecia mayor transparencia con respecto al periodo de lluvias, observándose que en las estaciones E-51, E-51, E-55 y E-56 correspondientes a frente a la cabaña Chapiocco, quebrada Incacachi y dos al centro del embalse, presentan transparencias que van desde 2.8 a 3.5 m..

**Gráfico N° A-10**  
**Transparencia en el Perfil Longitudinal - 2 del Embalse Pasto Grande - Periodo de Estiaje Julio 2012**



**6.1.5 Evaluación de Sedimentos del Embalse Pasto Grande**

Se realizó la toma de muestras para la caracterización física y química de sedimentos en 13 puntos de muestreo, donde para un mejor análisis se agrupó las estaciones de muestreo en las siguientes zonas:

**Cuadro N° A-5 Estaciones de Muestreo de Sedimentos - Periodo de Avenida**

Estaciones De Muestreo		
Zona Este del Embalse Pasto Grande:	Zona Centro del Embalse Pasto Grande	Zona Oeste del Embalse Pasto Grande:
S-01, S-02, S-03, S-04 y S-12.	S-06, S-07, S-08, S-09, S10 y S-11.	S-05 y S-18.

Para un mejor visualización, a continuación (Figura N°1.6) se muestra la foto satelital del embalse Pasto Grande así como los puntos de monitoreo de sedimentos evaluados.

**Figura N°1.6  
Foto Satelital del Embalse Pasto Grande con los Puntos de Monitoreo de Sedimentos - Periodo de Avenida**



Es importante mencionar, que las muestras fueron tomadas a diferentes profundidades según el perfil batimétrico, tal como se muestra en el siguiente Cuadro:

**Cuadro N°A-6  
Estaciones de Monitoreo de Sedimentos del Embalse Pasto Grande**

ZONA	UBICACIÓN	ESTACION	SEDIMENTOS	PROFUNDIDAD (m)
ZONA ESTE DEL EMBALSE PASTO GRANDE	Frente al Río Millojahuira.	E-48	S-01	1.3
	Frente al Río Antajarane.	E-49	S-02	1.1
	Frente al Río Patara.	E-50	S-03	1.3
	Frente al Río Tocco.	E-53	S-04	1.1
	Río Millojahuira.		S-12	-
ZONA CENTRO DEL EMBALSE PASTO GRANDE	Centro de Embalse-1.	E-54	S-06	2.2
	Centro de Embalse-2.	E-55	S-07	3.6
	Centro de Embalse-3.	E-56	S-08	7.2
	Centro de Embalse-4.	E-57	S-09	7.0

ZONA OESTE DEL EMBALSE PASTO GRANDE	Centro de Embalse-5.	E-58	S-10	2.0
	Centro de Embalse-6.	E-59	S-11	7.2
	Frente a la Salida del Embalse.	E-60	S-05	--
	Frente a la Quebrada Incacachi.	E-52	S-18	--

Solo de manera referencial y debido a que no se cuenta con lineamientos establecidos para la calidad de sedimentos en embalses, se está considerando los Estándares de Calidad de Sedimentos de Río establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) para el Sector de Hidrocarburos y la Norma Canadiense The New Dutch List (mg/Kg).

**Cuadro N°A-7**  
**Estándares de Calidad de Sedimentos en Río - Referencial**

**Cuadro 1.7-8 Estándares Considerados para Caracterizar la Calidad de los Sedimentos de Río**

Parámetros	MEM (mg/kg)	CEQG (mg/kg)	The New Dutch List (mg/Kg)	
			Valor Objetivo	Valor de Intervención
Hidrocarburos Totales (TPH)	--	--	50	5000
Ag	20	--	--	--
As	30	5.9	29	55
Ba	500	--	200	625
Be	4	--	--	--
Cd	5	0.6	0.8	12
Co	50	--	20	240
Cr	250	37.3	100	380
Cu	100	--	36	190
Mo	10	--	10	200
Ni	100	--	35	210
Pb	500	35	50	50
Sb	20	--	--	--
Se	3	--	--	--
Sn	50	--	20	20
V	200	--	--	--
Zn	500	123	140	720
B (Soluble en agua)	2	--	--	--
Hg	2	0.17	0.3	10

Fuente: Elaboración Domus Consultoría Ambiental SAC, 2010, a partir de los datos de la Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera, MEM, Criterios de Restauración para Suelos R/DL-Tierra Residencial/Área Verde, CEQG.

**Sedimentos en Zona Este Del Embalse Pasto Grande:**

Para la evaluación de la calidad física y química de sedimentos en la zona Este del Embalse Pasto Grande; se tomaron 4 muestras representativas frente al río Millojahuirra (estación S-01), frente al río Antajarane (estación S-02), frente al río Patara (estación S-03), frente al río Tocco (estación S-04) y en el cauce del río Millojahuirra (estación S-12).

Tal como se indica en el ítem anterior, es importante considerar que la toma de muestras de sedimentos, se realizó a ciertas profundidades a fin de evaluar las composiciones del sedimento, tal como se muestra en el siguiente perfil:

Se observa mayor deposición de sedimentos depositados en el embalse frente al ingreso de las aguas de los ríos Antajarane y Tocco.

Gráfico N°A-11  
Perfil de Profundidades de la Zona Este del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012

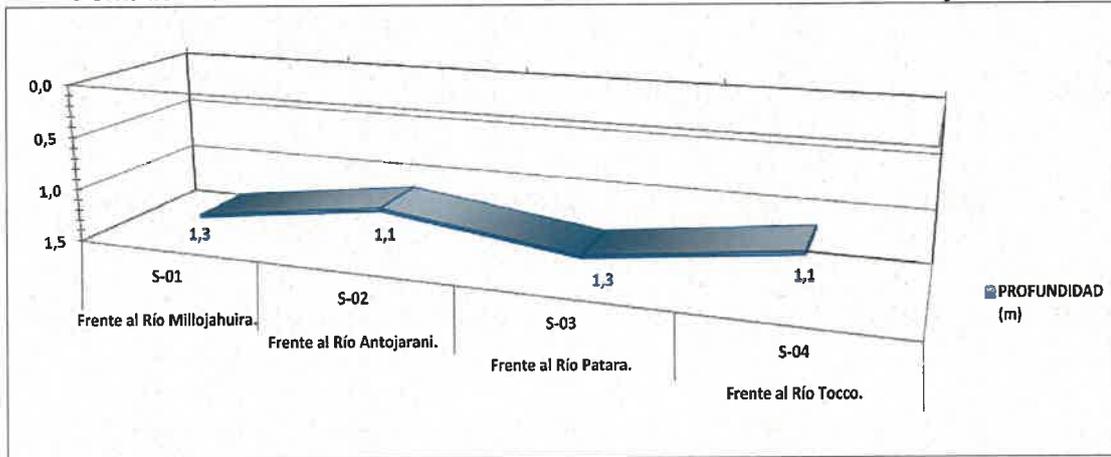
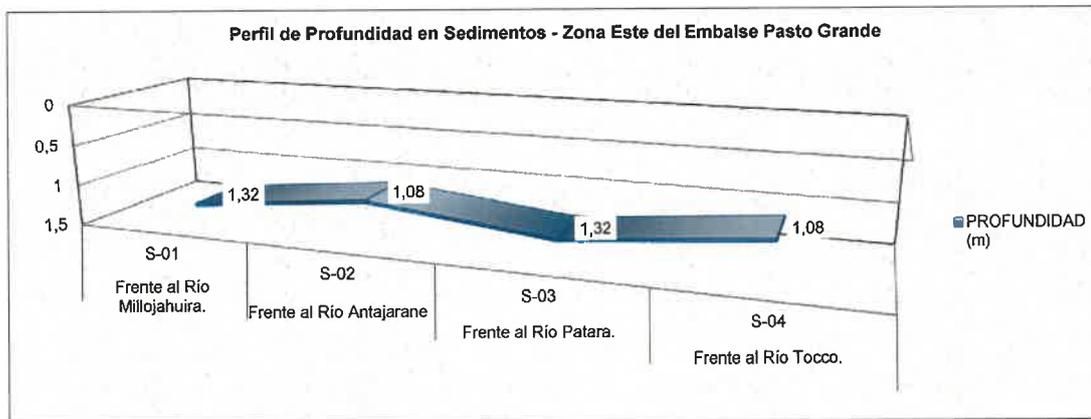


Gráfico N° A-12  
Perfil de Profundidades de la Zona Este del Embalse Pasto Grande - Julio 2012



**Parámetros Físicos y Químicos:**

En el siguiente cuadro se resume los resultados emitidos del laboratorio, incluyendo otros parámetros como demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno respectivamente.

**Cuadro N°A-8**  
**Resumen de Parámetros Físicos y Químicos en Sedimentos de la**  
**Zona Este del Embalse Pasto Grande**

Zona	ESTACIÓN		FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)		
				pH (u.e)	DBO	DQO
	ECA: Categoría 3			6.5 – 8.50	15/<=15	40 /40
	ECA: Categoría 4			6.5-8.4	–	–
Zona Este del Embalse Pasto Grande	S-01	Frente al Río Millojahuirá.	10-May-12	3.9	68698	108767
	S-02	Frente al Río Antojarani.	9-May-12	4	175	334
	S-03	Frente al Río Patara.	9-May-12	5.4	255	432
	S-04	Frente al Río Tocco.	9-May-12	6.1	600	917
	S-12	Frente a la Cabaña Chapiocco.	9-May-12	4.2	390	637

Fuente: Envirolab Perú

**Cuadro N°A-9**  
**Parámetros Físicos Químicos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

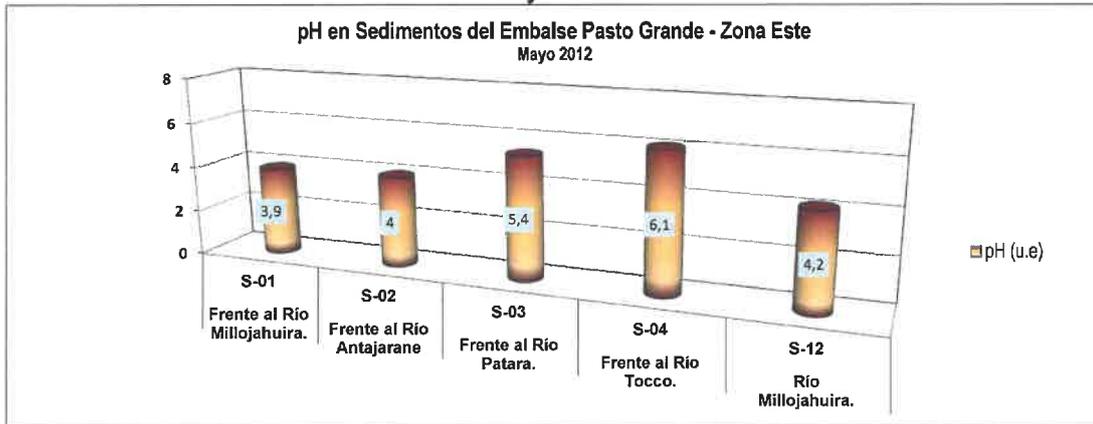
Zona	ESTACION	PROCEDENCIA	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)		
				pH (u.e)	DBO	DQO
					u.e.	mg/Kg
ECA: Categoría 4 (Lagunas y lagos)				6.5-8.4	—	—
Zona Este del Embalse Pasto Grande	S-01	Frente al Río Millojahuirá.	07/08/2012	3.1	56500	75692
	S-02	Frente al Río Antojarani.	07/07/2012	4.0	1000	1575
	S-03	Frente al Río Patara.	07/07/2012	6.9	3900	6140
	S-04	Frente al Río Tocco.	07/07/2012	6.8	34000	47143
	S-12	Frente a la Cabaña Chapiocco.	07/07/2012	6.4	46500	63077

### Evaluación De Resultados

#### **pH:**

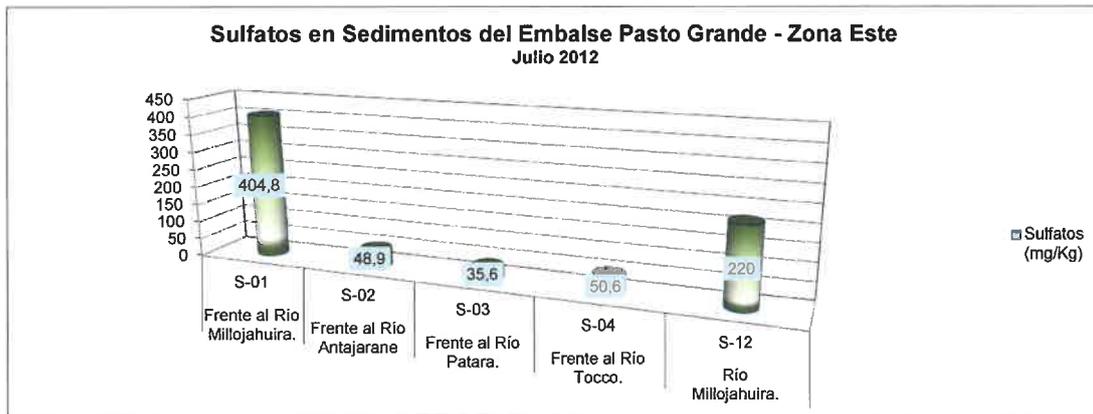
Los sedimentos de la zona este del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico, son ácidos (menores a 6.1 u.e.); siendo el sedimento ubicado frente al río Millojahuirá (ubicado a 1.1 m de profundidad) el que presenta el menor valor de pH (3.9 u.e), seguido del sedimento frente al río Antojarani y posteriormente frente al río Patara. La zona frente al río Tocco presenta el máximo valor del pH de 6.1 u.e. que indica menor acidez de agua que ingresa al embalse.

**Gráfico N°A-13**  
**pH en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



La calidad de sedimentos reportados en la zona Este del Embalse Pasto Grande; evaluados con los valores de pH indican que son entre neutros y ácidos, siendo la muestra de sedimento ubicado frente al río Millojahuirá (ubicado a 1.1 m de profundidad) el que presenta el menor valor de pH (3.1 u.e), tal como se visualiza en el Gráfico N° A-14, *pH en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande*.

**Gráfico N° A-14**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



Cabe mencionar que según evaluando los resultados del monitoreo de época Estiaje con los resultados del monitoreo en época de Avenidas (Abril 2012), estos se incrementaron ligeramente.

**Parámetros Inorgánicos:**

En el siguiente cuadro, se muestran parámetros inorgánicos reportados por el laboratorio.

**Cuadro N°A-10**  
**Parámetros Inorgánicos en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Periodo de Avenida**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)							
			N - Amoniacal	Cloruros	Sulfatos	Fosforo Total	Fluoruros	Sulfuro	Cianuro Total	Cianuro wad
Zona Este del Embalse Pasto Grande	S-01	10-May-12	31.56	7	140.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-02	9-May-12	2.75	38	89.5	0.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-03	9-May-12	2.35	31	67.3	1.93	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-04	9-May-12	27.7	17	32.2	4.8	4	N.D.	N.D.	N.D.
	S-12	9-May-12	13.01	30	472.5	3.22	1.1	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

**Cuadro N° A-11**  
**Parámetros Inorgánicos en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande -**  
**Julio 2012**

Zona	ESTACION	PROCEDENCIA	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)						
				Cloruros (mg/Kg)	Sulfatos (mg/Kg)	Fosforo Total (mg/Kg)	Fluoruros (mg/Kg)	Sulfuro (mg/Kg)	Cianuro Total	Cianuro wad
				Cl	SO4	P	F			
				mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
<b>ECA: Categoría 4 (Lagunas y lagos)</b>				—	—	—	—	—	—	—
Zona Este del Embalse Pasto Grande	S-01	Frente al Río Millojahuirá.	07/08/2012	5	404.8	—	1.12	N.D.	N.D.	N.D.
	S-02	Frente al Río Antojarani.	07/07/2012	7	48.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-03	Frente al Río Patara.	07/07/2012	41	35.6	25148	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-04	Frente al Río Tocco.	07/07/2012	34	50.6	60611	2.11	N.D.	N.D.	N.D.
	S-12	Frente a la Cabaña Chapiocco.	07/07/2012	33	220.0	29815.0	1.62	187.3	N.D.	N.D.

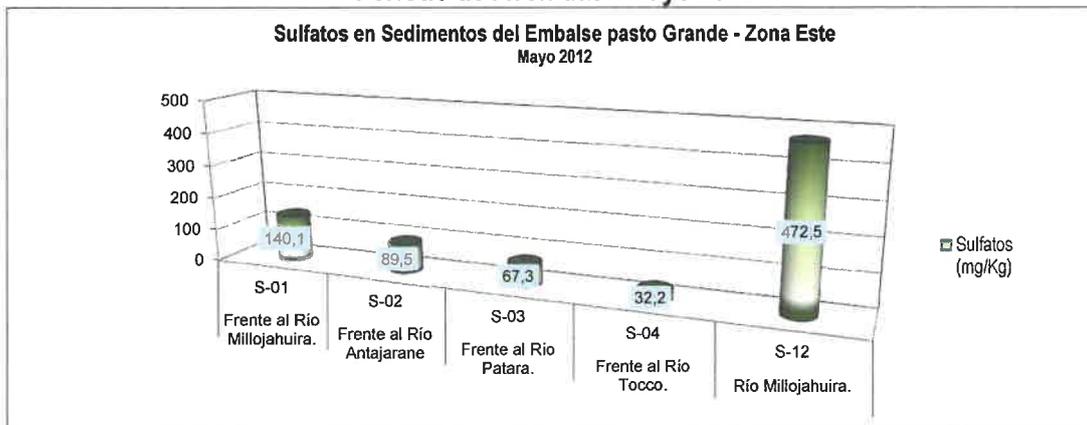
Fuente: Envirolab Perú

**Sulfatos:**

En el periodo de avenidas: la concentración de sulfato en las muestras de sedimentos de la zona este del embalse Pasto Grande, donde se ubican las descargas de los ríos, varía de acuerdo a la calidad de las aguas de los ríos, tal como se muestra en el siguiente gráfico, la máxima concentración de 140 mg/kg se produce en la zona frente al río Millojahuirá a 1.1 m de

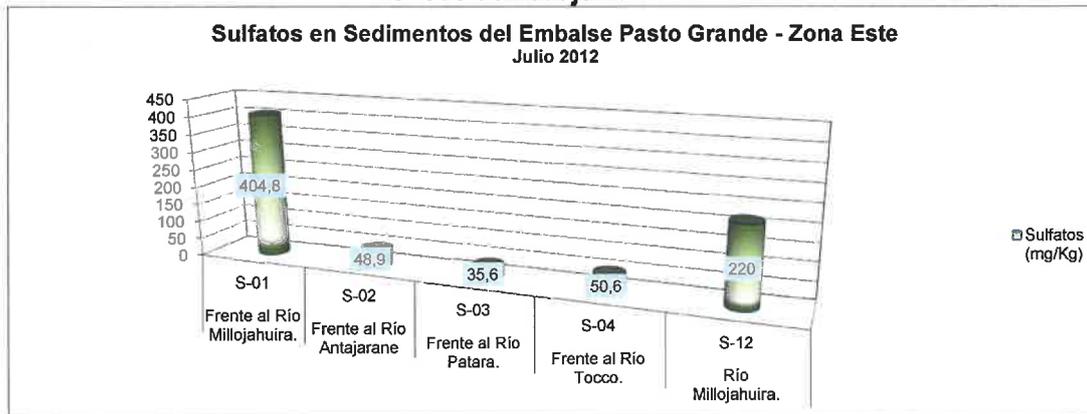
profundidad del embalse. La menor concentración de sulfatos de 32.2 mg/kg se realiza frente a las aguas del río Tocco, río que tiene aguas de mejor calidad. La presencia de sulfatos en sedimentos del río Millojahuira aguas arriba de la descarga, presentan la máxima acumulación de sulfatos. No se detecta concentraciones de sulfuros y cianuros en los sedimentos. Se aprecia una baja concentración de fósforo y sulfuros en las estaciones S-03 y S-04 (frente al río Patara y en el cauce del río Millojahuira).

**Gráfico N° A-15**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Periodo de Avenidas - Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de sulfato reportadas en el monitoreo de la época Estiaje (Julio 2012) en la zona Este del Embalse Pasto Grande; reportaron concentraciones por debajo de los 250 mg/Kg; excepto la estación S-01 (frente al río Millojahuira); tal como se visualiza en el Gráfico N° A-16, *Sulfato en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande*. Asimismo, se puede observar que las máximas concentraciones se registraron en la estación S-1 (sedimentos a la salida del río Millojahuira).

**Gráfico N°A-16**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Periodo de Estiaje - Julio 2012**



Cabe indicar que el resultado del monitoreo realizado a los sedimentos en época Estiaje (Julio 2012) son menores que los registrados durante el primer monitoreo (época de Avenida – Abril 2012).

**Metales y No Metales:**

Se presentan los resultados de la calidad química que incluyen metales en los sedimentos:

**Cuadro N° A - 12  
Metales y No Metales Totales En Sedimentos De La Zona Este Del Embalse Pasto Grande – Periodo de Avenidas**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)														
			Aluminio	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo total ug/L	Cromo hexavalente	Cobre	Hierro	Potasio	Litio
Zona Este del Embalse Pasto Grande	S-01	10-May-12	Estándares MEM / Canada	30/29-55	—	500/200-625	4/—	—	5/0.8-12	50/20-240	250/100-380	—	100/36-190	—	—	—	
			17357.8	162.3	13.7	177.9	N.D.	N.D.	698	N.D.	5	13.5	N.D.	35.1	35951.5	2331.4	11.9
			3431.7	63.7	6.5	94.1	N.D.	N.D.	307.6	N.D.	2.1	6.2	N.D.	23.2	41193.1	951.3	N.D.
			6429.6	493.3	16	123.3	0.7	N.D.	1926.9	3	9.8	11.3	N.D.	40.3	17928.3	1136	20.9
			2818.8	16.4	4.5	96.2	N.D.	N.D.	1430.4	0.6	4.4	N.D.	N.D.	14.3	6654.7	1094.1	4.1
S-12	9-May-12	3486.5	80	10.1	68.7	N.D.	1758	1.3	7	3.6	N.D.	26.1	10846.3	794.5	9		

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-6

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

**Cuadro N°A-13**  
**Metales y No Metales En Sedimentos De La Zona Este Del Embalse Pasto Grande – Periodo de Avenidas**

ESTACION	RESULTADOS (mg/kg)																			
	Estándares MEM / Canada	Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Sodio	Níquel	Fósforo	Plomo	Estroncio	Selenio	Silicio	Estanho	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio	Oro
S-01	10/10-200	3017.9	64.4	2.884	458.4	6.9	887.7	24.6	N.D.	N.D.	315	N.D.	47.9	773.6	N.D.	58.9	49.2	N.D.	0.1	N.D.
S-02	—	1028.1	72.5	7.017	149	N.D.	910.6	16.1	N.D.	N.D.	159.8	N.D.	20.6	138.2	N.D.	45.3	21.6	N.D.	N.D.	N.D.
S-03	—	2748.9	314	N.D.	274.1	9.3	672.4	164.5	11.4	N.D.	308.4	N.D.	27.2	155.5	N.D.	36.7	420.2	3.346	N.D.	N.D.
S-04	—	1617.4	182.5	N.D.	167.8	4.1	374	4.8	N.D.	N.D.	208.2	N.D.	15.2	394	N.D.	23.3	40.2	N.D.	N.D.	N.D.
S-12	—	1050.8	156.5	N.D.	241.1	10.2	309.2	17	N.D.	N.D.	110	N.D.	19.8	174	N.D.	14.9	118	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguren Carbajal  
 INGENIERA QUÍMICA  
 CIP. 34763

**Cuadro N° A-14**  
**Metales y No Metales En Sedimentos De La Zona Este Del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)															
		Aluminio	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cromo +6	Cobre	Hierro	Potasio	Litio	Magnesio
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cr + 6	Cu	Fe	K	Li	Mg
S-01	07/08/2012	13059.1	220.2	88.9	177.3	N.D.	N.D.	839.9	N.D.	4.8	9.7	N.D.	20.0	43535.3	1445.7	9.5	2068.7
S-02	07/07/2012	3820.1	25.8	N.D.	68.1	N.D.	N.D.	161.4	N.D.	1.6	4.7	N.D.	14.0	29786.9	758.8	1.1	865.0
S-03	07/07/2012	6125.9	271.4	5.1	94.1	0.5	N.D.	1472.4	4.7	7.4	14.6	N.D.	20.8	19291.1	770.3	14.3	2039.3
S-04	07/07/2012	5375.4	20.6	2.9	97.6	N.D.	N.D.	1241.0	N.D.	5.5	4.0	N.D.	16.3	10315.3	1151.8	6.5	1709.1
S-12	07/07/2012	6182.1	70.3	8.1	91.0	N.D.	N.D.	1668.8	N.D.	7.0	2.8	N.D.	25.5	12339.5	818.3	13.9	1230.3

Fuente: Envirolab Peru

CONSORCIO V-5

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

**Cuadro N° A-15**  
**Metales y No Metales En Sedimentos De La Zona Este Del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)																
		Manganeso	Molibdeno	Sodio	Níquel	Fósforo	Plomo	Selenio	Silicio	Estañio	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio	Oro
		Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Si	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn	Ag	Hg	Au
S-01	07/08/2012	50.6	3.7	371.6	6.2	889.4	25.7	N.D.	N.D.	557.1	N.D.	33.9	605.2	N.D.	47.0	65.9	N.D.	N.D.
S-02	07/07/2012	50.1	4.2	137.6	N.D.	487.4	9.9	N.D.	127.1	N.D.	22.2	124.3	N.D.	28.8	12.9	N.D.	N.D.	N.D.
S-03	07/07/2012	230.9	N.D.	187.0	7.6	455.1	189.0	N.D.	191.0	N.D.	29.0	250.8	N.D.	40.1	588.4	5.00	0.100	N.D.
S-04	07/07/2012	194.5	N.D.	225.0	4.4	415.4	5.4	N.D.	222.2	N.D.	16.0	557.8	N.D.	30.5	35.8	N.D.	N.D.	N.D.
S-12	07/07/2012	137.5	N.D.	218.4	8.2	354.7	15.2	N.D.	212.7	N.D.	21.0	250.6	N.D.	18.8	100.8	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Peru

CONSORCIO V-5

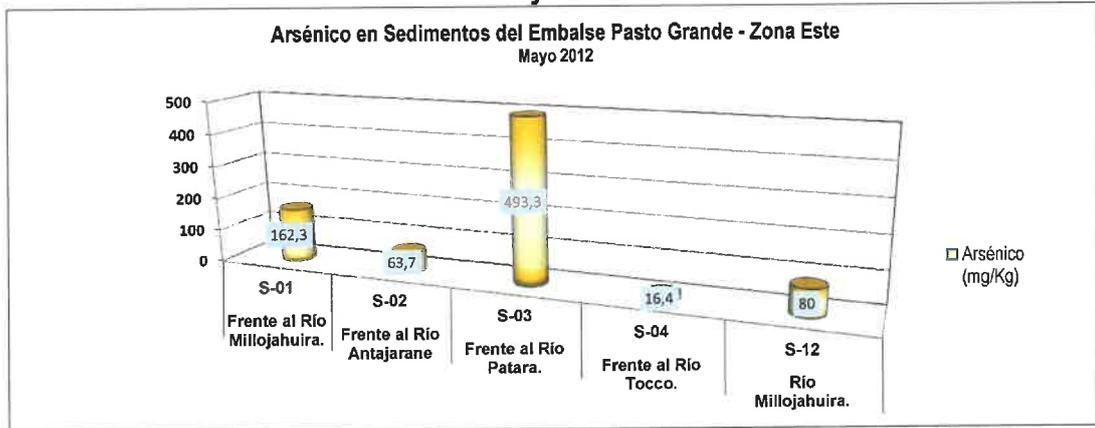
Ing. Martha Aránguez Carbajal  
 INGENIERA QUÍMICA  
 C.P. 34763

**Evaluación de Resultados:**

**Arsénico:**

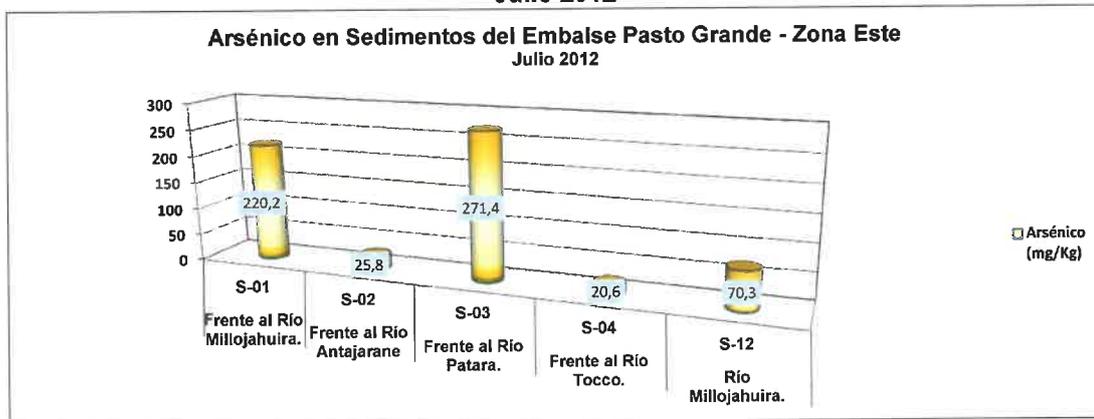
Del análisis de arsénico; tal como se observa las concentraciones máximas se dieron en la muestra ubicada frente al río Patara; con una concentración de 493.3 mg/kg. Siendo la mínima concentración de arsénico en los sedimentos de la muestra sacada a 0.9 m de profundidad frente al río Tocco.

**Gráfico N°A-17**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje; el arsénico registrado en los sedimentos de la zona Este del embalse Pasto Grande; se observa que las máximas concentraciones se dieron en los sedimentos de la estación S-03 (estación ubicada frente al río Patara). Se muestra en el siguiente Gráfico.

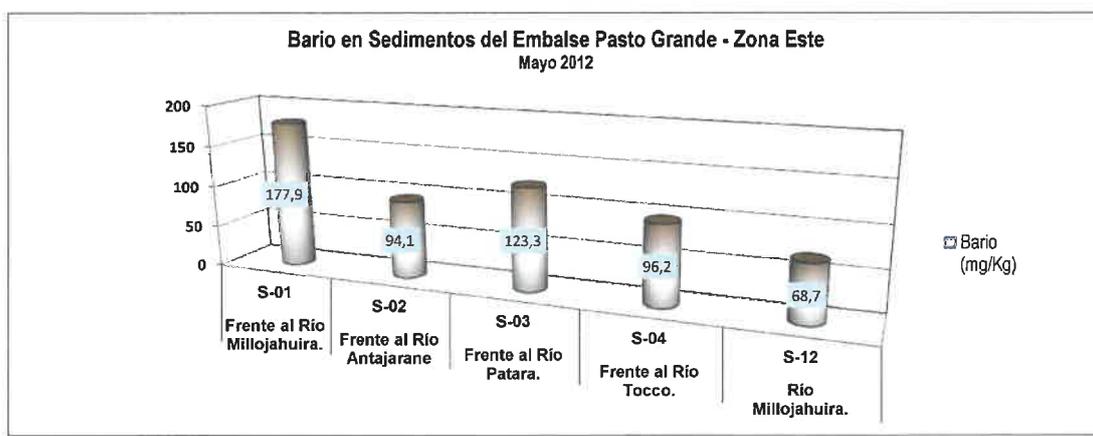
**Gráfico N°A-18**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Bario:**

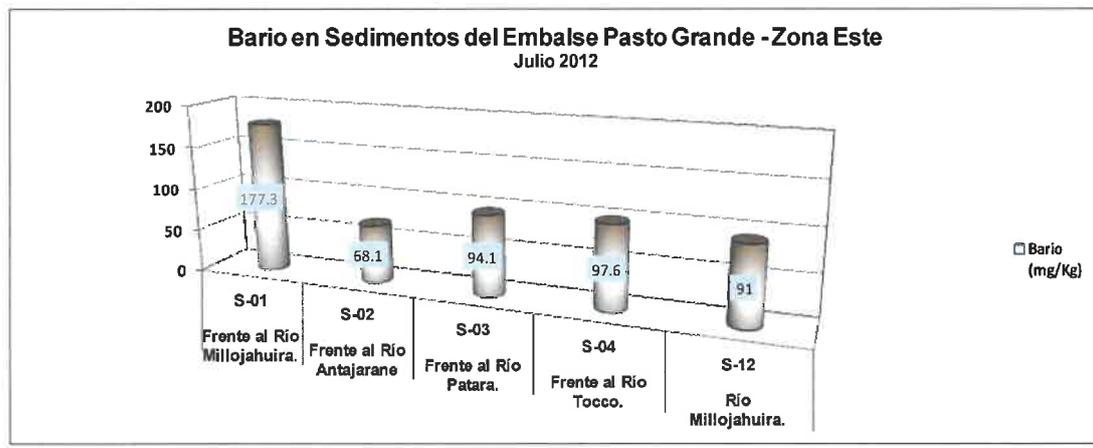
En el periodo de lluvias, en la zona este del embalse Pasto Grande, la máxima concentración de bario reportado se encuentra ubicado frente al río Millojahuira (a 1.1 m de profundidad) con un valor reportado de 177.9 mg/kg.

**Gráfico N°A-19**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, en la zona este del embalse Pasto Grande, la máxima concentración de bario reportado en los sedimentos se encuentra ubicado frente al río Millojahuira con un valor reportado de 177.3 mg/Kg.

**Gráfico N° A-20**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

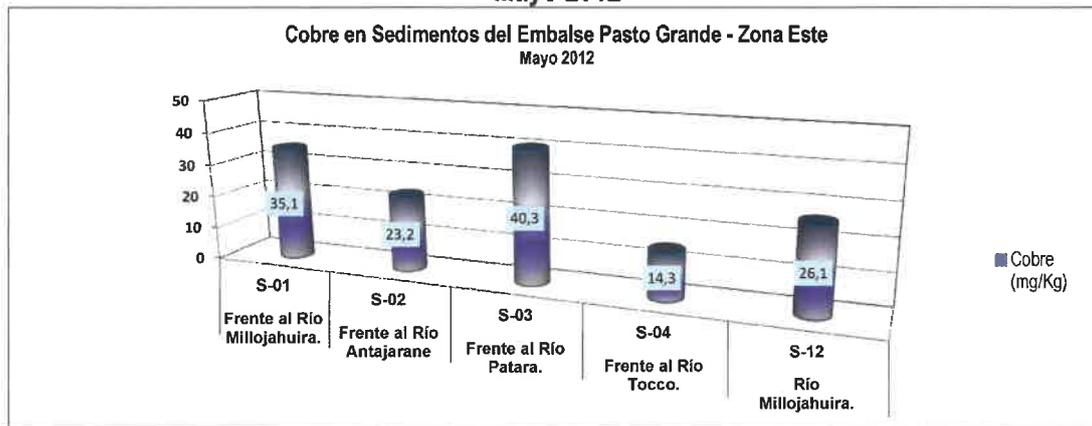
Ing. María Paz Nuñez  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 6530

Ing. Martha Aranguén Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**Cobre:**

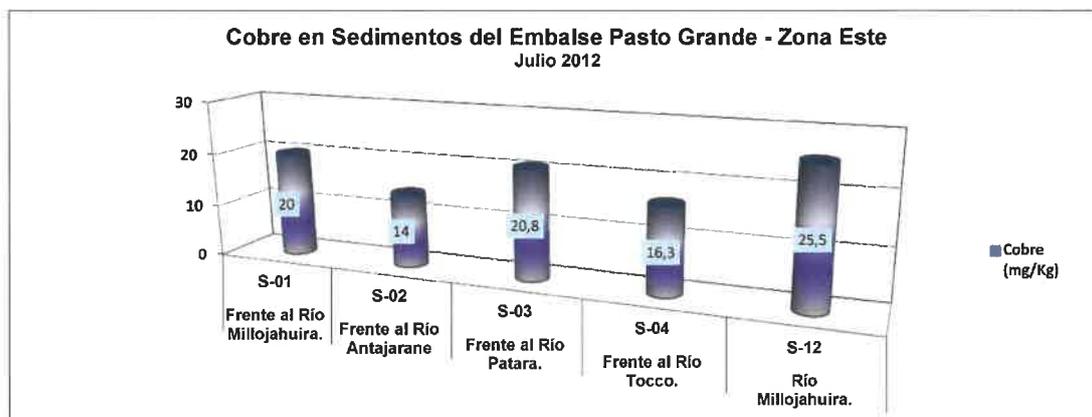
En el periodo de lluvias, las concentraciones de cobre, tal como se muestra a continuación se reportaron menores a 40.3 mg/kg. Siendo la máxima concentración reportada frente al río Patara (a una profundidad de 1.1 m). La mínima concentración se dio a 0.9 m de profundidad en los sedimentos ubicados frente al río Tocco. La presencia de cobre en los sedimentos, se encuentran en cantidades menores según los estándares de MEM /Canadá.

**Gráfico N° A-21**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de cobre en sedimentos de la zona Este del embalse Pasto Grande; tal como se muestra a continuación se reportaron menores a 30 mg/Kg. Siendo la máxima concentración reportada en sedimentos ubicados en el río Millojahuira (con un máximo valor de 25.5 mg/Kg).

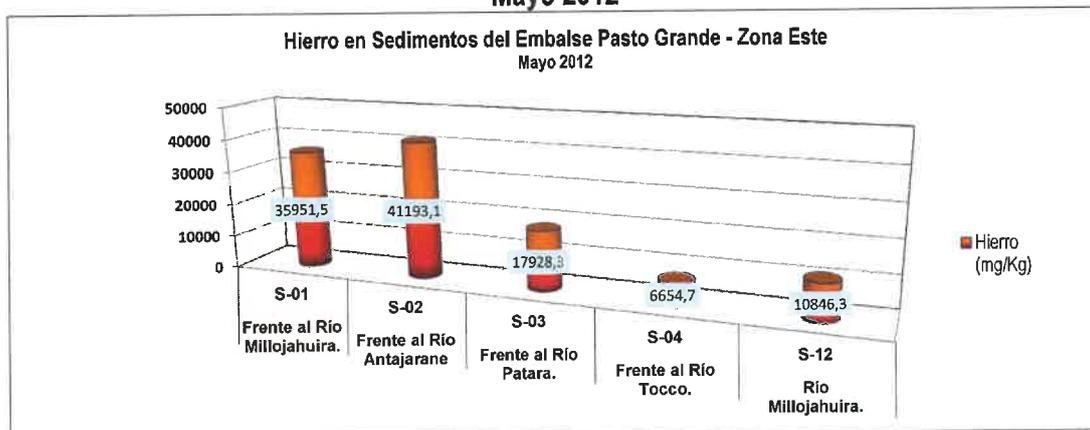
**Gráfico N° A-22**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Hierro:**

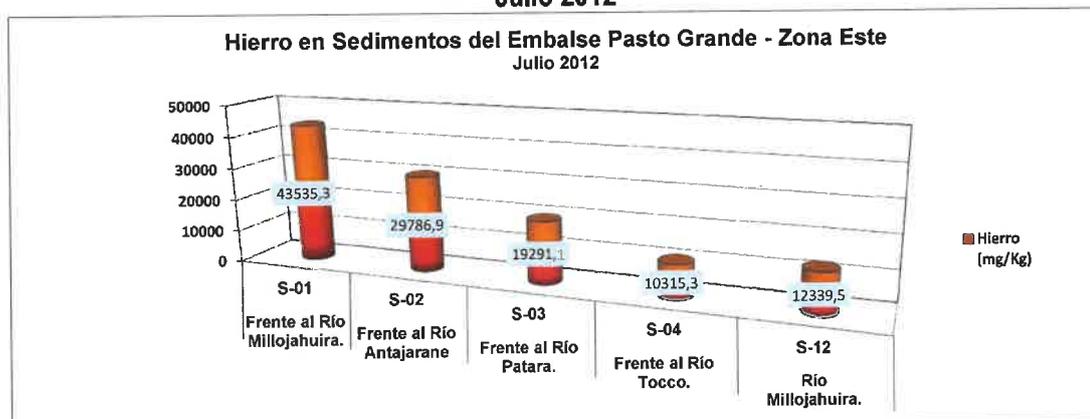
En el periodo de lluvias, tal como se muestra en el siguiente gráfico, los sedimentos ubicados frente al río Antajarane (a 0.9 m de profundidad) son los de mayor concentración (41193.1 mg/kg). En general, las concentraciones de hierro en los sedimentos se encuentran muy por encima de 5000 mg/kg.

**Gráfico N° A-23**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de hierro en los sedimentos de la zona Este del embalse Pasto Grande oscilan entre 43535.3 mg/Kg en la estación S-01 y 10315.3 mg/Kg en la estación S-04; tal como se muestra en el Gráfico N° A-24, *Hierro en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande*.

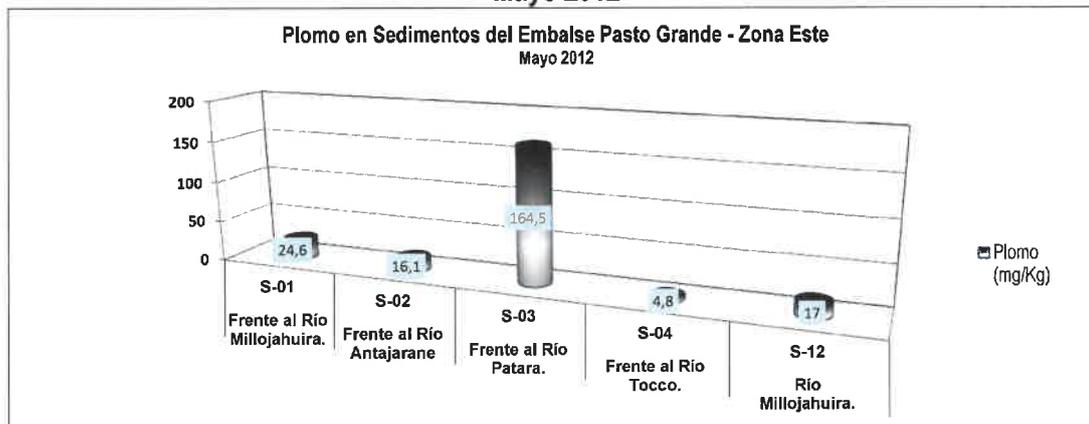
**Gráfico N° A-24**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Plomo:**

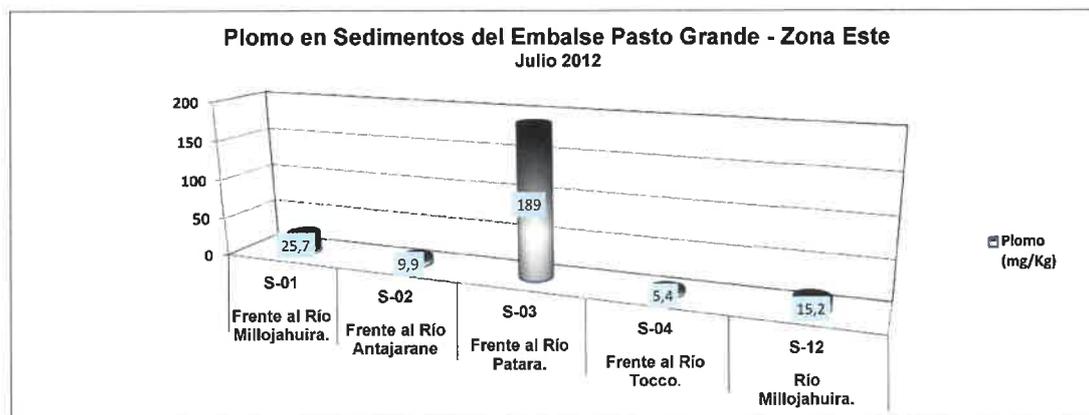
En el periodo de lluvias, los sedimentos reportados frente al río Patara son los que reportaron las máximas concentraciones de plomo (164.5 mg/kg). Siendo los sedimentos del río Tocco los de mínimos valores con 4.8 mg/kg de plomo. Según los estándares el plomo para sedimentos (20 mg/L), las concentraciones presentes en los sedimentos frente al río Patara, superan significativamente los valores de plomo.

**Gráfico N°A-25**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, la concentración de plomo en la estación S-03 (frente al río Patara) son los que reportaron las máximas concentraciones de plomo (189 mg/Kg). Siendo los sedimentos de la estación S-02 (frente al río Tocco) los de mínimos valores con 5.4 mg/Kg de plomo.

**Gráfico N° A-26**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

**Zinc:**

Al igual que las concentraciones de plomo, los valores de zinc en los sedimentos reportados frente al río Patara, reportaron las máximas concentraciones con 420.2 mg/kg. Siendo los

CONSORCIO V-5

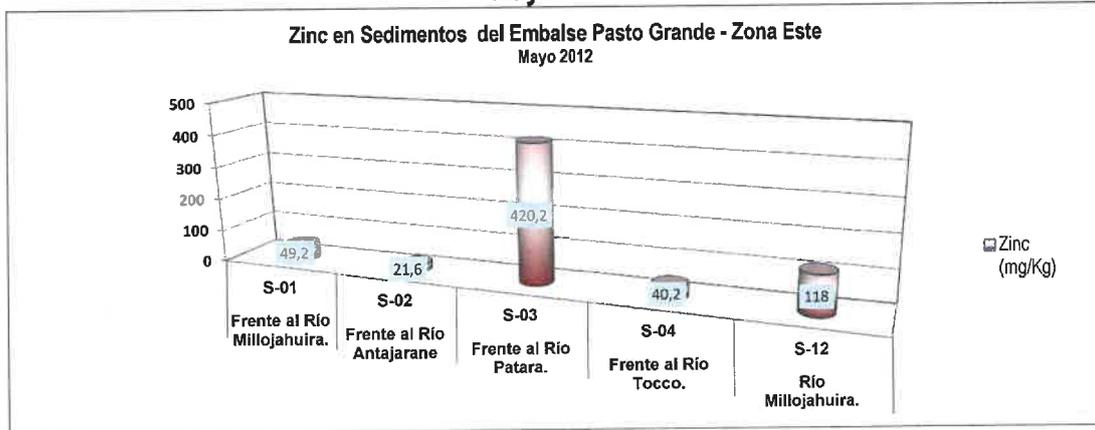
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5

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

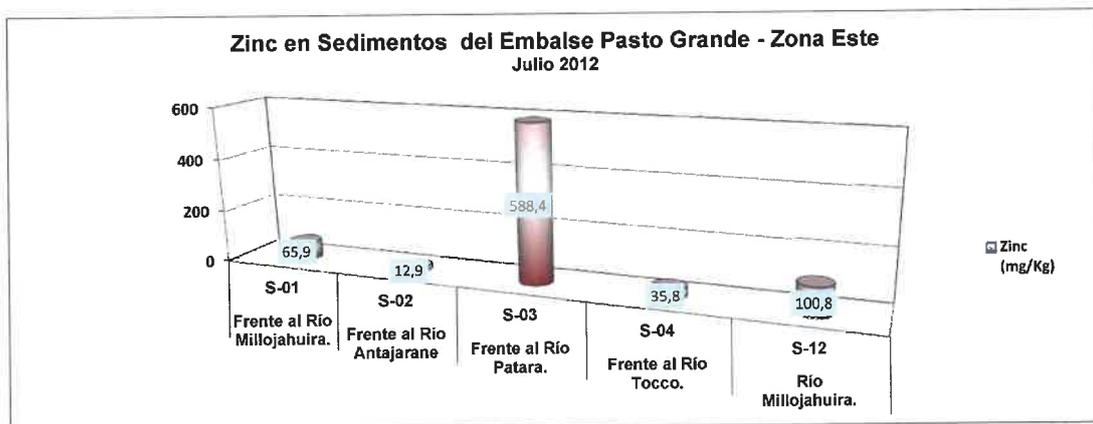
sedimentos del río Antajarane los de mínimos valores con 21.6 mg/kg de zinc. El valor límite según MEM, no deberá ser mayor de 120 mg/Kg en un sedimento, sobrepasando significativamente los sedimentos que corresponden a la descarga del río Patara.

**Gráfico N°A-27**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de metales de zinc en la zona Este del Embalse Pasto Grande; al igual que las concentraciones de plomo, los valores de zinc en los sedimentos reportados frente al río Patara, reportaron las máximas concentraciones con 588.4 mg/Kg. Siendo los sedimentos del río Antajarane los de mínimos valores con 212.9 mg/Kg de zinc.

**Gráfico N° A-28**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Este del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Metales y No Metales:**

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de concentraciones de metales obtenidas del monitoreo realizado en la primera y segunda campaña 2012 de las estaciones de muestreo de sedimentos ubicados en la zona este del embalse Pasto Grande.

Se observa las bajas concentraciones de metales tales como boro, bario, berilio, bismuto, cadmio, cromo total, cromo 6+, cobalto, litio, molibdeno, níquel, selenio, silicio, estaño, estroncio, talio, vanadio, plata, mercurio y oro, que algunos casos se asume la ausencia por hallarse muy por debajo del límite de detección.

Zona Central del Embalse Pasto Grande:

En la zona Central del embalse Pasto Grande se evaluaron estaciones de muestreo de sedimentos en 6 puntos, donde para la evaluación calidad física y química se tomaron muestras en el estación S-06, S-07, S-08, S-09, S10 y S11.

La ubicación de las estaciones en la zona central del embalse Pasto Grande se muestra en la siguiente imagen satelital:

Al igual que en la zona Este del embalse Pasto Grande; es importante considerar que la toma de muestras de sedimentos en la zona Central, se realizaron a diferentes profundidades, tal como se muestra en el siguiente perfil:

**Figura N°1.8**  
**Foto Satelital de la Zona Central de los Puntos de Monitoreo de Sedimentos – 2012**



Al igual que en la zona Este del embalse Pasto Grande; es importante considerar que la toma de muestras de sedimentos en la zona Central, se realizaron a diferentes profundidades, tal como se muestra en el siguiente perfil:

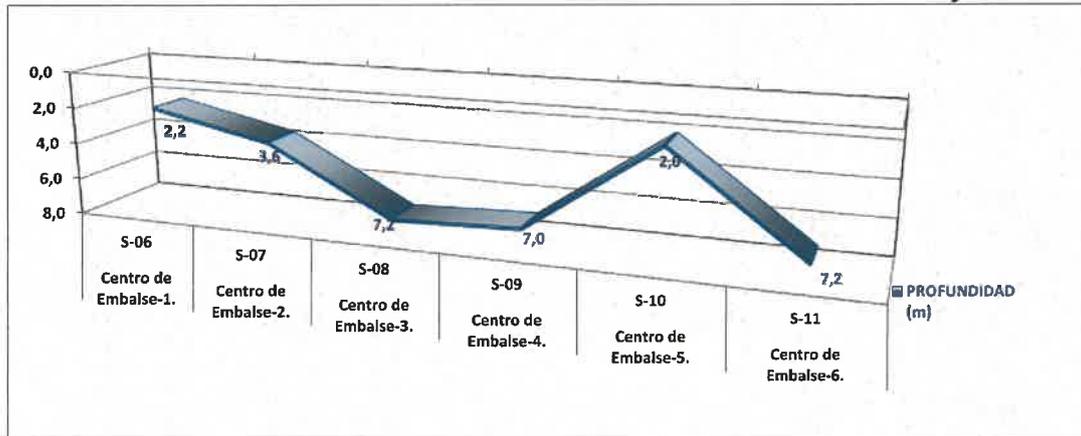
CONSORCIO V-5

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

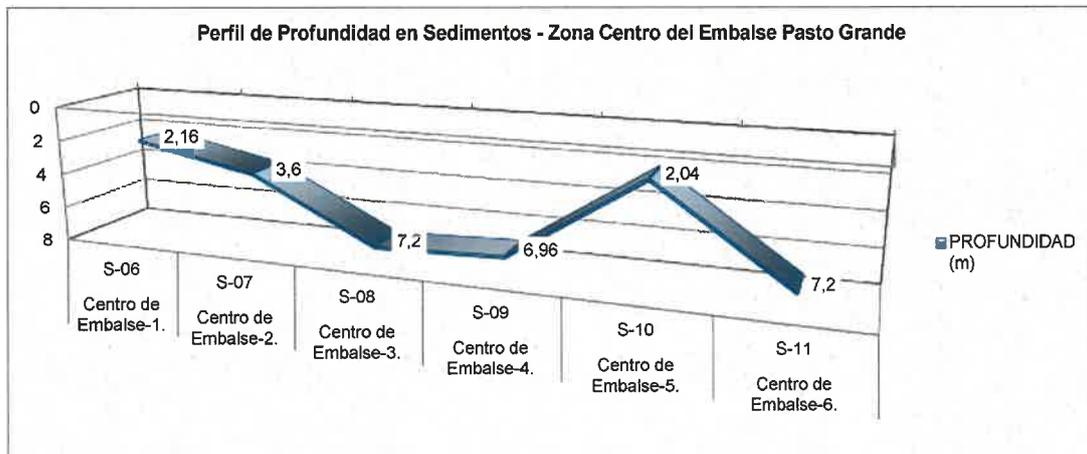
CONSORCIO V-6

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

**Gráfico N° A-29**  
**Perfil de Profundidades de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**



**Gráfico N° A-30**  
**Perfil de Profundidades de la Zona Central del Embalse Pasto Grande – Julio 2012**



La evaluación de los resultados y reportes del laboratorio, se describen a continuación:

**Parámetros Físico Químicos:**

En el siguiente cuadro se resume los resultados emitidos del laboratorio, incluyendo otros parámetros como demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno respectivamente; los que fueron referencialmente evaluados con el estándar de calidad ambiental para aguas de Lagunas y Lagos, por no existir referencias de estándares para estos parámetros en sedimentos.

**Cuadro N°A-16**  
**Resumen de Parámetros Físicos y Químicos en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**

CONSORCIO V-5  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5  
Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 34763

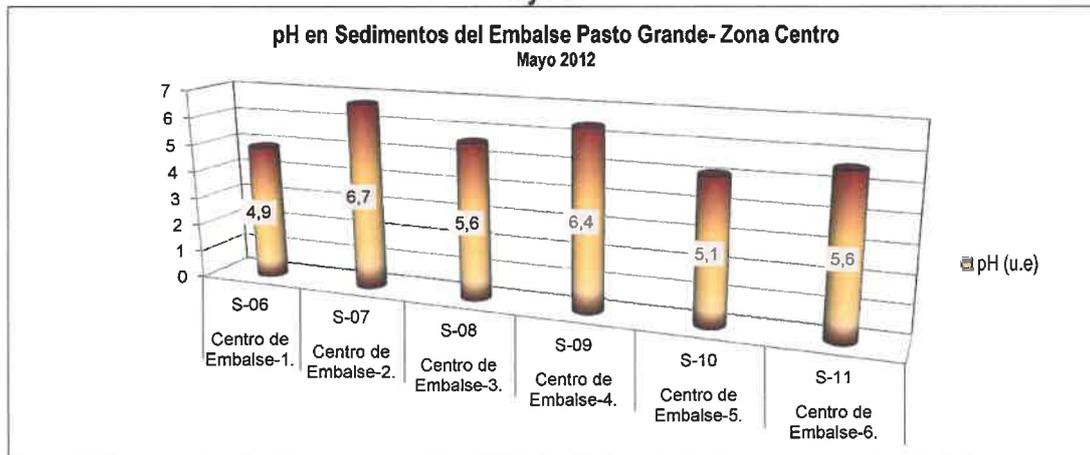
Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)		
			pH (u.e)	DBO	DQO
ECA: Categoría 4			6.5-8.4	-	-
Zona Centro del Embalse Pasto Grande	S-06	9-May-12	4.9	188	387
	S-07	9-May-12	6.7	375	563
	S-08	10-May-12	5.6	26000	46375
	S-10	9-May-12	5.1	260	467
	S-09	10-May-12	6.4	25500	40325
	S-11	10-May-12	5.6	27500	48375

Fuente: Envirolab Perú

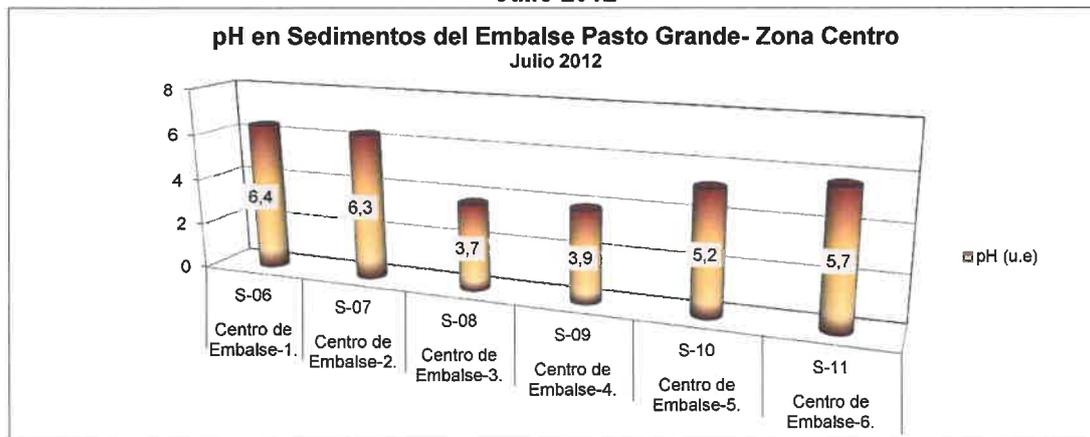
**pH**

En el periodo de lluvias, los valores de pH en la zona central del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico, se encuentran entre neutras y ácidas siendo los sedimentos ubicados en la parte central a dirección del río Tocco del de menor valor (4.9 u.e de pH).

**Gráfico N° A-31**  
pH en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande  
Mayo 2012



**Gráfico N°A-32**  
pH en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –  
Julio 2012



CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-6

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

50

**Parámetros Inorgánicos:**

En el siguiente cuadro, se muestran la calidad en los parámetros inorgánicos reportados por el laboratorio para la primera y segunda campaña de monitoreo.

**Cuadro N° A-17**  
**Parámetros Inorgánicos en Sedimentos de la Zona Central del**  
**Embalse Pasto Grande – Mayo 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/L)								
			DBO	N - Amoniaco	Cloruros	Sulfatos	Fosforo Total	Fluoruros	Sulfuro	Cianuro Total	Cianuro wad
Zona Central del Embalse Pasto Grande	S-06	9-May-12	188	19.4	22	281.9	0.76	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-07	9-May-12	375	44.6	33	221.8	13.3	2.7	9.4	N.D.	N.D.
	S-08	10-May-12	26000	45.15	30	407.7	5.93	2.1	N.D.	N.D.	N.D.
	S-09	10-May-12	25500	25.28	45	305.3	0.70	1.7	N.D.	N.D.	N.D.
	S-10	9-May-12	260	2.96	26	45.7	3.6	1.1	N.D.	N.D.	N.D.
	S-11	10-May-12	27500	13.43	32	406.2	4.61	1.5	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

**Cuadro N° A-18**  
**Parámetros Inorgánicos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

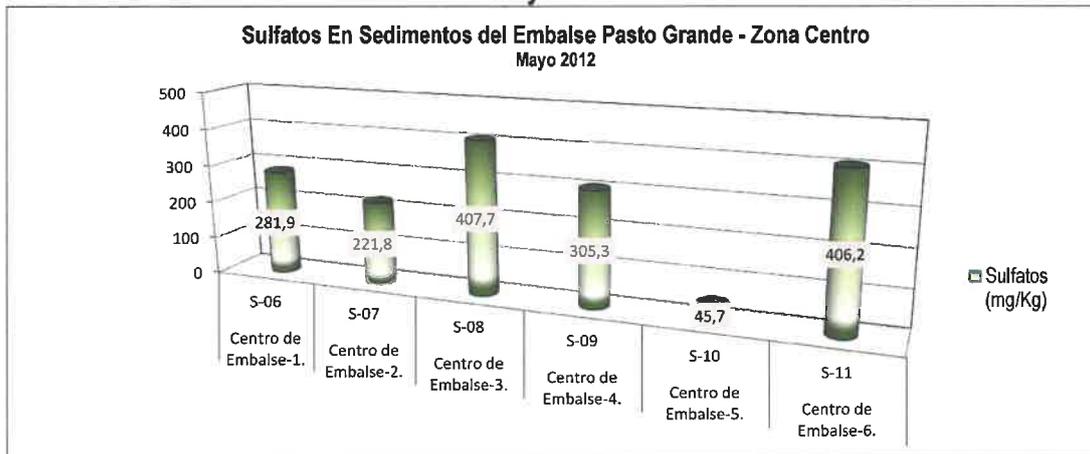
Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)							
			DBO	Cloruros (mg/Kg)	Sulfatos (mg/Kg)	Fosforo Total (mg/Kg)	Fluoruros (mg/Kg)	Sulfuro (mg/Kg)	Cianuro Total	Cianuro wad
			DBO <sub>5</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P	F			
			mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
ECA:	Categoria 4 (Lagunas y lagos)			—	—	0.5	—	—	—	—
Zona Centro del Embalse Pasto Grande	S-06	07/07/2012	59000	40	89.6	18079	1.73	N.D.	N.D.	N.D.
	S-07	07/07/2012	27800	30	139.4	39949	2.56	46.9	N.D.	N.D.
	S-10	07/07/2012	37000	32	76.7	64032	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	S-11	07/07/2012	27200	24	398.5	14834.0	2.20	146.9	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

**Sulfato:**

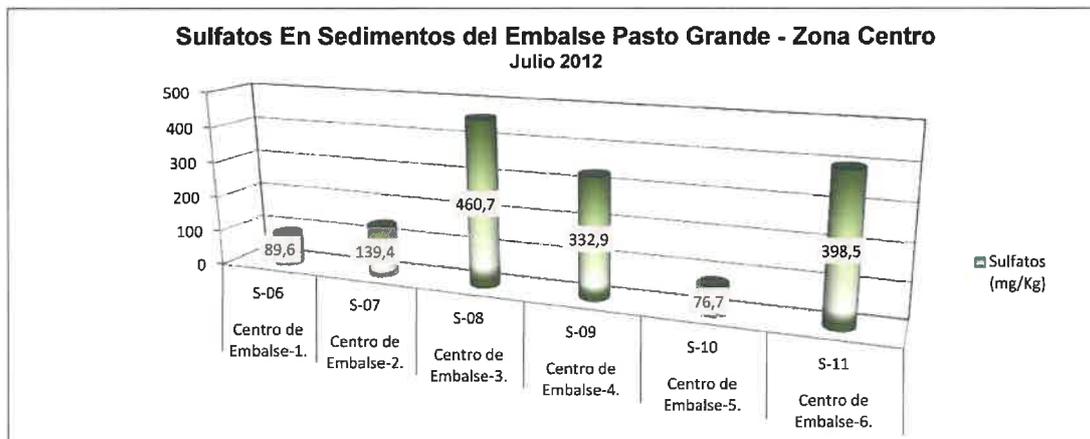
En el periodo de lluvias, tal como se muestra en el siguiente gráfico; las concentraciones de sulfato en la zona central se encuentran por debajo de 500 mg/kg. Siendo los sedimentos ubicados a 1.7 m de profundidad los de menor concentración (45.7 mg/kg, estación S-10). Las mayores concentraciones provienen en las estaciones frente a los ríos Millojahuiria (S-08), seguido del S-09 y del S-11. La presencia del sulfato en sedimentos proviene principalmente de las reacciones que ocurren entre el ácido sulfúrico de las aguas ácidas que ingresan al embalse y la presencia entre otros, del elemento bario, formando compuesto de sulfato de bario, que precipita en condiciones de pH que presenta el embalse.

**Gráfico N°1 A-33**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje los parámetros evaluados en la calidad de sedimentos de la zona Central del embalse Pasto Grande, se analizó las concentraciones de sulfato. En el siguiente gráfico, registraron valores menores a 500 mg/Kg. Siendo la estación S-11 la de mayor registro con 398.5 mg/Kg.

**Gráfico N° A-34**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



Cabe mencionar que durante la primera campaña (época de Avenida – Abril 2012) las concentraciones de sulfato reportadas fueron de mayor concentración a los de la segunda campaña en época Estiaje (Julio 2012).

Con respecto a los otros parámetros, cloruro, sulfato, fósforo total, sulfuro, cianuro total y cianuro Wad monitoreados en la zona Central del Embalse Pasto Grande, tal como se presenta en el Cuadro siguiente, los máximos valores reportados se dieron en la estación S-11.

#### **DBO y DQO:**

La presencia elevada de la Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno (DBO y DQO) en las zonas laterales centrales que corresponden a las Estaciones S-08, S-09 y S-11, guarda relación con la ubicación de zonas del embalse de menores corrientes de flujos, por hallarse en la zona lateral opuesta de las descargas de los ríos principales, más aún si el tiempo de residencia de las aguas en el embalse es mayor a 2 años, se puede asumir que se está creando una zona sin mayor circulación de aguas.

#### **Metales y No Metales**

En el siguiente cuadro se presenta las concentraciones de metales en las estaciones de muestreo de sedimentos ubicados en la zona central del embalse Pasto Grande.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**Cuadro N°A-19**  
**Metales Totales en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)													
			Aluminio	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cromo hexavalente	Cobre	Hierro	Potasio
Zona Centro del Embalse Pasto Grande	Estándares MEM / Canada		—	30/ 29-55	—	500/ 200-625	4/—	—	—	—	—	—	100/ 36-190	—	—	—
	S-06	9-May-12	2681.9	57.4	11.1	66.7	N.D.	1773.9	1.6	7.4	2.4	N.D.	21.6	8693.1	550.2	4.1
	S-07	9-May-12	9278.6	621.5	15.7	157.4	N.D.	2259.4	6.8	13.1	9.5	N.D.	71.4	18731.5	1365.6	43
	S-08	10-May-12	34720	647	90.9	161.8	N.D.	3034.6	6.5	37.9	16.5	N.D.	133.5	30402.2	2769.9	167.4
	S-10	9-May-12	4915.8	348.2	11.4	101.9	N.D.	2503	2.7	7.4	7.2	N.D.	33.1	11137.2	1396.7	9.4
	S-09	10-May-12	19253.9	287	27.6	181.5	N.D.	2878.1	4	19.4	14	N.D.	58.8	23265.1	2958.3	43.7
	S-11	10-May-12	22831.8	364.5	35.3	214.2	N.D.	2176.3	5.6	22.3	13.3	N.D.	67.7	21677.1	2254.9	99.4

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 65530

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

**Cuadro N°A-20**  
**Metales en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande – Mayo 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)																	
			Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Sodio	Níquel	Fósforo	Plomo	Estroncio	Selenio	Silicio	Estaño	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio
Zona Centro del Embalse Pasto Grande	Estándares MEM / Canada		---	---	10/10-200	---	---	---	---	---	500/50-50	---	---	---	---	200/---	500/140-720	20/---	2/03 - 10	---
	S-06	9-May-12	974.9	282	N.D.	198.4	7.9	519.3	7	N.D.	N.D.	N.D.	17.8	180.9	N.D.	29.5	91.1	N.D.	N.D.	N.D.
	S-07	9-May-12	3102.3	227.8	N.D.	261.8	15.2	791.5	364.7	23.8	N.D.	N.D.	38.2	137.2	N.D.	35.2	705.8	10.355	N.D.	N.D.
	S-08	10-May-12	3036.7	251.9	4.318	575.4	36	2053	142.1	N.D.	N.D.	N.D.	65.3	408.6	N.D.	51.4	694.9	4.847	0.09	N.D.
	S-10	9-May-12	2158	271.6	N.D.	241.1	11.5	558.8	32.7	N.D.	N.D.	N.D.	29.2	193.3	N.D.	29.4	171.7	N.D.	N.D.	N.D.
	S-09	10-May-12	3525.9	352.8	1.765	699.4	21.2	836.3	77.6	N.D.	N.D.	N.D.	51.7	774	N.D.	52.8	350.4	N.D.	0.09	N.D.
	S-11	10-May-12	2632.1	263.4	2.38	407.6	24.3	1114	211.8	N.D.	N.D.	N.D.	56.3	380.2	N.D.	42	657.3	9.318	0.1	N.D.

Fuente: Envirolab Peru

CONSORCIO V-5  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5  
Ing. Isitha Sanguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 34763

Cuadro N° A-21  
Metales en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)															
			Aluminio)	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cromo hexavalente	Cobre	Hierro	Potasio	Litio	
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	ECA: Categoría 4		-	0.01	-	0.7	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.02	-	-	
	S-05	08/07/2012	9060.3	161.0	12.0	46.6	N.D.	N.D.	N.D.	734.2	N.D.	N.D.	3.4	2.9	18.2	10009.7	491.8	15.4
	S-18	08/07/2012	8643.1	35.4	33.0	125.4	N.D.	N.D.	N.D.	1317.4	N.D.	N.D.	5.1	5.0	12.7	12674.5	1311.5	20.6

Fuente: Envirolab Perú

Cuadro N° A-22  
Resumen de Metales en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)																		
			Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Sodio	Niquel	Fósforo	Plomo	Estroncio	Selenio	Silicio	Estatio	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio	Oro (mg/Kg)
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	ECA: Categoría 4		-	-	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-
	S-05	08/07/2012	575.70	99.7	N.D.	144.3	3.2	367.0	151.1	6.7	N.D.	N.D.	19.4	116.2	N.D.	13.8	112.5	5.2	N.D.	N.D.	
	S-18	08/07/2012	1539.4	79.6	N.D.	383.9	5.3	550.8	18.9	N.D.	N.D.	16.9	546.1	N.D.	30.1	47.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5

Ing. María Díaz Nuñez  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 46530

CONSORCIO V-5

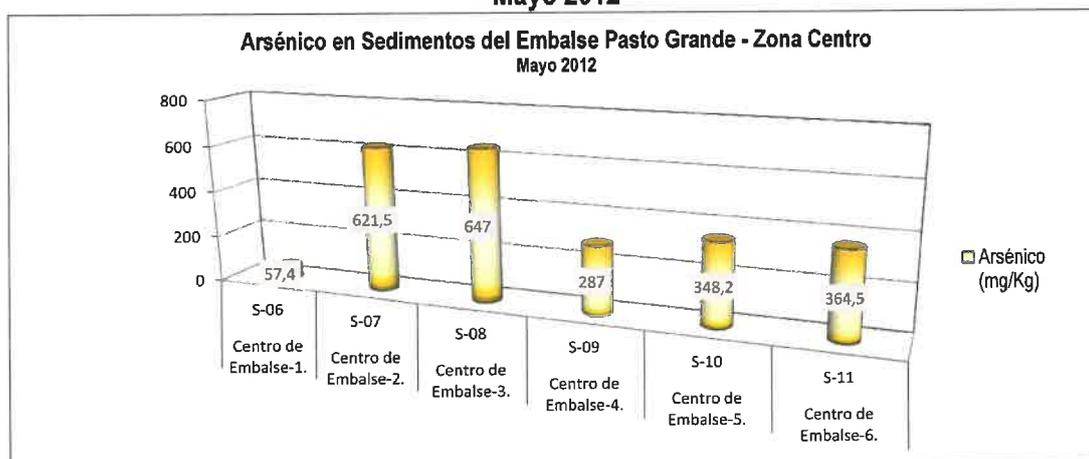
Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 34703

**EVALUACIÓN DE RESULTADOS:**

**Arsénico:**

En el periodo de lluvias, el arsénico; tal como se observa la mínima concentración ocurrió en la muestra S-06 ubicada 1.7 m de profundidad (57.4 mg/kg). Las máximas concentraciones observadas son en S-07 y S-08, corresponden a la zona central del embalse, frente de los ríos Millojahuirá y Antajarane.

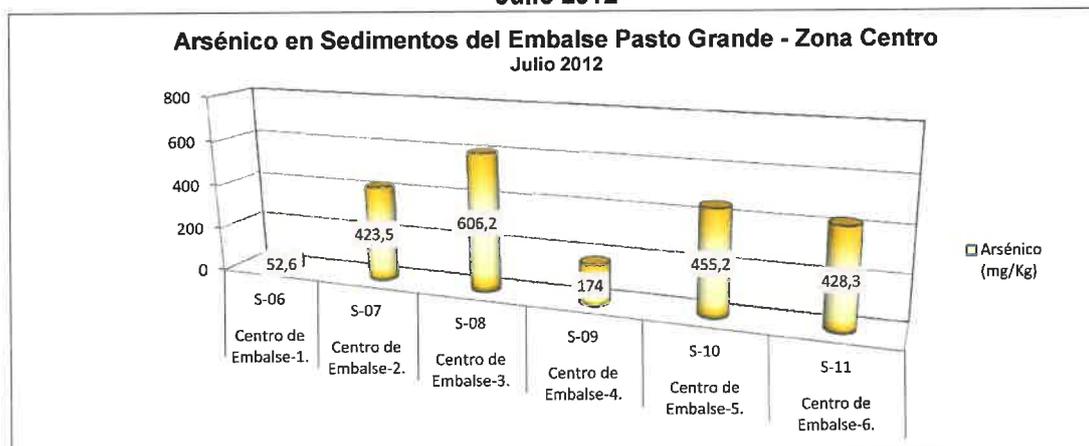
**Gráfico N° A-35**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones registradas de arsénico total en los sedimentos de la zona Central del Embalse Pasto Grande; tal como se visualiza en el Gráfico N° A-36, *Arsénico en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande*, las estaciones S-07, S-10 y S-11 reportaron las máximas concentraciones de sedimentos.

Cabe mencionar que las máximas concentraciones reportadas en el monitoreo realizado en la época de lluvias (Abril 2012) fueron en la estación S-08; y no se tienen datos de monitoreo en esta estación para esta campaña.

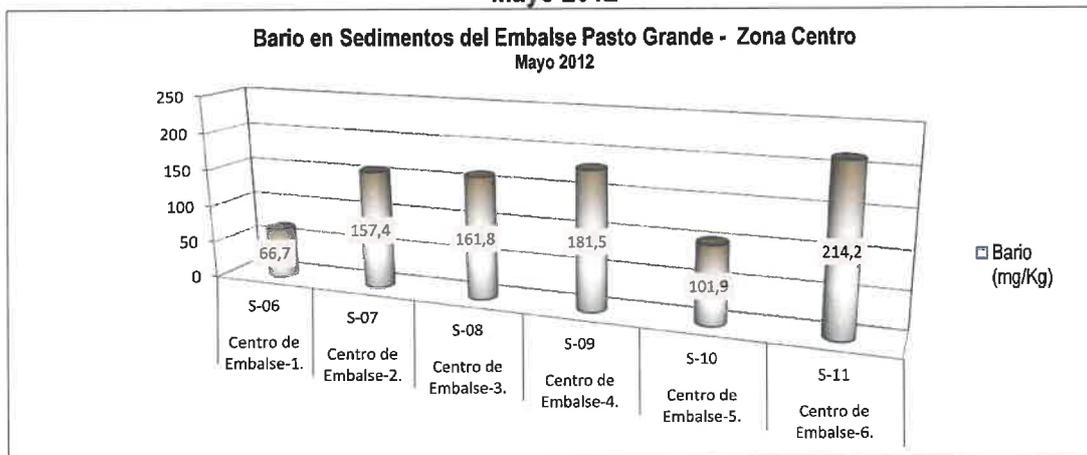
**Gráfico N° A-36**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Bario**

*En el periodo de lluvias*, en la zona central del embalse Pasto Grande, la máxima concentración de bario reportado se encuentra en la estación S-11, ubicada a 6 m de profundidad, con un valor reportado de 214.2 mg/kg, seguido de las estaciones S-09, S-08 y S-07, ubicados en la zona lateral opuesta a las descargas de los ríos. El bario sedimentado es por la formación del sulfato de bario, presentando semejante comportamiento al del ion sulfato.

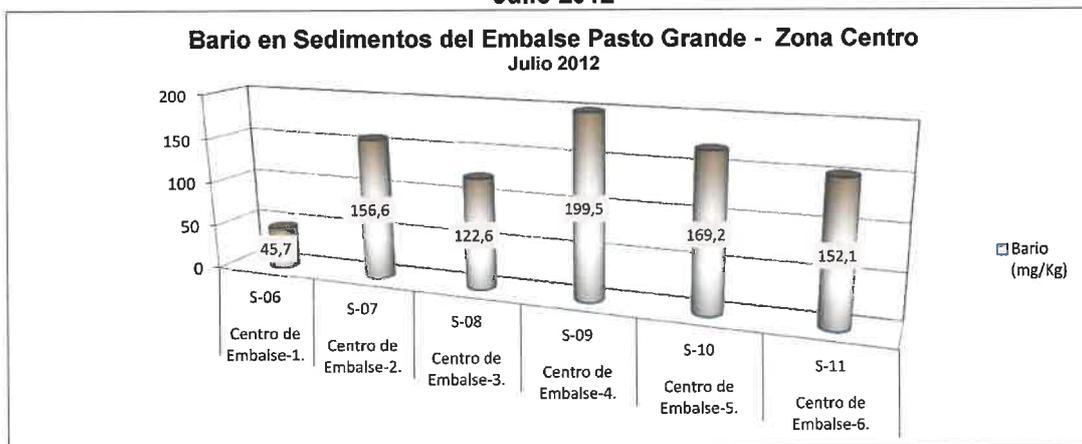
**Gráfico N° A-37**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



*En el periodo de estiaje*, las concentraciones de bario reportadas en los sedimentos de la zona Central en el embalse pasto Grande; registraron sus máximos valores en la estación S-10; tal como se muestra en el Gráfico N° A-38, *Bario en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande*.

Cabe mencionar que con respecto a las concentraciones de bario reportadas en el monitoreo de Julio - 2012 son similares que las concentraciones reportadas en Abril – 2012.

**Gráfico N° A-38**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



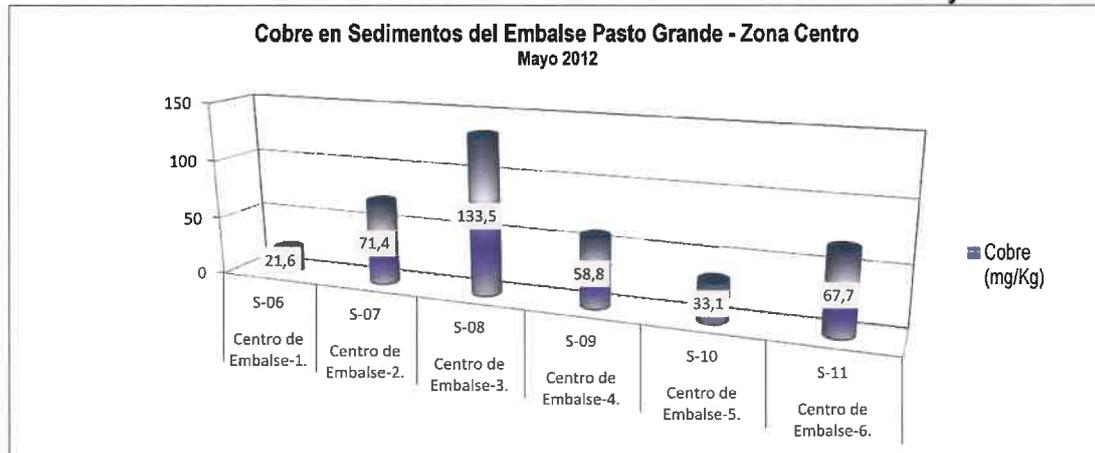
CONSORCIO V-5  
*[Signature]*  
Ing. Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5  
*[Signature]*  
Ing. Martha Aránguez Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 34763

**Cobre:**

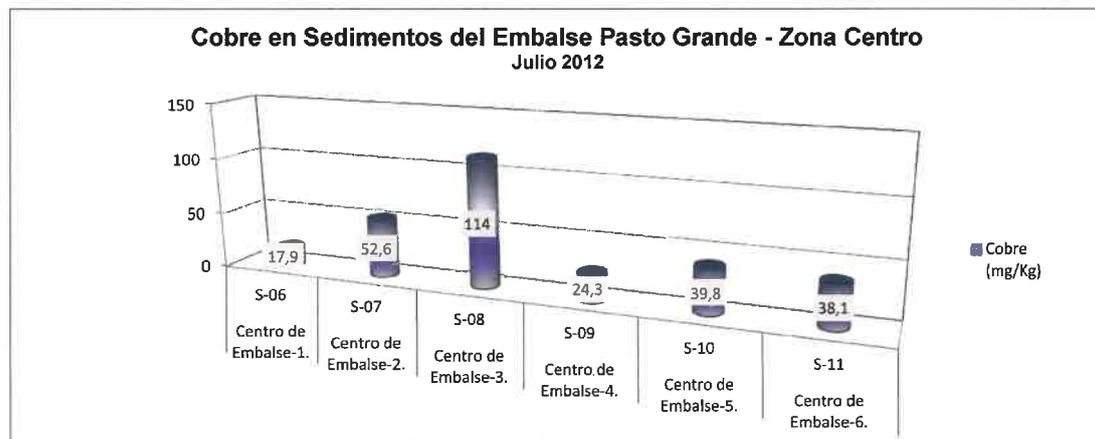
En el periodo de lluvias. Las concentraciones de cobre, tal como se muestra a continuación, los sedimentos de la muestra S-06 reportaron las mínimas concentraciones con 21.6 mg/kg. Las concentraciones máximas se presentan en las estaciones S-08, seguidas de la S-07, S-11 y de la S-07.

**Gráfico N° A-39**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de cobre registradas del monitoreo realizado en Julio 2012 (época Estiaje-2012), tal como se muestra en el Gráfico N° A-40, *Cobre en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande*, reportaron sus máximos valores en la estación S-7 (52.6 mg/Kg).

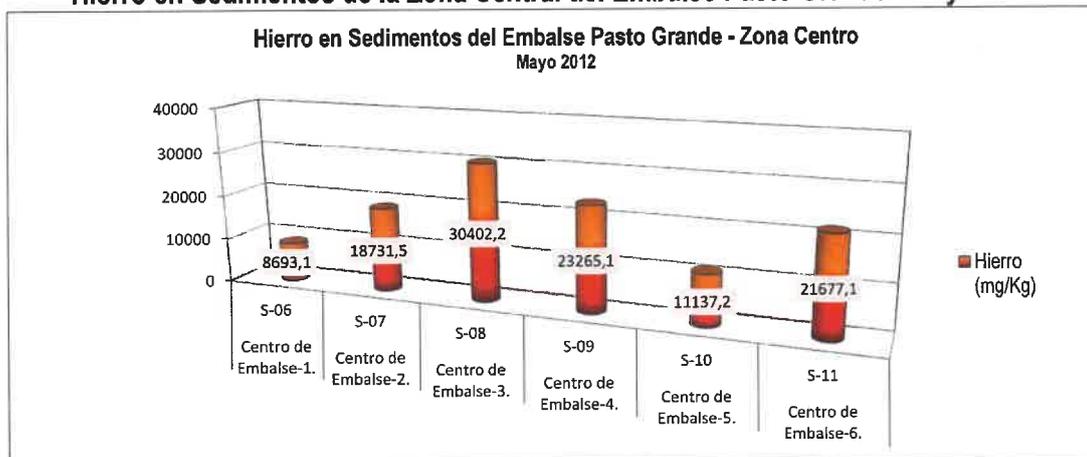
**Gráfico N° A-40**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



**Hierro:**

En el periodo de lluvias, las altas concentraciones registradas en sedimentos de la zona central del embalse Pasto Grande, se dieron en la estación S-08, ubicada a una profundidad de 6 m., seguida de la S-09 y S-11. Guardan semejante relación de ubicación en la deposición de metales, debido a las corrientes de flujos internos y al tiempo de residencia del embalse. La elevada presencia de hierro, genera un gran riesgo de resuspensión de las partículas de hierro sedimentadas (hidróxidos de hierro) por factores naturales, tales como cambios de temperaturas, fenómenos eólicos, entre otros o una descarga fuera de lo normal de agua del embalse.

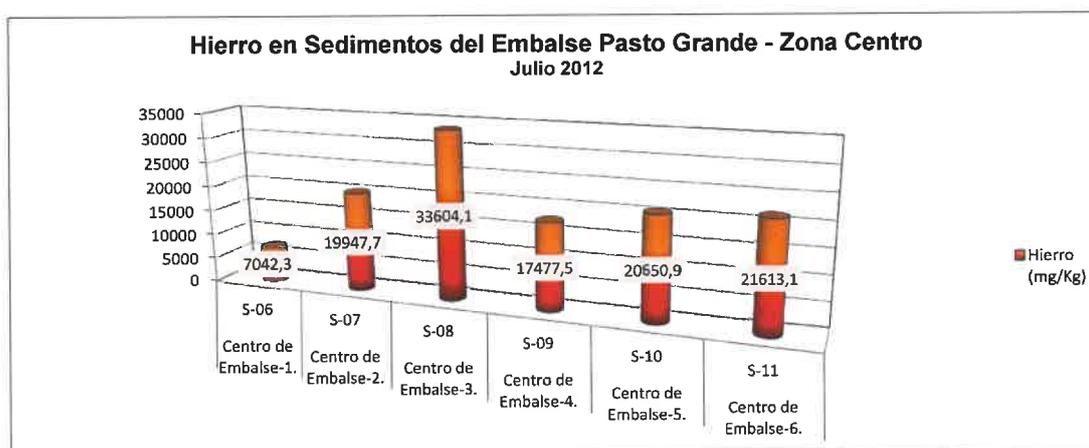
**Gráfico N° A-41**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las altas concentraciones de hierro reportadas en el segundo monitoreo de época Estiaje (Julio 2012) corresponden a la estación S-11 (21613.1 mg/Kg); tal como se muestra en el Gráfico N° A-42, *Hierro en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande*.

Estas altas concentraciones de hierro al centro del embalse Pasto Grande durante el monitoreo de época Estiaje y durante el monitoreo de época de avenida (Abril 2012) iones sulfurosos.

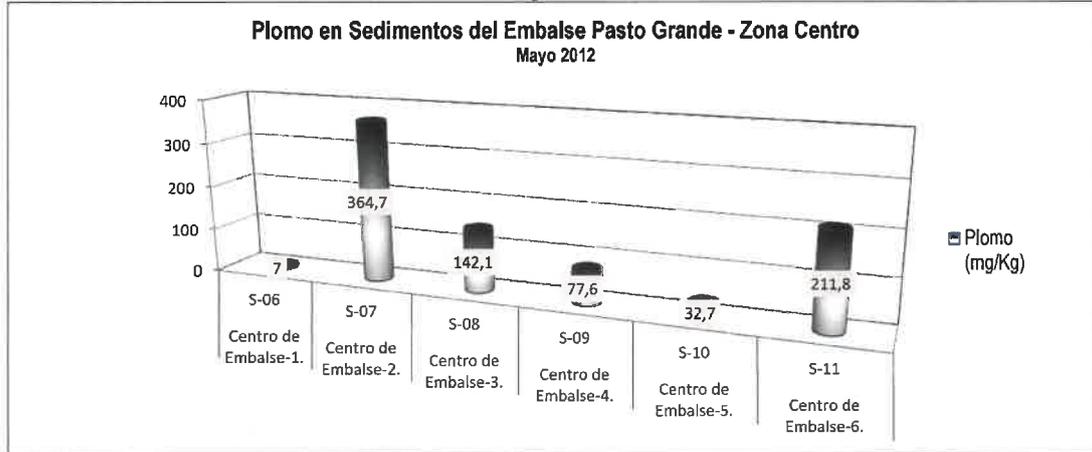
**Gráfico N° A-42**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



**Plomo**

En el periodo de lluvias, Las concentraciones de sedimentos reportados en la zona central de embalse, reportaron sus máximas concentraciones en la estación S-07 ubicada a 7m de profundidad, con 364.7 mg/kg de concentración de plomo, seguido de la Estación S-11 y S-08. Similar comportamiento en la deposición del arsénico, bario, cobre y hierro.

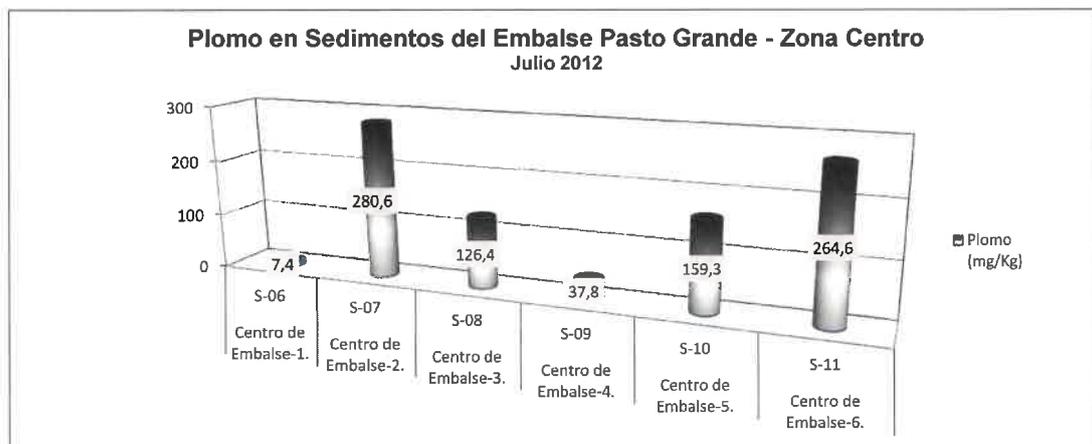
**Gráfico N° A-43**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de cobre en sedimentos monitoreados, reportan sus máximas concentraciones en la estación S-07 (280.6 mg/Kg) ubicada a 7m de profundidad, tal como se observa en el Gráfico N° A-44, Plomo en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande. Asimismo la estación S-10 registró valores altos de plomo con 264 mg/Kg en sus sedimentos.

Estas altas concentraciones en la estación S-07 reportadas durante el segundo monitoreo son menores a los valores reportados durante la época de Avenida (Abril 2012).

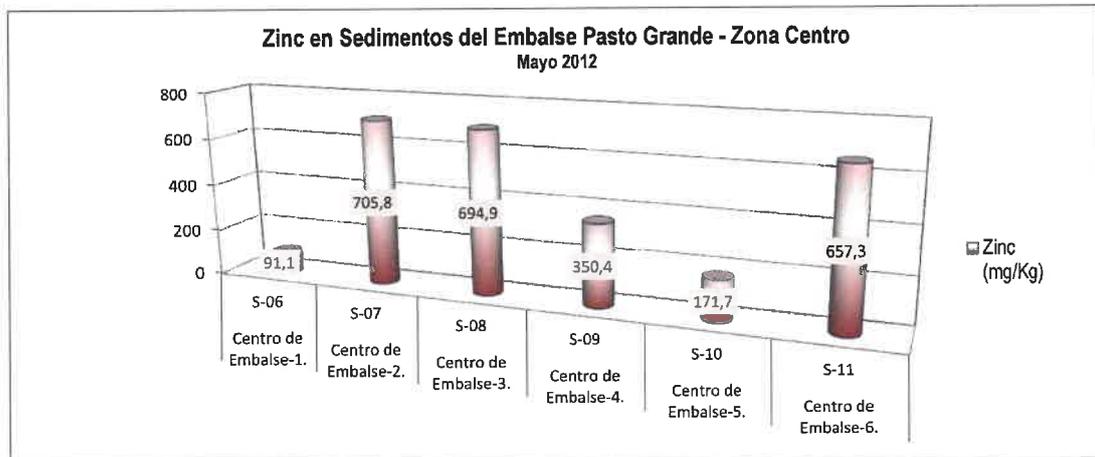
**Gráfico N° A-44**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



**Zinc:**

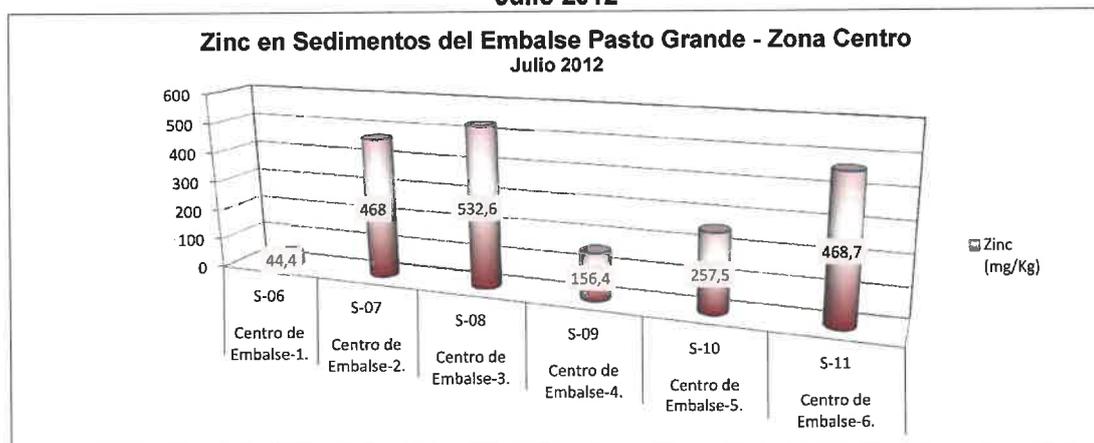
En el periodo de lluvias, al igual que las concentraciones de plomo, los valores de zinc en los sedimentos reportados en la estación S-07, reportaron las máximas concentraciones con 705.8 mg/kg. Siendo los sedimentos de la estación S-06 los de mínimos valores con 91.1 mg/kg de zinc. Similar comportamiento en la deposición del arsénico, bario, cobre, hierro y plomo.

**Gráfico N° A-45**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de zinc reportadas en el segundo monitoreo (Julio 2012-época Estiaje), al igual que las concentraciones de plomo, la estación S-07 y S-10 reportaron las máximas concentraciones con 468 mg/Kg y 468.7 mg/Kg respectivamente; tal como se indica en el Gráfico N° A-46, Zinc en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande. Al igual que en la primera campaña de monitoreo realizada en Abril del 2012; las estaciones S-07, S-11 y S-08 (estación no monitoreada) reportaron las máximas concentraciones de zinc en la zona Central del embalse.

**Gráfico N° A-46**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



Con respecto a los otros metales totales, tal como se presenta en los Cuadros de Metales de la Zona Central del Embalse Pasto Grande, las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc y mercurio no superan el lineamiento establecido como referencia.

Cabe mencionar que durante el monitoreo realizado en la época de Avenida (Abril 2012); se presentaron las mismas excedencias con concentraciones mayores

### Zona Oeste Del Embalse Pasto Grande:

Para la evaluación de sedimentos en la zona Oeste del embalse Pasto Grande, se evaluaron estaciones de muestreo de sedimentos en 2 puntos, S-05 (frente a la salida del embalse) y S-18 (frente a la quebrada Incacachi).

La ubicación de las estaciones en la zona oeste del embalse Pasto Grande se muestra en la siguiente imagen satelital:

Es importante considerar que la toma de muestras de sedimentos en la zona Oeste, se realizaron a diferentes profundidades, tal como se muestra en el siguiente perfil:

### Parámetros Físico Químicos:

En el siguiente cuadro se resume los resultados emitidos del laboratorio, incluyendo otros parámetros como demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno respectivamente.

**Cuadro N°A-23**  
**Parámetros Físicos y Químicos en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)		
			pH (u.e)	DBO	DQO
ECA: Categoría 4			6.5-8.4	-	-
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	10-May-12	6.7	27750	42065
	S-18	10-May-12	4.6	15000	22175

Fuente: Envirolab Perú

**Cuadro N° A-24**  
**Parámetros Físico Químicos en Sedimentos en la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)		
			pH (u.e)	DBO	DQO
ECA: Categoría 4			6.5-8.4	-	-
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	08/07/2012	3.8	27667	38152
	S-18	08/07/2012	5.4	8600	12047

La evaluación de los resultados y reportes del laboratorio, se describen a continuación:

CONSORCIO V-5

CONSORCIO V-5

63

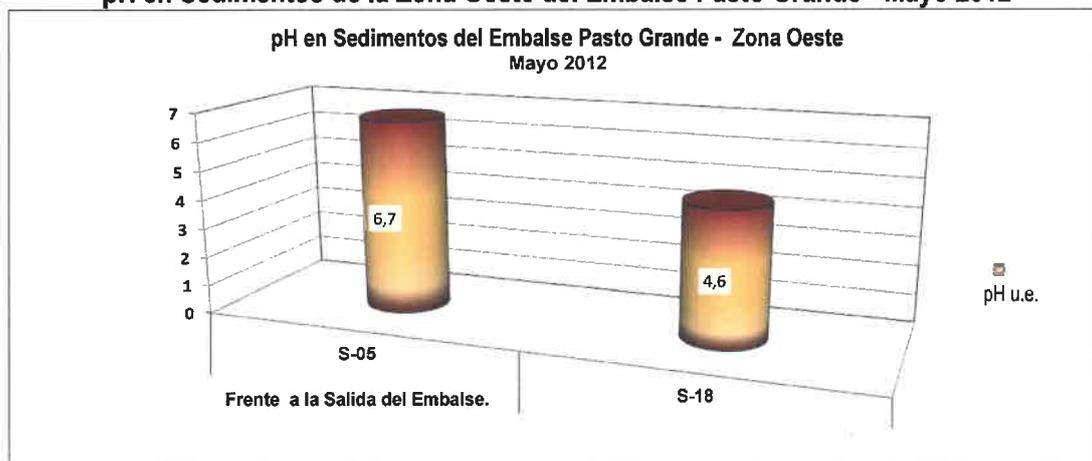
Ing. Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**pH:**

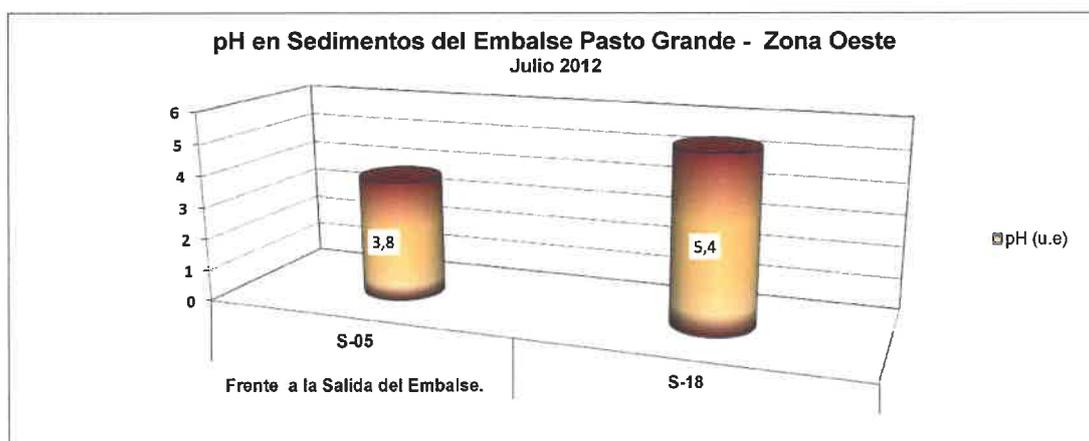
En el periodo de lluvias, los sedimentos de la zona oeste del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico, es de 4.6 u.e de pH para la estación S-18, frente a la quebrada Incacachi, indicando que en esa zona provienen aguas ácidas y de 6.7 u.e de pH en la estación S-05, frente a la salida del embalse, aguas que se vienen mezclando y recuperando el pH necesario.

**Gráfico N° A-47**  
**pH en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Mayo 2012**



En el periodo de lluvias, los sedimentos de la zona oeste del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico, es de 3.8 u.e de pH en la estación S-05, frente a la salida del embalse y de 5.4 u.e de pH, frente a la quebrada Incacachi.

**Gráfico N° A-48**  
**pH en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



Evaluando con los valores reportados durante la época de Avenida (Abril 2012); son de valores menores durante la época Estiaje (Julio 2012).

**Parámetros Inorgánicos y Metales:**

En el siguiente cuadro, se muestran los parámetros inorgánicos reportados por el laboratorio ubicados en la zona oeste del embalse Pasto Grande.

**Cuadro N° A-25**  
**Resumen de Parámetros Inorgánicos en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)							
			N - Amoniaco	Cloruros	Sulfatos	Fosforo Total	Fluoruros	Sulfuro	Cianuro Total	Cianuro wad
ECA: Categoría 4			-	-	-	-	-	-	-	-
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	10-May-12	42.29	103	297.5	3.89	2.9	6.9	N.D.	N.D.
	S-18	10-May-12	11.97	44	202.6	2.37	1.2	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

**Cuadro N° A-26**  
**Resumen de Parámetros Inorgánicos en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

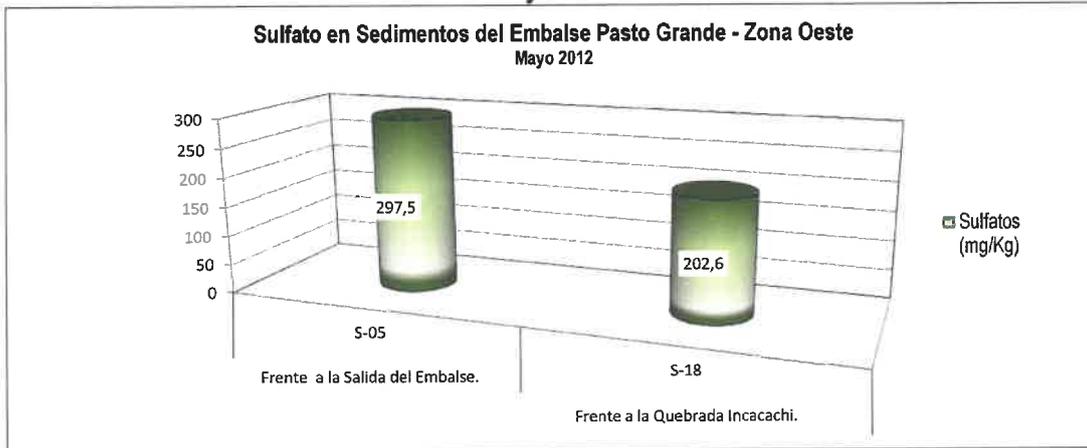
Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)							
			N - Amoniaco (mg/Kg)	Cloruros (mg/Kg)	Sulfatos (mg/Kg)	Fosforo Total (mg/Kg)	Fluoruros (mg/Kg)	Sulfuro (mg/Kg)	Cianuro Total	Cianuro wad
ECA: Categoría 4			-	-	-	-	-	-	-	-
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	08/07/2012	4.39	41	276.7	--	4.46	10760	N.D.	N.D.
	S-18	08/07/2012	0.45	19	67.8	--	1.05	9	N.D.	N.D.

Fuente: Envirolab Perú

**Evaluación De Resultados:****Sulfato**

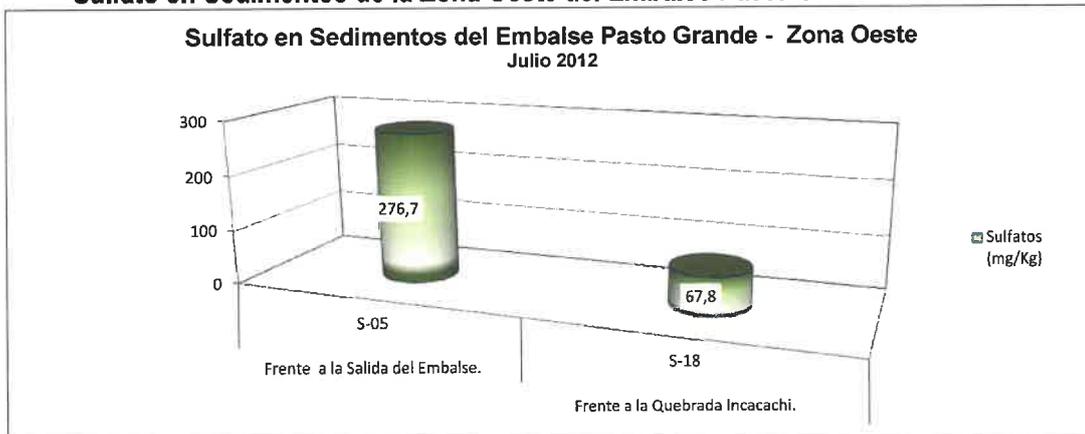
En el periodo de lluvias, la variación de concentración de sulfato en las muestras de sedimentos de la zona oeste del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico; la máxima concentración se presenta frente a la salida del embalse (297.5 mg/kg), siendo la mínima concentración la estación S-18 (202.6 mg/kg).

**Gráfico N° A-49**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, la variación de concentración de sulfato en las muestras de sedimentos de la zona oeste del embalse Pasto Grande, tal como se muestra en el siguiente gráfico; la máxima concentración se dio frente a la salida del embalse (276.7.5 mg/Kg), siendo la mínima concentración la estación S-18 (67.8 mg/Kg).

**Gráfico N° A-50**  
**Sulfato en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



Tal como se ha reportado durante la época de avenidas (Abril 2012); estos registraron mayores concentraciones que durante la época Estiaje (Julio 2012).

**Metales y No Metales:**

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de concentraciones de metales en las estaciones de muestreo de sedimentos ubicados en la zona oeste del embalse Pasto Grande

**Cuadro N°A-27**  
**Metales y No Metales Totales en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)													
			Aluminio	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cromo hexavalente	Cobre	Hierro	Potasio
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	10-May-12	---	30/ 29-55	---	500/ 200-625	4/ -	---	---	5/ 0.8-12	50/20- 240	250/ 100- 380	---	100/ 96-190	---	---
			22677.8	444.2	38.2	210.5	N.D.	N.D.	4385	5.1	27.4	15.1	N.D.	87.2	35695.2	2606.5
	S-18	10-May-12	17736.9	48.7	9.4	156.8	N.D.	N.D.	2743.8	N.D.	9.8	8.9	N.D.	30.8	13867.5	2322.5

Fuente: Envirolab Perú

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6330

CONSORCIO V-5

**Cuadro N°A-28**  
**Metales y No Metales Totales en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)																			
			Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Sodio	Níquel	Fósforo	Plomo	Estroncio	Selenio	Silicio	Estano	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio (mg/kg)	Oro (mg/kg)	
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	S-05	10-May-12	---	---	10/10-200	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
			3135.3	460.9	1.8	794.8	26.1	1651.4	153.2	N.D.	N.D.	343.4	N.D.	72.1	1047.1	N.D.	70.4	436.5	N.D.	0.1	N.D.	
	S-18	10-May-12	2856.6	160.9	N.D.	885.7	9.1	594.1	28.1	N.D.	221.6	N.D.	44.8	1197.4	N.D.	47	117.7	N.D.	0.06	N.D.		

Fuente: Envirolab Perú

Ing. Martha Aránguez Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

CONSORCIO V-5

**Cuadro N° A-29**  
**Metales y No Metales en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/kg)														
			Aluminio)	Arsénico	Boro	Bario	Berilio	Bismuto	Calcio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cromo hexavalente	Cobre	Hierro	Potasio	Litio
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	ECA: Categoría 4		-	0.01	-	0.7	-	-	-	0.004	-	-	0.02	-	-	-	-
	S-05	08/07/2012	9060.3	161.0	12.0	46.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.4	2.9	18.2	10009.7	491.8	15.4	
	S-18	08/07/2012	8643.1	35.4	33.0	125.4	N.D.	N.D.	N.D.	5.1	5.0	12.7	12674.5	1311.5	20.6		

Fuente: Envirolab Perú

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6520

**Cuadro N° A-30**  
**Metales y No Metales en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**

Zona	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS (mg/Kg)																		
			Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Sodio	Níquel	Fósforo	Plomo	Estroncio	Selenio	Silicio	Estato	Estroncio	Titanio	Talio	Vanadio	Zinc	Plata	Mercurio	Oro (mg/kg)
Zona Oeste del Embalse Pasto Grande	ECA: Categoría 4		-	-	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S-05	08/07/2012	575.70	99.7	N.D.	144.3	3.2	367.0	151.1	6.7	N.D.	300.6	N.D.	116.2	N.D.	13.8	112.5	5.2	N.D.	N.D.	
	S-18	08/07/2012	1539.4	79.6	N.D.	383.9	5.3	550.8	18.9	N.D.	227.7	N.D.	546.1	N.D.	30.1	47.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

Fuente: Envirolab Perú.

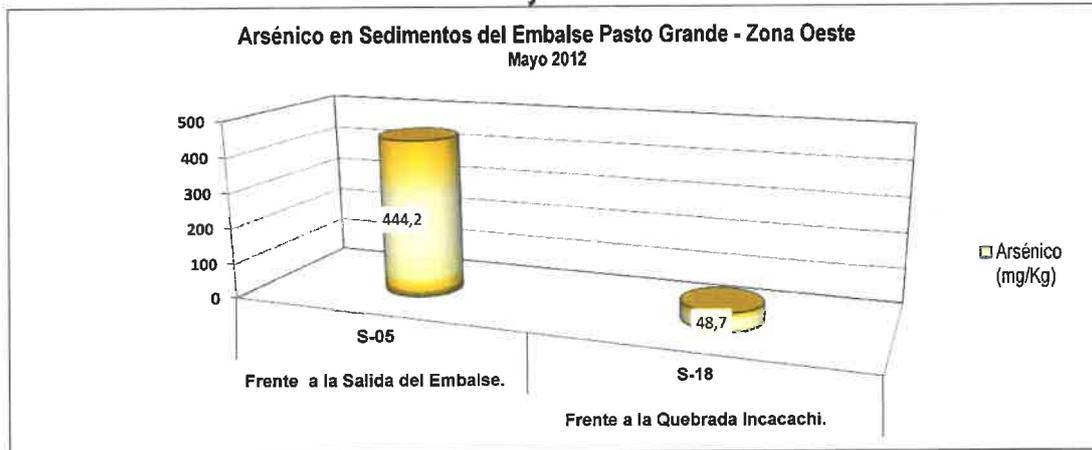
CONSORCIO V-6

Ing. Martha Aránguez Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**EVALUACIÓN DE RESULTADOS:****Arsénico**

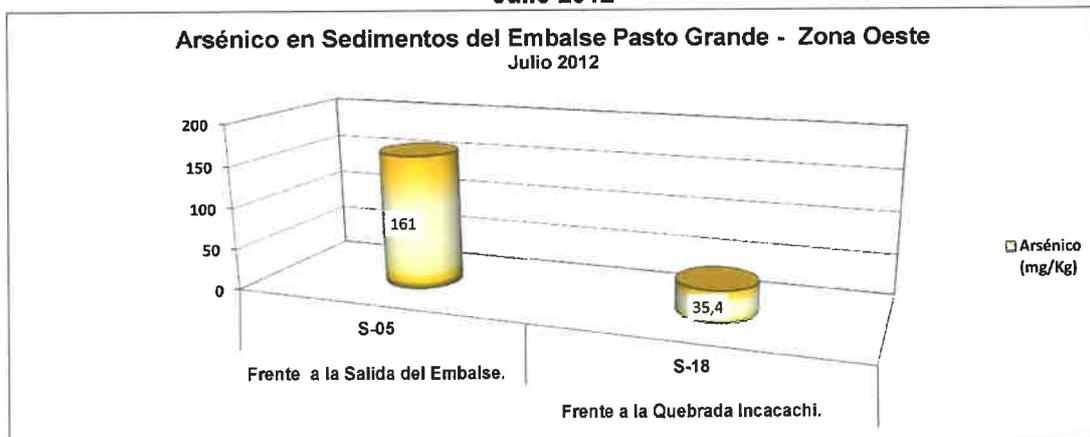
En el periodo de lluvias, las concentraciones de arsénico; tal como se observa en el siguiente gráfico, resultaron ser máximas y se dieron frente a la salida del embalse (estación S-05) con 444.2 mg/kg; siendo la estación S-18 la menor concentración (48.7 mg/kg).

**Gráfico N° A-51**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de arsénico, tal como se observa en el gráfico, las concentraciones máximas se dieron frente a la salida del embalse (estación S-05) con 161 mg/Kg; siendo la estación S-18 la menor concentración (35.4 mg/Kg). Los que comprando con los reportes de la época de Avenidas (Abril 2012), son menores.

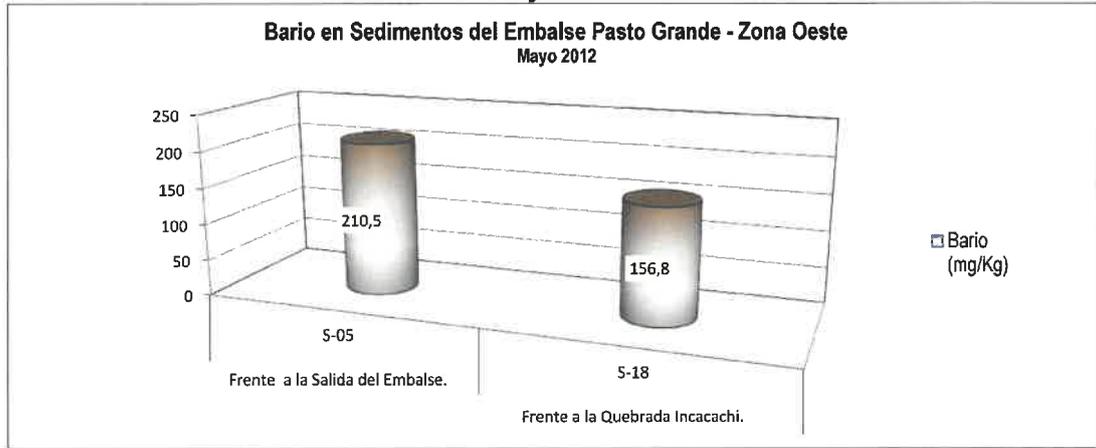
**Gráfico N° A-52**  
**Arsénico en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande -**  
**Julio 2012**



**Bario**

En el periodo de lluvias, al igual que las concentraciones de arsénico, las máximas concentraciones de bario (210.5 mg/kg) se reportaron en la estación S-05 ubicada frente a la salida del embalse Pasto Grande.

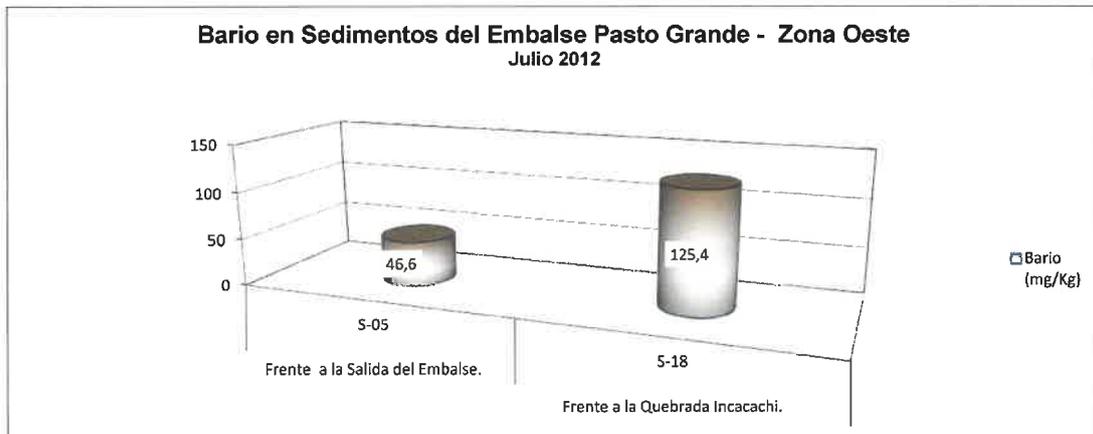
**Gráfico N° A-53**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, al igual que las concentraciones de arsénico, las máximas concentraciones de bario (125.4 mg/Kg) se reportaron en la estación S-18 ubicada frente a la quebrada Incacachi.

Cabe mencionar que durante el monitoreo realizado en época de Avenida (Abril 2012), se reportaron menores valores.

**Gráfico N° A-54**  
**Bario en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**

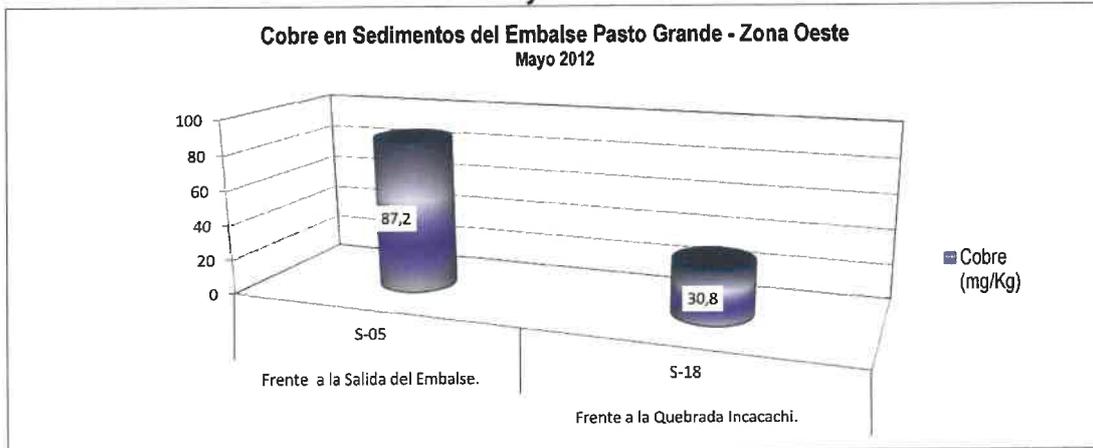


### Cobre

En el periodo de lluvias las concentraciones de cobre, tal como se muestra a continuación se reportaron menores a 100 mg/kg. Siendo la máxima concentración reportada en la estación S-05, frente al embalse Pasto Grande (87.2mg/kg).

La mínima concentración se dio frente a la quebrada Incacachi con 30.8 mg/kg.

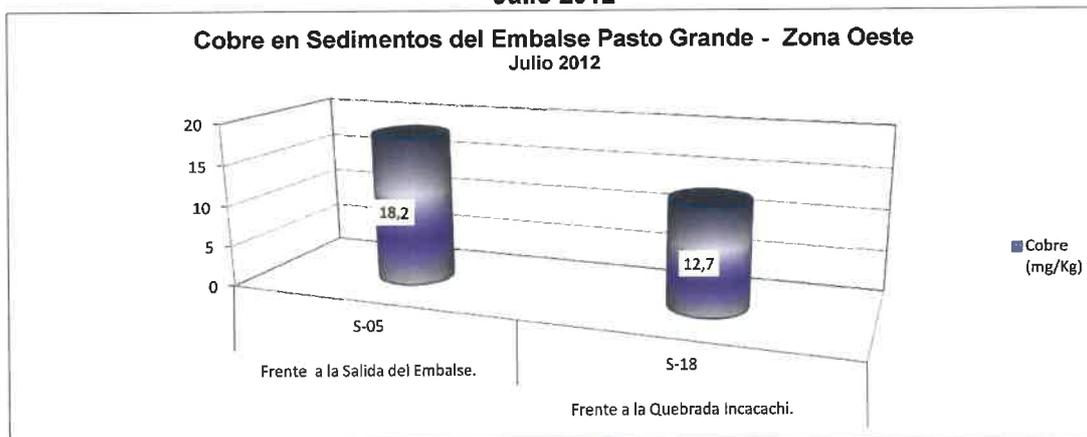
**Gráfico N° A-55**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, las concentraciones de cobre en sedimentos, tal como se muestra a continuación se reportaron menores a 100 mg/Kg. Siendo la máxima concentración reportada frente al embalse Pasto Grande (18.2mg/Kg). La mínima concentración se dio frente a la quebrada Incacachi con 12.7 mg/Kg.

Esta concentraciones reportadas y evaluadas con el monitoreo realizado en Abril 2012 son menores.

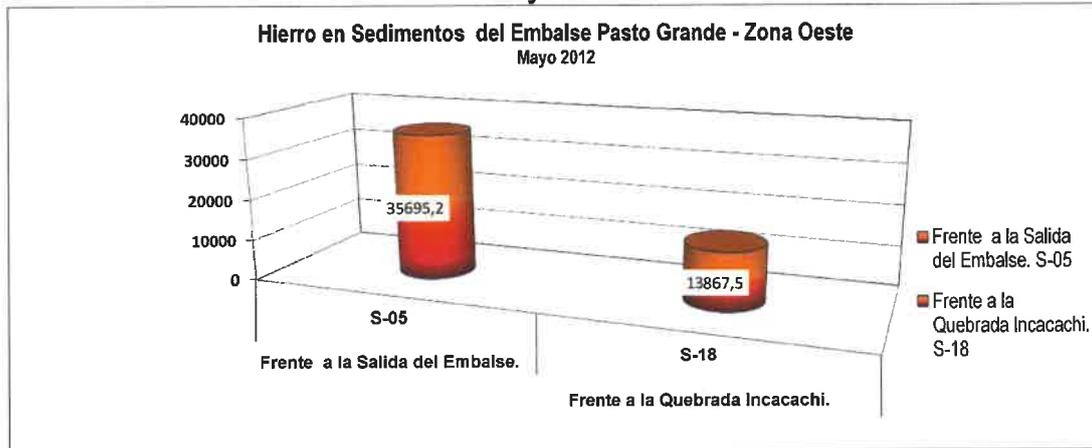
**Gráfico N° A-56**  
**Cobre en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande -**  
**Julio 2012**



### Hierro

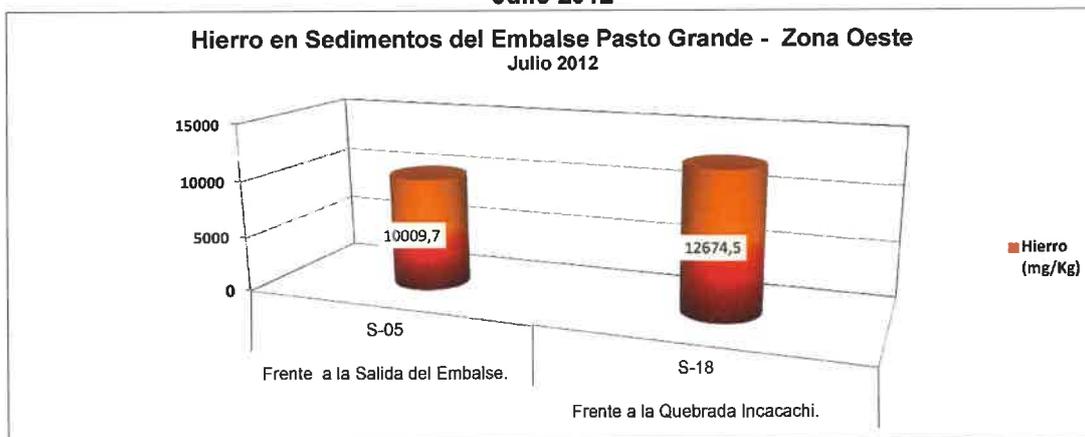
En el periodo de lluvias tal como se muestra en el siguiente gráfico, los sedimentos ubicados frente al embalse Pasto Grande son los de mayor concentración (35695.2 mg/kg) y las concentraciones de los sedimentos frente a la quebrada Incacachi son los de menor concentración (13867.5 mg/kg).

**Gráfico N° A-57**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, tal como se muestra en el siguiente gráfico, los sedimentos ubicados frente a la quebrada Incacachi son los de mayor concentración (12674.5 mg/Kg) y las concentraciones de los sedimentos frente a la salida del embalse son los de menor concentración (10009.7 mg/Kg). Siendo menores que las concentraciones reportadas durante la época de Avenidas (Abril 2012).

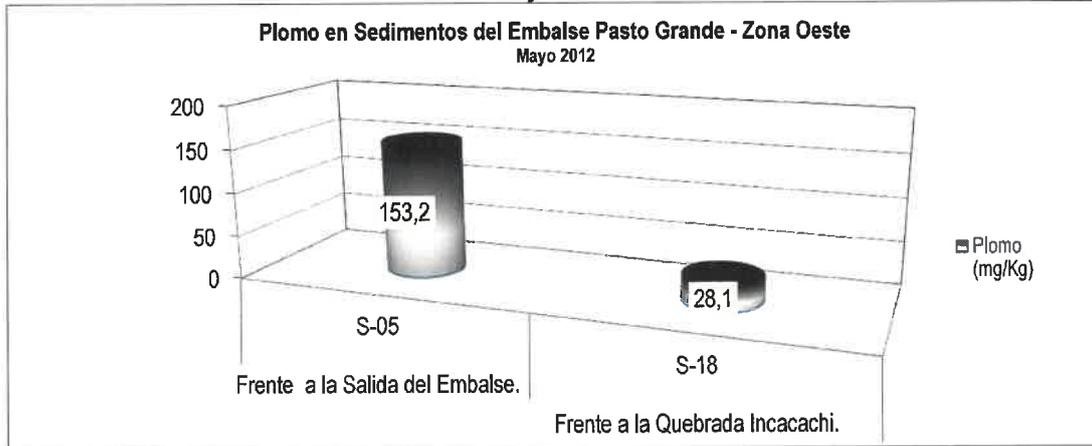
**Gráfico N° A-58**  
**Hierro en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande -**  
**Julio 2012**



**Plomo**

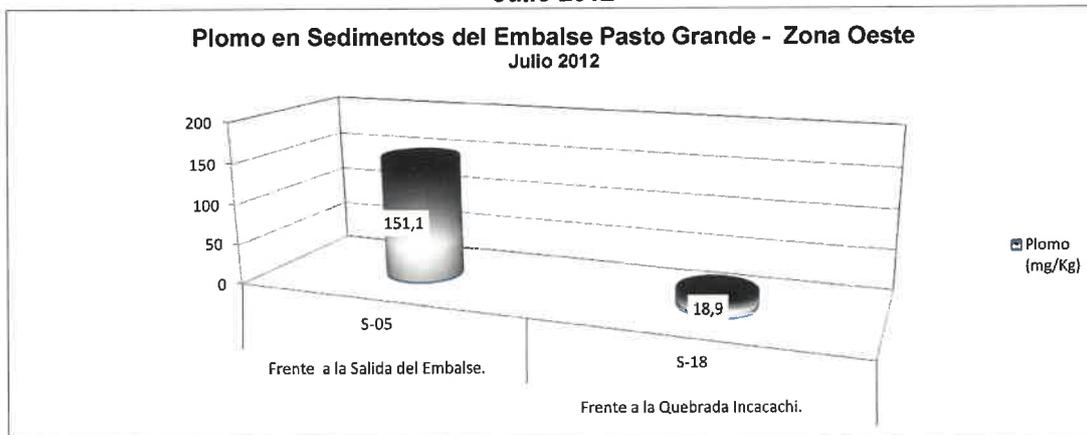
En el periodo de lluvias, los sedimentos reportados frente al río embalse Pasto Grande son los que reportaron las máximas concentraciones de plomo (153.2 mg/kg). Siendo los sedimentos de la estación S-18 los de mínimos valores con 28.1 mg/kg de plomo.

**Gráfico N° A-59**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**



En el periodo de estiaje, los sedimentos reportados frente al río embalse Pasto Grande son los que reportaron las máximas concentraciones de plomo (151.1 mg/Kg). Siendo los sedimentos de la estación S-18 los de mínimos valores con 18.9 mg/Kg de plomo. Evaluados con los reportes de Abril 2012, son menores en ambas estaciones de monitoreo.

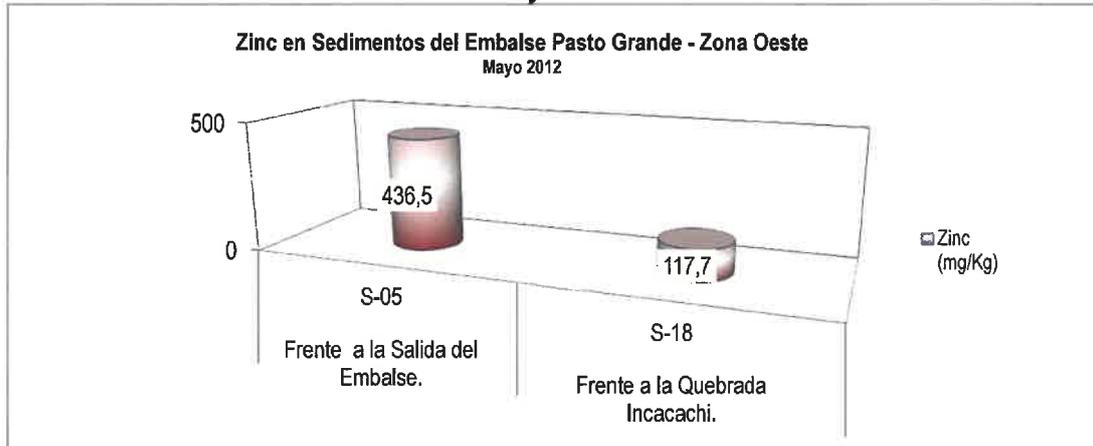
**Gráfico N° A-60**  
**Plomo en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



## Zinc

En el periodo de lluvias, al igual que las concentraciones de plomo, los valores de zinc en los sedimentos reportados frente a la salida del embalse Pasto Grande reportaron las máximas concentraciones con 436.5 mg/kg. Siendo los sedimentos de la quebrada Incacachi los de mínimos valores con 117.7 mg/kg de zinc.

**Gráfico N° A-61**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Oeste del Embalse Pasto Grande**  
**Mayo 2012**

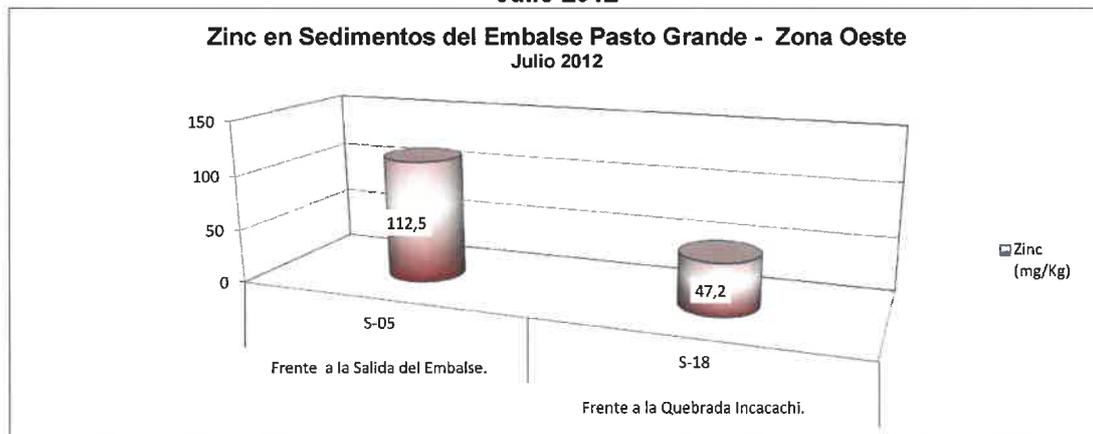


En el periodo de estiaje, las máximas concentraciones de zinc en sedimentos; al igual que las concentraciones de plomo se reportaron frente a la salida del embalse Pasto Grande con concentraciones de 112.5 mg/Kg.

Incacachi los de mínimos valores con 47.2 mg/Kg de zinc.

Asimismo, se observa que los reportes del monitoreo realizado en Abril 2012 dieron concentraciones mayores que los reportados durante la época Estiaje (Julio 2012).

**Gráfico N° A-62**  
**Zinc en Sedimentos de la Zona Central del Embalse Pasto Grande –**  
**Julio 2012**



## 7. AGUAS A LA SALIDA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

### 7.1 Variación Histórica en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande

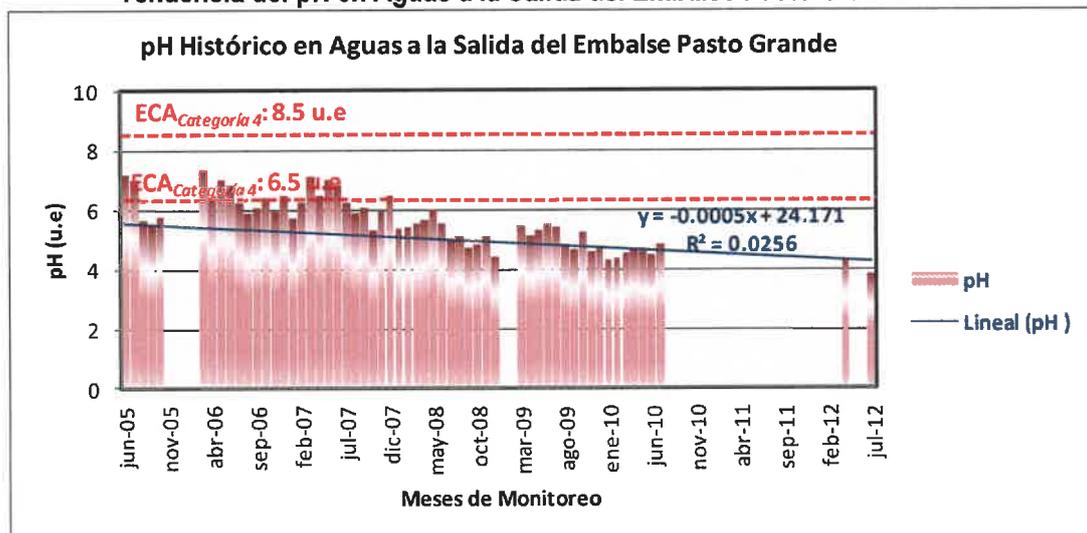
La tendencia histórica de los valores de pH, sólidos totales disueltos, sulfato, aluminio y hierro en las aguas del embalse Pasto Grande se presentan en gráficos temporales que muestran la tendencia de la calidad del agua a lo largo de los monitoreos realizados.

#### Tendencia del pH:

La variabilidad temporal de la calidad del agua a la salida del embalse Pasto Grande, evaluados con los registros históricos de pH y correlacionados con los resultados de la periodo Estiaje (Julio 2012); tal como se muestra en el Gráfico N° 3.77, *Tendencia del pH en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande*, presenta un tendencia decreciente con pendiente negativa de -0.0005.

Asimismo, tal como se registró en la Sección 1 (Variación Histórica en el Embalse Pasto Grande – Periodo de Avenida – Abril 2012), la tendencia decreciente se mantiene con los resultados de ambos eventos (periodo Estiaje y de Avenidas).

**Gráfico N° A-63**  
**Tendencia del pH en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande - 2012**

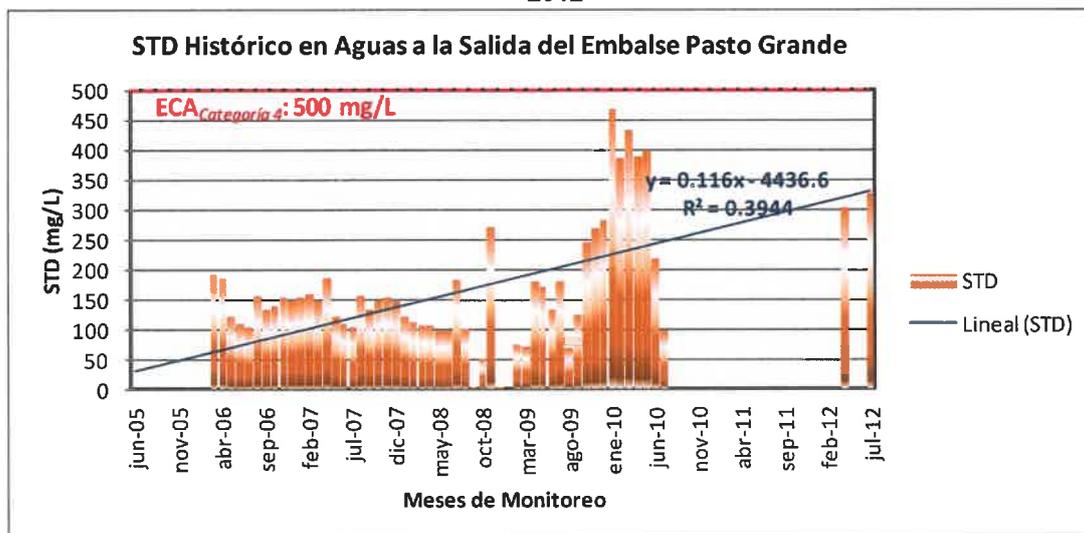


#### Tendencia de STD:

Tal como se observa en el Gráfico N° 3.78, *Tendencia del Sólidos Totales Disueltos en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande*, durante los primeros años de monitoreo a la salida del embalse se reportaron concentraciones de sólidos totales disueltos por debajo de 150 mg/L; siendo actualmente valores mayores a 250 mg/L indicando así una tendencia positiva a lo largo de los años con una pendiente de 0.116.

Cabe mencionar que tanto los resultados de monitoreo de la periodo de Avenida (Abril 2012) y los resultados de monitoreo de la periodo Estiaje (Julio 2012) reportaron valores cuya tendencia indican que **ascienden** a lo largo de los años de monitoreo.

**Gráfico N° A-64**  
**Tendencia del Sólidos Totales Disueltos en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande - 2012**



**Tendencia de Sulfato:**

La variabilidad espacial de las concentraciones de sulfato en las aguas de la Micro Cuenca; correlacionándola con los datos del monitoreo de la periodo Estiaje (Julio 2012), tal como se indica en el Gráfico, *Tendencia del Sulfato en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande*, tienden a incrementarse ligeramente con una pendiente positiva de 0.0699.

Cabe mencionar que correlacionando la tendencia histórica con los resultados de Abril 2012 (periodo de Avenida) la tendencia fue similar (pendiente positiva); por lo que se concluye que los monitoreos del año 2012 están dentro de la variabilidad histórica del incremento progresivo de los iones sulfato en el tiempo,

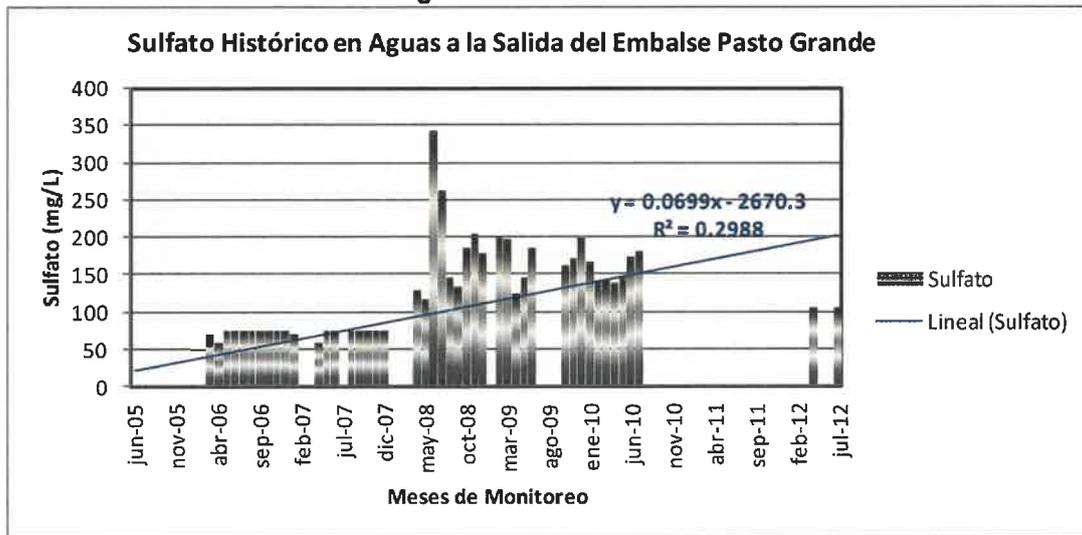
CONSORCIO V-5

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

CONSORCIO V-5

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

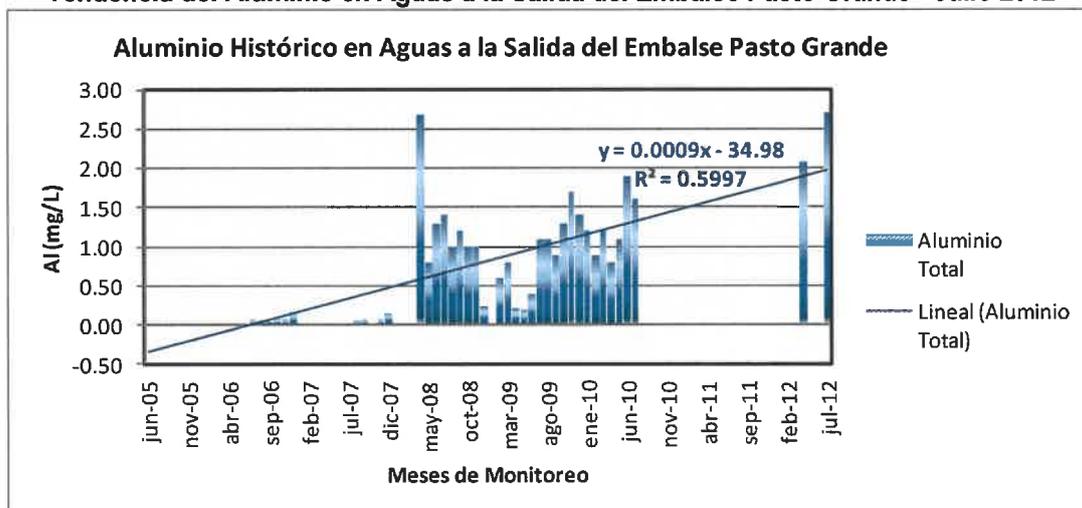
**Gráfico N° A-65**  
**Tendencia del Sulfato en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande - 2012**



**Tendencia de Aluminio:**

Los registros históricos de concentración de aluminio correlacionados con el monitoreo de periodo Estiaje (Julio 2012), tal como se muestra en el Gráfico N° 3.80, *Tendencia del Aluminio en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande*, presentan una pendiente positiva de 0.0009. Tendiendo a incrementarse a lo largo del tiempo.

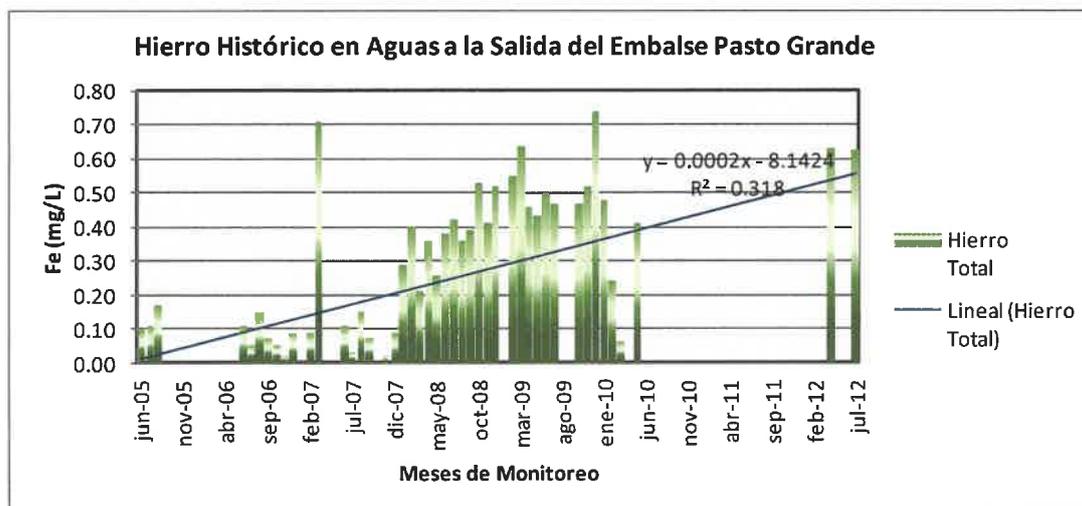
**Gráfico N° A-67**  
**Tendencia del Aluminio en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



### Tendencia de Hierro:

Con respecto a los registros históricos de concentraciones de Hierro, tal como se muestra en el Gráfico, *Tendencia del Hierro en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande*, los valores tienden a incrementarse ligeramente con una pendiente positiva de 0.0002.

**Gráfico N° A-68**  
**Tendencia del Hierro en Aguas a la Salida del Embalse Pasto Grande - Julio 2012**



CONSORCIO V-5

Ing. Victor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 8330

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUIMICA  
CIP. 34763

## 8. 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.
- ❖ 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.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
P. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aránguez Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
CIP. 34763

**9. 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

Ing. Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Martha Aranguren Carbajal  
INGENIERA QUÍMICA  
C.I.P. 34783



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA  
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



# TOMO N° 3

## CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA, HIDROBIOLÓGICA, MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DEL EMBALSE PASTO GRANDE

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

2012

**VCHI.** S.A.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

Contrato N° 002-2012-GG-PERPG

**Consorcio**

V-5

**acciona**  
Ingeniería

CONSORCIO V-5

Blga. Hayoté Alvarino Flores  
BIOLOGA  
CBP. 2531

**TOMO 3****CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA, HIDROBIOLÓGICA,  
MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DEL EMBALSE  
PASTO GRANDE****INDICE**

1. INTRODUCCIÓN
- 1.1 PERIODO DE EJECUCIÓN
- 1.2 ESTACIONES DE CONTROL
- 1.3 EL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.3.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE ESPECIES BIOLÓGICAS EN PASTO GRANDE
- 1.3.2 FITOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.3.2.1 DIATOMEAS (BACILLARIOPHYTAS)
- 1.3.3 ZOOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.3.4 MACROPHYTAS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.4 ABUNDANCIA DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.5 INFLUENCIA DEL PH SOBRE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE
- 1.6 SITUACIÓN TRÓFICA DEL EMBALSE PASTO GRANDE – CLOROPHYLA A.
2. DETERMINACIÓN DE FICOTOXINAS EN PASTO GRANDE
- 2.1 RELACIÓN DE FICOTOXINAS, CLOROPHYLA A. Y FITOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
3. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
4. BIOENSAYOS DE TOXICIDAD EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
5. ÍNDICES BIOLÓGICOS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE
6. CONCLUSIONES
7. RECOMENDACIONES

**ANEXOS:****PH Y SU EFECTO SOBRE LA TRUCHA ARCO IRIS****REVISIÓN DE ESTUDIOS DE EIA Y ESTUDIOS DE EXPLOTACIÓN Y CIERRE (1996 – 2008)**

CONSORCIO V-5  
  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

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

## TOMO N° 3

### Caracterización Biológica Hidrobiológica, Microbiológica, de las aguas y sedimentos del embalse Pasto Grande

#### 1. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DEL EMBALSE PASTO GRANDE Y SUS SEDIMENTOS

##### 1.1 PERIODO DE EJECUCIÓN

- Periodo de I Monitoreo: Abril – Mayo 2012
- Periodo de II Monitoreo: Julio-Agosto 2012

##### 1.2 ESTACIONES DE CONTROL

Las estaciones de control fueron las establecidas en los Términos de Referencia (TdR), procediendo a su ubicación según la leyenda establecida, registrándose con datos georeferenciados, datos que se muestran en el Cuadro N°1.1 de la parte A de Físicoquímica.

En cada estación de control se tomaron muestras de aguas representativas de los cursos superficiales de la zona media y de zona profunda del Embalse.

##### 1.3 EL EMBALSE PASTO GRANDE

El principal problema que origina este trabajo está identificado por el PERG como 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.

El Embalse Pasto Grande es un ambiente léntico artificial, con características limnológicas debido a tener afluentes alrededor del mismo y una descarga del mismo regulada en una represa. Se cuenta con extensos registros que muestran la importancia de los organismos del fitoplancton como indicadores ecológicos de la calidad de agua, por ello en Pasto Grande se han evaluado números parámetros biológicos mencionados en la Figura N° 1 para determinar la calidad Biológica del mismo.

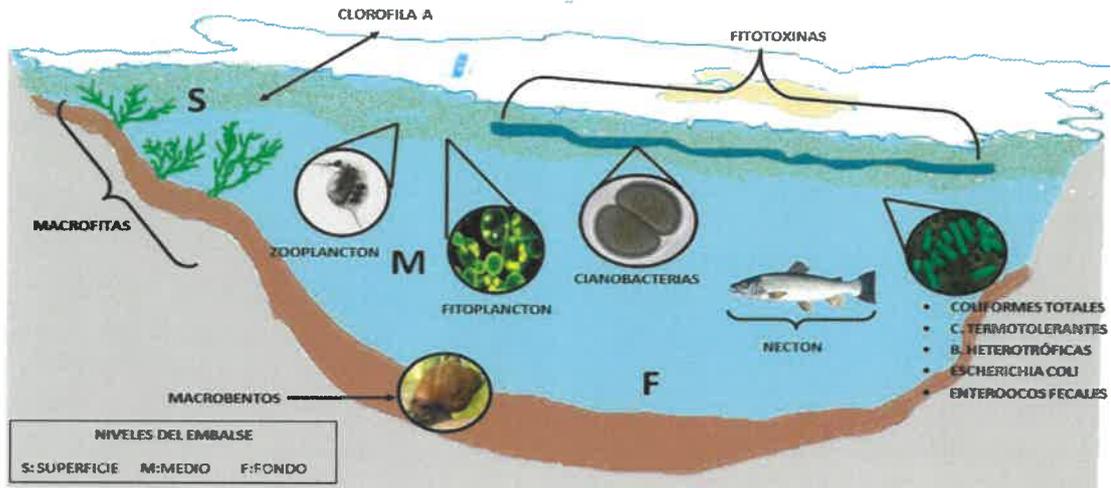


Fig. 1 Parámetros evaluados en el Embalse Pasto Grande.

Sin embargo debe tenerse en cuenta que es el conjunto de ellos y su abundancia relativa lo que brinda la mejor información. Además son mejores como indicadores las especies raras que las dominantes. Eso nos indica que aunque en cantidades pequeñas las algas del grupo de las cianobacterias y dinoflagelados siguen siendo indicadoras de un periodo difícil del embalse, toda vez que se presentó un fenómeno de afloramiento de algas en base a dinoflagelados.

El problema existente en el Embalse Pasto Grande, surge de la aparición de las manchas rojizas a café-amarillentas en diferentes áreas del Embalse Pasto Grande, los resultados de los laboratorios del Ministerio de Salud (MINSA Periodo 2004-2007), además de análisis en laboratorios privados, determinaron la presencia de dinoflagelados que conferían el color del agua al Embalse y a su vez la mortandad de truchas. Situación que el PERPG (2006), en su informe técnico del año 2006 determina. La presencia de truchas fue sembrada por la Empresa Comunal de Producción y Servicios Lago Azul en el embalse Pasto Grande, especie que se adecuó debido a la altura del Embalse, alta oxigenación, etc. sin embargo esta actividad requiere de la aplicación de fertilizantes en base a fosfatos, lo cual pudo haber generado el bloom de algas que ocasionó la presencia de especies del fitoplancton que a su vez generó fitotoxinas que son letales para las especies de producción terciaria, es decir que se constituyen en el último eslabón de un ecosistema.

Esta situación alertó a las autoridades de la Región Moquegua a realizar un monitoreo de la calidad de las aguas del embalse, a fin de poder determinar la causa de la mortandad de los peces. El Proyecto Especial Regional Pasto Grande (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 desde aquel periodo a la fecha.

Así mismo siempre se detectó presencia altas concentraciones de hierro (Fe), manganeso (Mn) y una elevada acidez (pH) del agua del embalse, de origen natural y antropogénico debido a la presencia de la mina Santa Rosa, situación que hace efecto en las comunidades hidrobiológicas al

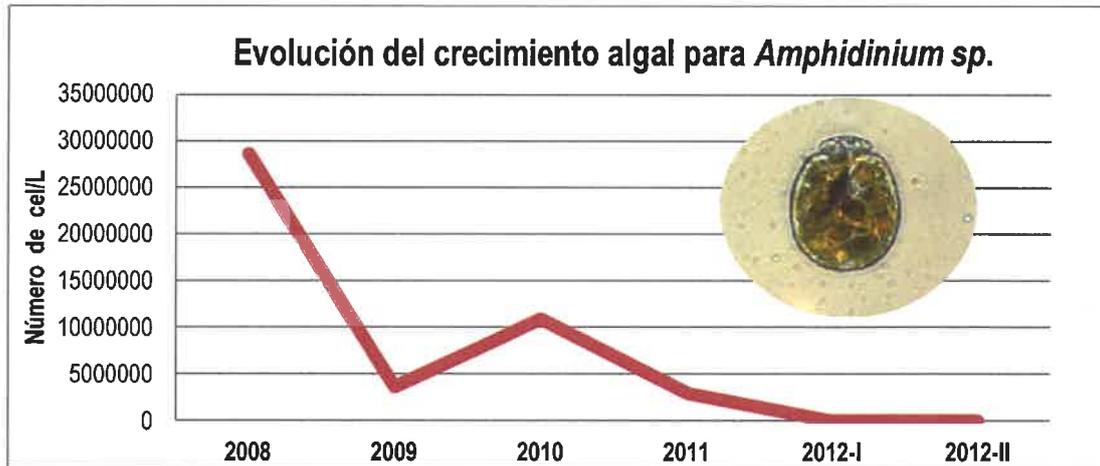
desaparecer el equilibrio de las mismas y generar dominancia de especies en ese tiempo de dinoflagelados en el tiempo actual diatomeas.

Un indicador es un parámetro que caracteriza el estado de un sistema. Es también un medio del que dispone el hombre para captar en un tiempo breve un fenómeno que escapa a su percepción normal. Biológicamente usamos las especies como indicadoras.

Algunas veces, en algunas zonas, a causa del poco conocimiento taxonómico y del desconocimiento acerca de las exigencias ecológicas del plancton en general, debe procederse con cautela al respecto; pues en los ecosistemas lacustres se ha podido observar que los distintos grupos de algas se distribuyen independientemente de las condiciones de estos ambientes. Como ejemplo se tiene que las Chlorophyta pueden dominar cualitativamente en ambientes tanto oligotróficos como eutróficos.

Es importante señalar que intentar explicar las consecuencias de la polución únicamente con los componentes físicos y químicos de un ecosistema es una tarea parcial. En el pasado, los criterios físicos químicos y bacteriológicos eran considerados ideales por ser más fáciles de medir y de aplicar que los índices biológicos, pero hoy se sabe que las mediciones de estas características del ambiente muestran apenas un momento del proceso y tienden a representar solamente la causa del cambio en la calidad del agua; mientras que las pruebas biológicas muestran las consecuencias del proceso y miden los efectos del cambio producido en el medio. Lo anterior se debe a que la contaminación altera la composición química del medio – tornándolo impropio para la vida de un gran número de especies-, pero favorece el desarrollo de otros procesos; por ello, no puede pensarse que se trata simplemente de la destrucción de organismos, sino, más bien, del paso de un equilibrio físico-químico-biológico preexistente a otro nuevo. En el caso de Pasto Grande por ejemplo, notamos que los datos de toxicidad agua en los sedimentos nos hablan de ambientes muy tóxicos, debido a la acumulación de metales pesados y bofedales de origen, incluso restos de dinoflagelados que en algún periodo se presentaron en cantidades mayores. También expresados en presencia significativa de materia orgánica a nivel de los sedimentos a diferencia de las condiciones de la columna de agua donde apenas, hay evidencia de materia orgánica y la toxicidad agua en la columna determina un mínimo nivel de toxicidad.

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.



**Figura 2 :** Evolución del crecimiento de *Amphidinium sp* en el Embalse Pasto Grande desde el 2008 a 2012

En el Embalse Pasto Grande se nota homogeneidad en los datos de nitratos en ambos monitoreos incluyendo las zonas media y profundas, ratificándose por este factor también la ausencia de una estratificación y por ende la ausencia de una termoclina y meromixis significativas, es decir movimientos verticales de las columnas, lo que puede ser beneficioso en vista de la calidad de los sedimentos.

### 1.3.1 EVOLUCION HISTORICA DE ESPECIES BIOLOGICAS EN PASTO GRANDE.

No es fácil hacer la comparación del número de especies en todos los años, debido a que las estaciones de muestreo no han sido las mismas desde sus primeros monitoreos (2008), estableciéndose recientemente estaciones de muestreos numerosas establecidas desde diferentes puntos de vista para una evaluación completa del ecosistema. (2012 I y II). Además en la información entregada se nos dio datos acumulados de modo horizontal con valores de especies, cuadro que hemos completado, sin embargo queremos enfatizar que es un número que será mayor en el 2012 debido a la mayor cantidad de estaciones de muestreo.

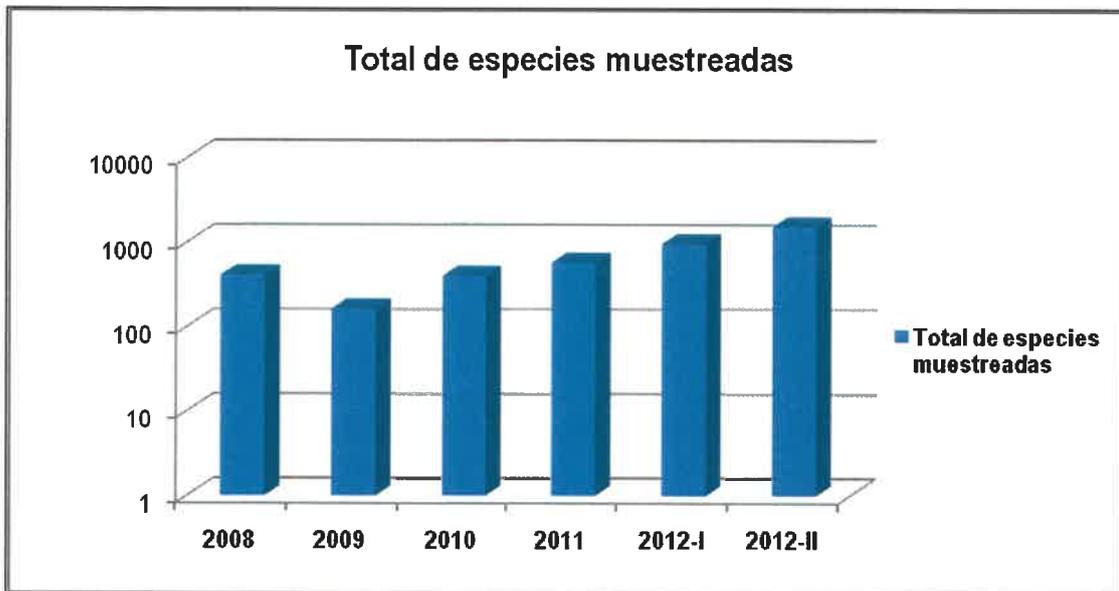
**Tabla N°1** Valores de especies clave fitoplanctónicas analizadas en cada año 2008-2012 I y 2012 II, incluyendo los dos monitoreos del Consorcio V-5.

	2008	2009	2010	2011	2012-I	2012-II
<b>Total de individuos (cel/L)</b>	133084835	11560263	399416458	105736631	256020000	190582000

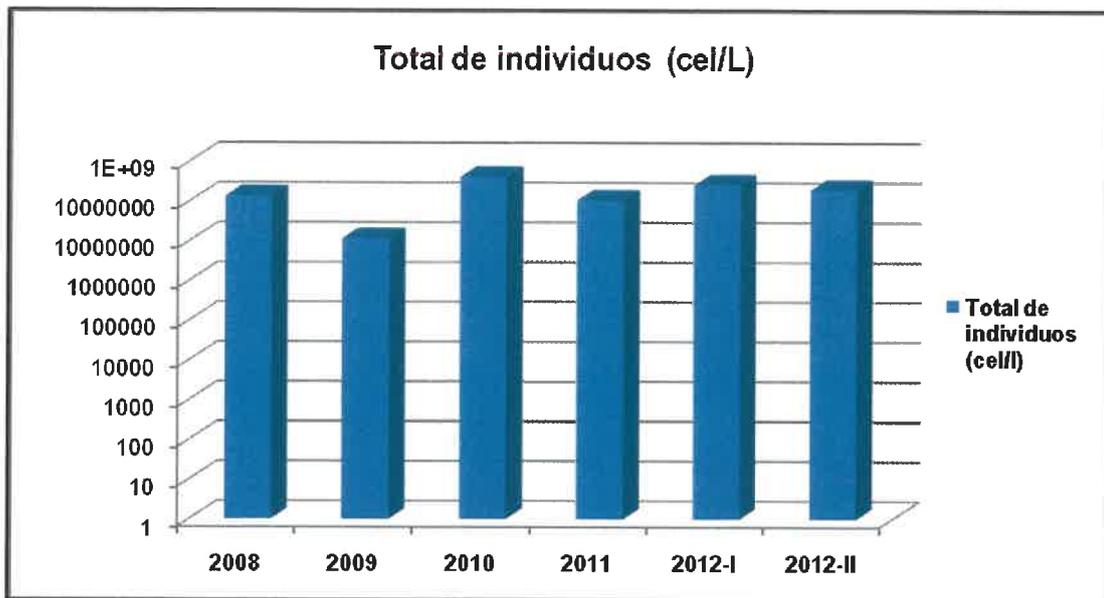
**Tabla N° 2:** Total de especies fitoplanctónicas analizadas en cada año 2008-2012, incluyendo los dos Monitoreos del Consorcio V5.

	2008	2009	2010	2011	2012-I	2012-II
<b>Total de especies muestreadas</b>	408	163	399	577	964	1531

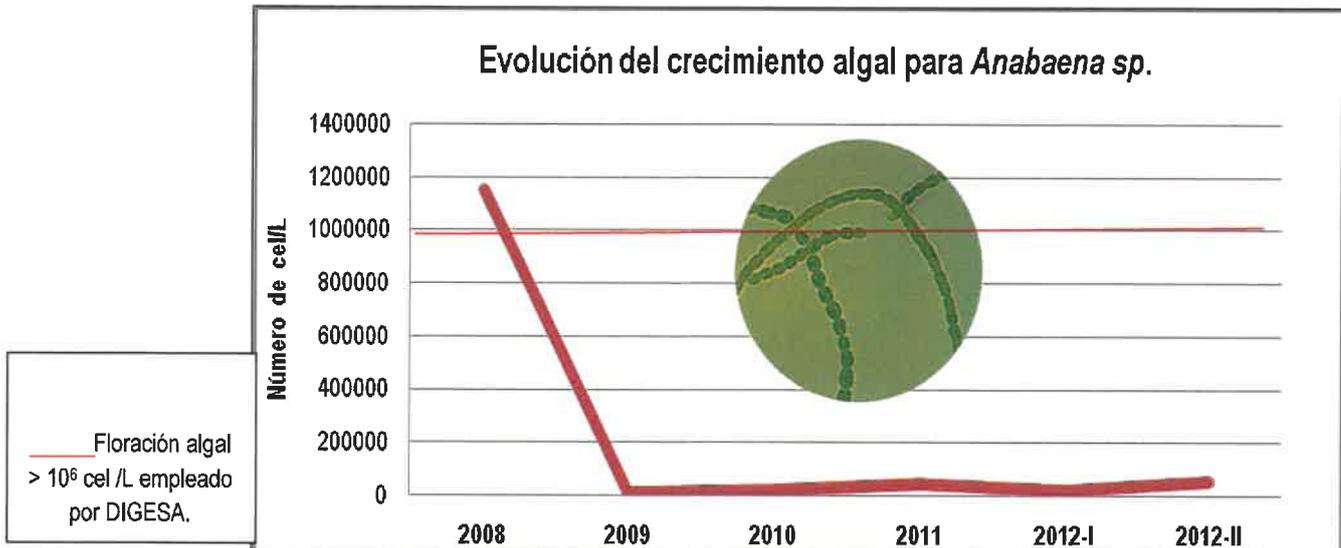
Hemos usado las unidades Cel/L de los informes anteriores para hacer el comparativo grueso, presentándose un número de las especies pero debe considerarse que en el I y II monitoreo del 2012 se han evaluado mucho más puntos de muestreo que cualquier evento anterior.



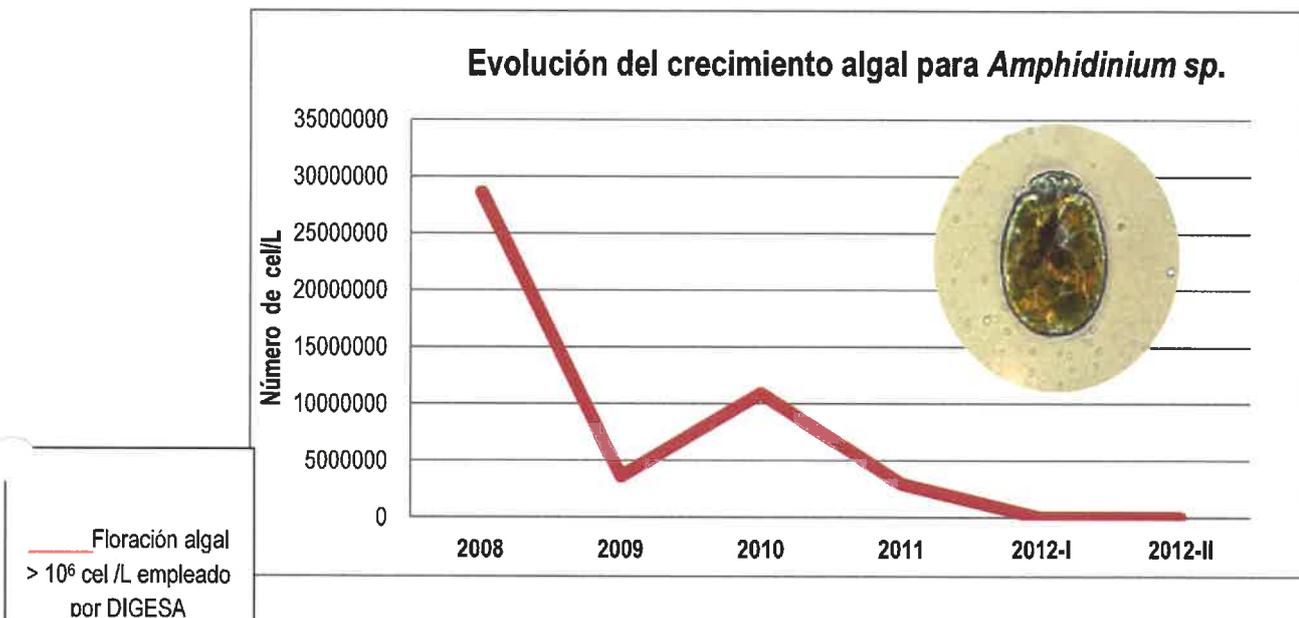
**Figura 3:** Variación del total de especies muestreadas desde el año 2008 al segundo monitoreo 2012, nótese la diferencia ascendente con respecto a las riquezas por el total de estaciones de muestreo.



**Figura 4:** Evolución de crecimiento algal para la Chlorophyta: *Chlorogonium sp.*, desde el año 2008 hasta el segundo monitoreo del 2012, observándose que para esta especie su abundancia es constante hasta el 2011, mostrando su mayor pico en el primer monitoreo del 2012 y desapareciendo en el segundo monitoreo del mismo año. Las especies de *Chlorogonium* se mantiene en el embalse regulador, aunque se traduce que está presente en varios puntos de muestreo. No se debe entender el exponencial como un incremento en el 2012, sino que al haberse muestreado muchos más puntos que en otros años, la cantidad de la especie de modo referencial es mayor



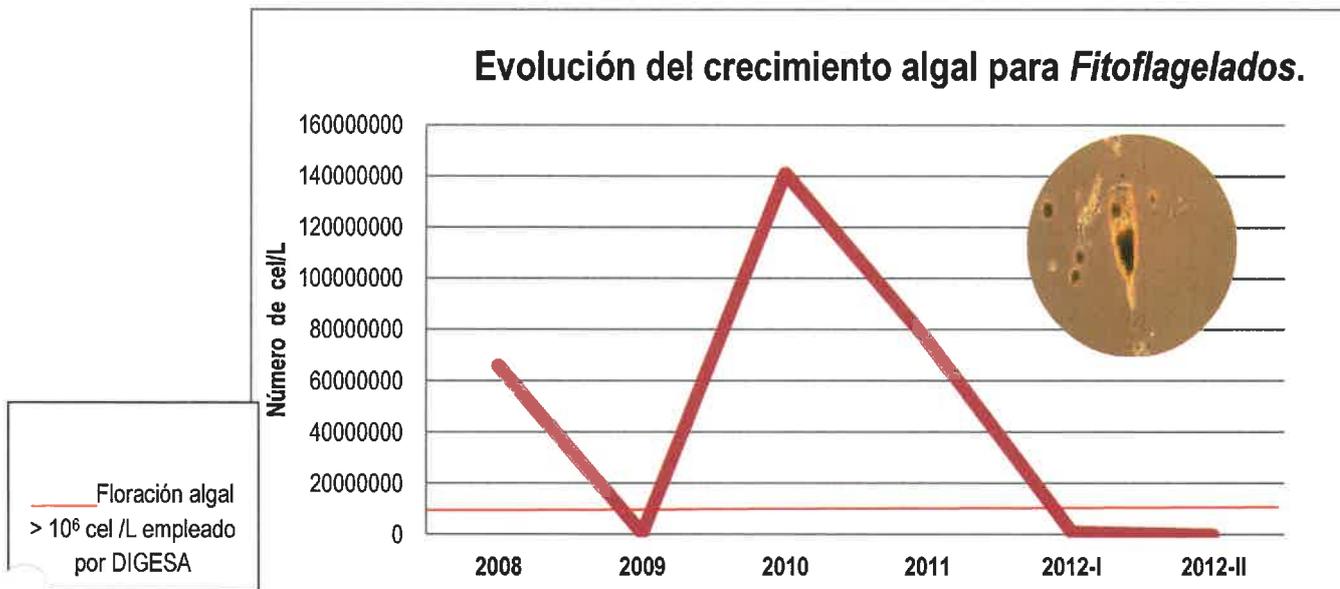
**Figura 5:** Evolución del crecimiento algal de la Cianobacteria: *Anabaena sp.* desde el año 2008 hasta el segundo monitoreo del 2012 mostrando su mayor valor en el primer año de monitoreo, disminuyendo drásticamente en el 2009 para luego mantenerse constante e incrementarse levemente en la actualidad. Cabe mencionar que es un alga tóxica. Se mantienen en el Monitoreo.



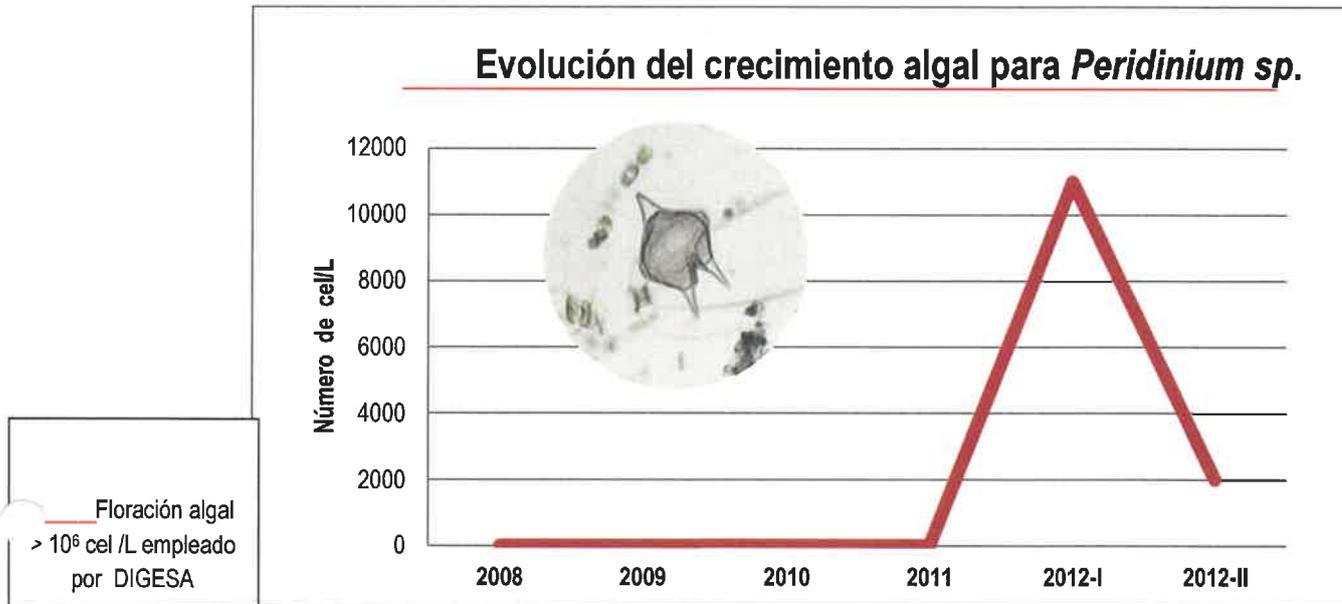
**Figura 6:** Evolución del crecimiento algal para *Amphidinium sp.* que muestra su mayor de abundancia en el año 2008 disminuyendo drásticamente en el siguiente año 2009, elevándose un poco en el posterior monitoreo para luego volver a disminuir en el primer monitoreo del 2012 y desaparecer en el segundo monitoreo del mismo año. Cabe mencionar que existe un fenómeno de aparición y desaparición momentánea de especies, sin embargo es significativo que no se halla relacionado con la coloración rojiza permanente en los periodos de muestreo en el año 2012.

*Amphidinium sp.* Causó la coloración rojiza, en las aguas superficiales del Embalse Pasto Grande y se mantienen en el tiempo, aunque habiéndose disminuido, ya que a pesar de ser un número mayor de puntos de muestreo los valores son solo ligeramente diferentes que en el año 2011. En el Segundo Monitoreo, *Amphidinium* no se presentó en este periodo de tiempo.

El diagnóstico de *Amphidinium* está corroborado en el tiempo, debido a la descripción específica encontrada en los informes encontrados: El cingulum está fuertemente dislocado hacia el extremo anterior de la célula, por lo que el epicono es pequeño, a menudo con forma de dedo o de gorrito, y está situado en la parte superior de la célula. No obstante, se observan considerables variaciones morfológicas en este género, y en algunas especies, el epicono y el hipocono son casi del mismo tamaño. Sin embargo el reconocimiento de estas especies tiene cierta complejidad a pesar de tener una estructura especial de tecas: Así pues, el género no presenta unos límites claros con *Gymnodinium* y la adscripción de especies es a menudo arbitraria, por ello es necesario evaluar otras condiciones tales como la conductividad ya que *Gymnodinium* está presente especialmente en aguas salobres o marinas, mientras que otras especies como *Peridinium* si son más eurícolas es decir puede ser de ecosistema acuáticos distantes ecológicamente. (Sar E, M. Ferrario & B. Reguera 2002).



**Figura 7:** Evolución del crecimiento algal para Fitoflagelados que muestran su mayor abundancia en el año 2010 y luego decaen bruscamente para mantenerse así en ambos monitoreos del 2012.



**Figura 8:** Evolución de crecimiento algal para *Peridinium sp* el cual aparece en el primer monitoreo del 2012, disminuyendo en el segundo monitoreo del mismo año.

Cabe mencionar que el área de hidrobiología no es tan extendida como el área de microbiología, a pesar de ser clara la necesidad de evaluar comunidades relevantes diferentes a las bacterias, así mismo la cantidad de analistas con claves modernas y con garantía es decir especialistas de laboratorios especializados en análisis hidrobiológicos también es restringida, aún escasean en nuestro país.

Una de las razones de estas restricciones es que la normatividad legal no hace referencia de las comunidades hidrobiológicas en las ECAS, e incluso en el agua para consumo humano no habían valores antes del 2010, ese año recientemente el Decreto supremo N° 031-SA Reglamento para Calidad de Agua Para Consumo Humano, incluye algas y organismos de vida libre como parámetro de calidad.

### 1.3.2 FITOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE.

El fitoplancton es uno de los elementos de calidad biológica cuyo estudio es requerido para caracterizar los cuerpos de agua. Se define como el conjunto de microorganismos, en su mayoría fotosintéticos, que vive suspendido en la masa de agua. De cara a permitir el cálculo del potencial ecológico en masas de agua tipo embalses es necesario calcular la composición y la abundancia de los mismos, sobre todo cuando los datos históricos como los existentes en el Embalse Pasto Grande evidencia la importancia de estas comunidades como indicadores de calidad de agua influyendo en la productividad secundaria y hasta terciaria en los años en que existían las actividades de acuicultura a base de trucha. Así mismo el fitoplancton sirve como elemento para la detección y el seguimiento de ciertas presiones fisicoquímicas como son la contaminación orgánica, la eutrofización, los cambios en la mineralización del agua, la contaminación térmica y la contaminación minera.

El fitoplancton constituye una parte muy importante del plancton. Engloba todas aquellas especies de algas microscópicas, unicelulares, filamentosas o coloniales, con capacidad fotosintética y que contienen, entre otros, pigmentos clorofílicos. Como se explicó en su oportunidad las cianobacterias están formando parte del plancton debido a su formas y su coloración verdosa, más el tipo de células lo hace diferente y perteneciente al grupo Monera es decir el de las Bacterias.

El papel ecológico del fitoplancton es fundamental, es la "llave" que regula la entrada de energía al sistema, constituyendo la base de la pirámide trófica. Son los productores primarios de toda la cadena. Así, su estudio permite obtener una información más precisa y detallada del estado trófico y calidad del agua que la obtenida a partir de un simple estudio hidroquímico. Por ello, ha sido considerado como bioindicador del estado ecológico en lagos y humedales. Su estudio se ha convertido en una parte esencial de cualquier proyecto de caracterización ecológica de una masa de agua, tal como el presente estudio de Caracterización del Embalse Pasto Grande.

#### 1.3.2.1 DIATOMEAS (BACILLARIOPHYTAS):

Las diatomeas son algas unicelulares, eucariotas y autótrofas, presentes en todos los ecosistemas acuáticos. De modo especial es la División más abundante en el Embalse Pasto Grande.

Se caracterizan por su pared celular silíceo (frústulo), cuya morfología y ornamentación vistosas son la base para la determinación taxonómica de los individuos.

Gracias a su sensibilidad a los contaminantes orgánicos e inorgánicos y a su rápida respuesta ante los cambios químicos del agua, las diatomeas son excelentes testigos del estado ecológico de los ecosistemas fluviales.

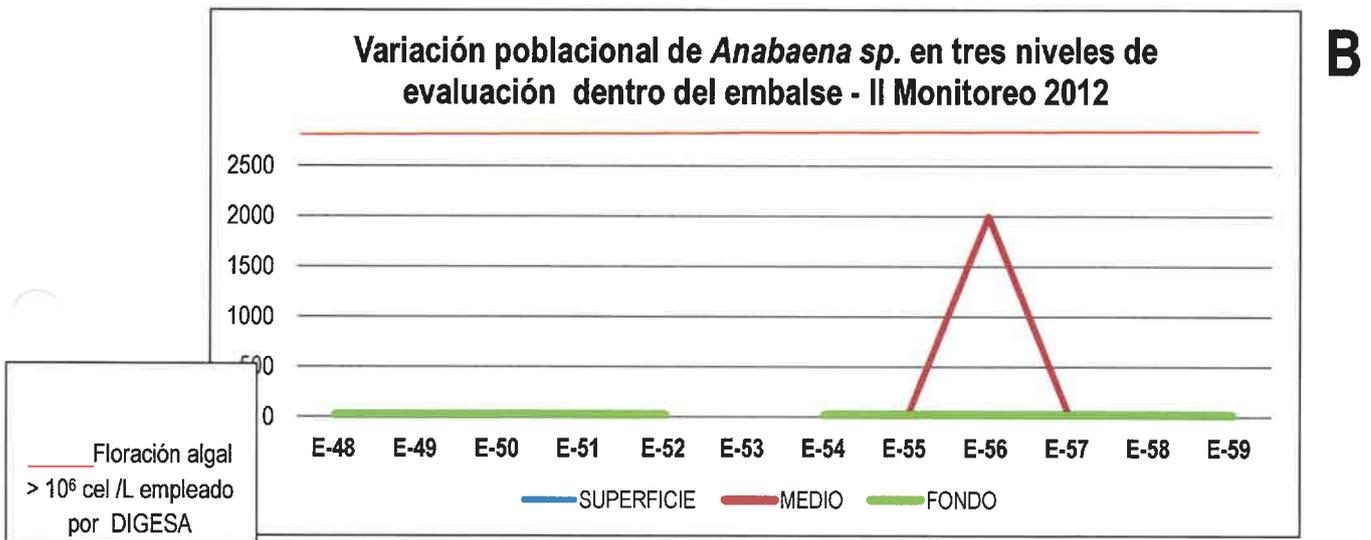
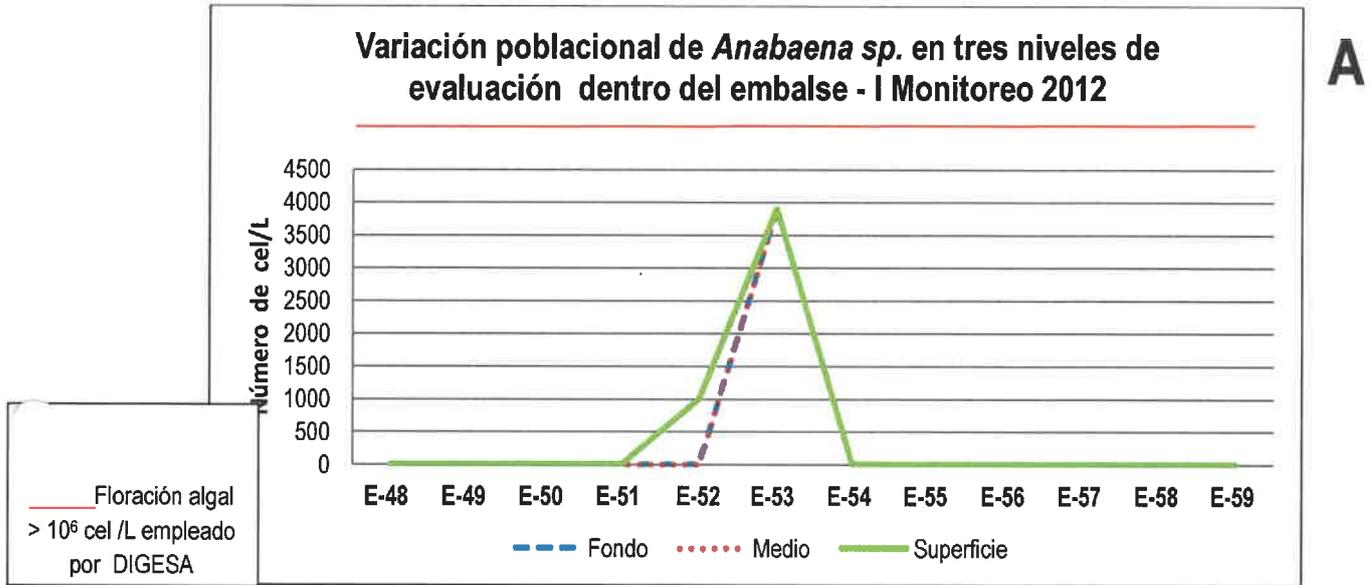
En el ámbito europeo, las diatomeas epilíticas están siendo ampliamente utilizadas como bioindicadores de la calidad del agua de los ríos, detectando presiones debidas a eutrofización, acidificación y cambios de salinidad.

Su pared celular (teca =frústulo) compuesta de sílice  $\text{SiO}_2$  hidratadas y pequeñas cantidades de materia orgánica y el frústulo está formado de 2 mitades una epiteca y una hipoteca. El sílice es inerte a los ataques enzimáticos, por ello son menos vulnerables al ataque de microorganismos que otros algas cuyas paredes están compuestas por polisacáridos. Su revestimiento de sílice hace que sean el grupo de algas dominantes en Pasto Grande frente a pH ácidos e ingreso de metales pesados. Esta dominancia de diatomeas hace que la diversidad expresada en Shannon weaver o Simpsons disminuyan, esta medida de diversidad alfa nos permite saber que tan desequilibrado está el ecosistema.

Dada la dificultad de identificación, el análisis de las muestras requiere la participación de expertos en la determinación taxonómica de diatomeas. Consorcio se ha asegurado de contratar a un

Laboratorio que cuente con personal especialista con amplia experiencia en la identificación de este grupo de algas (Ver Documento de Caee y acuerdos del Programa Optimizado)

Combinando los valores de abundancia de los taxones identificados con su sensibilidad a la contaminación y su valor indicador, se obtienen diversos Índices Diatómicos de calidad del agua.



**Figura 9:** Variación de *Anabaena sp* en el Embalse Pasto Grande 2012 durante Monitoreo I (A) y Monitoreo II (B).

La variación poblacional de *Anabaena sp* en avenida y estiaje es casi despreciable , pero se evidencia un incremento poblacional brusco en la E53 frente a Tocco para avenida y en la E 56 que pertenece al centro del Embalse-3 para estiaje , aún así en ninguno de los casos sobre pasa los niveles hacia una floración algal (10<sup>6</sup> cel /L)

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

CONSORCIO V-5  
 Blga. Haydee Alvarino Flores  
 BIÓLOGA  
 CEP. 2531

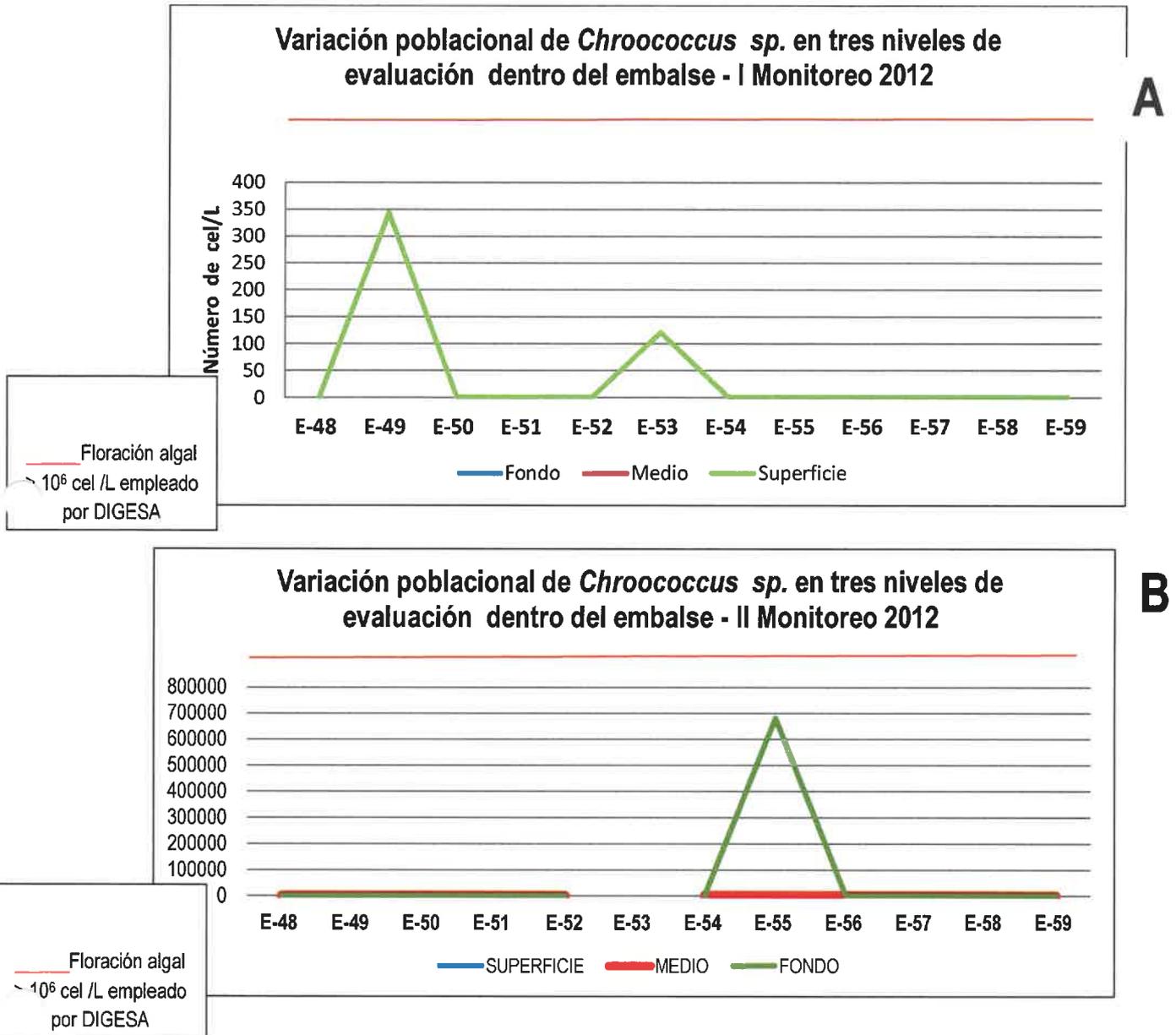
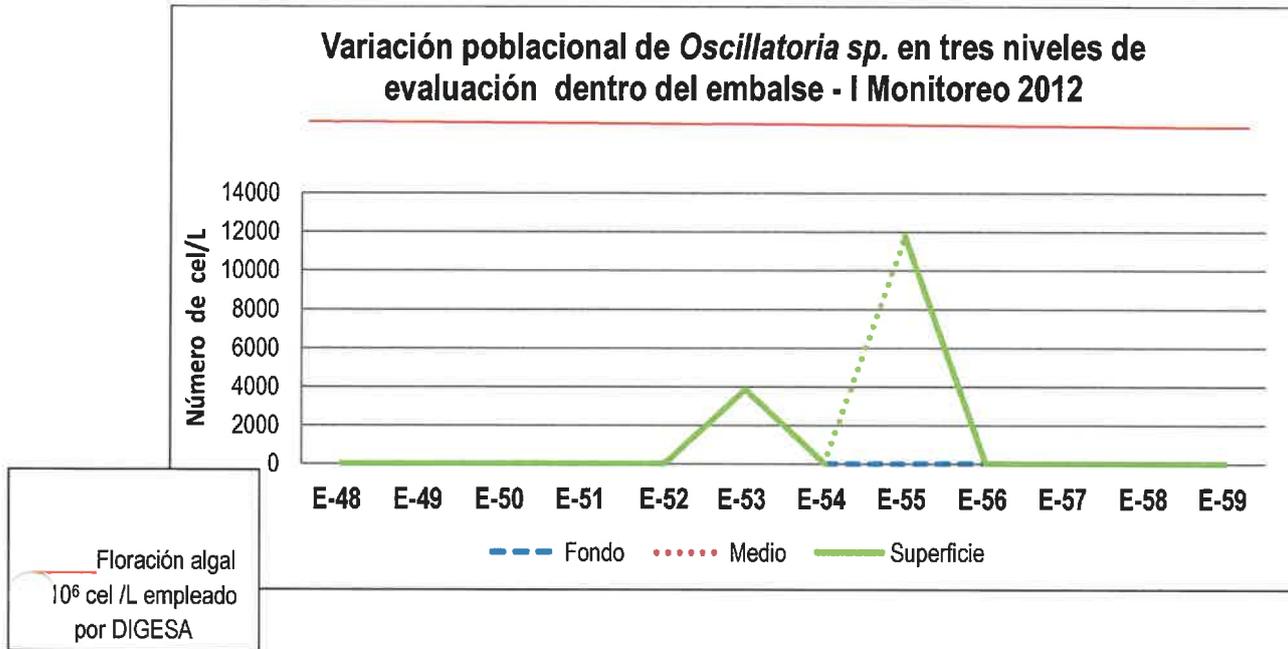
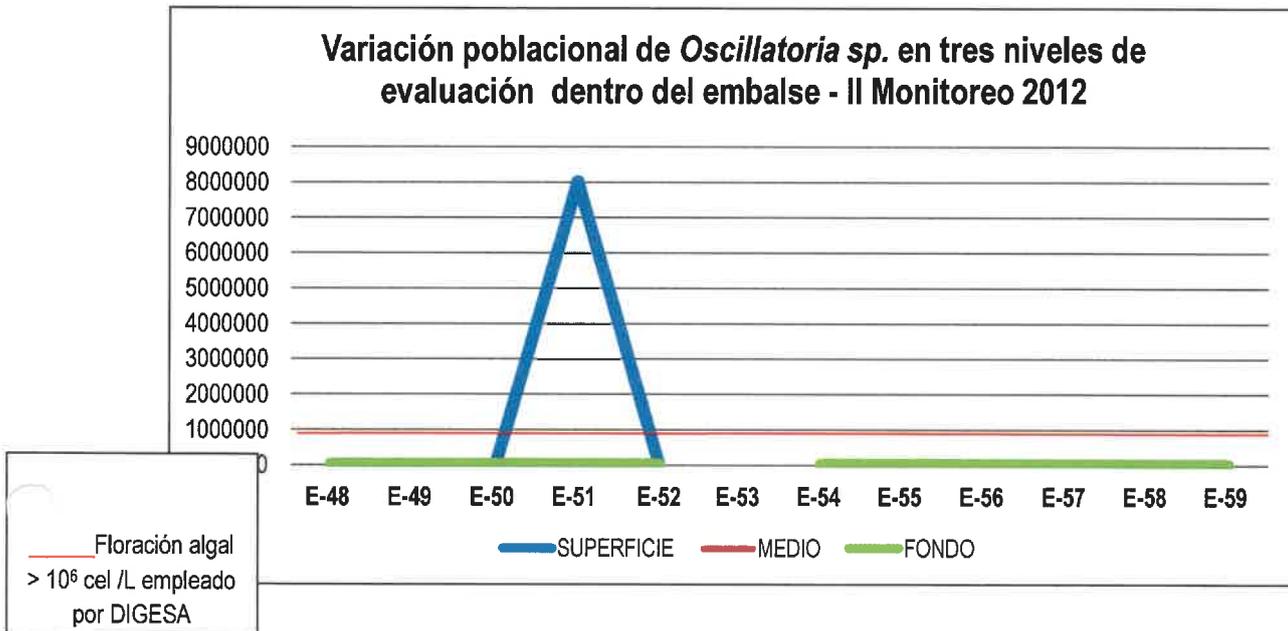


Figura 10 : Variación de *Chroococcus* sp en el Embalse Pasto Grande 2012 durante Monitoreo I (A) y Monitoreo II (B).

Caso similar se encuentra con *Chroococcus* sp quien pose valores muy bajos en avenida y estiaje sin embargo; posee picos de crecimiento en E49 Frente al río Antajarane y en la E53 Frente al río Tocco para avenida así como también en la E 55 (Centro del embalse – 2) para estiaje. En ninguno de los casos sobre pasa los niveles hacia una floración algal (10<sup>6</sup> cel /L).



**A**

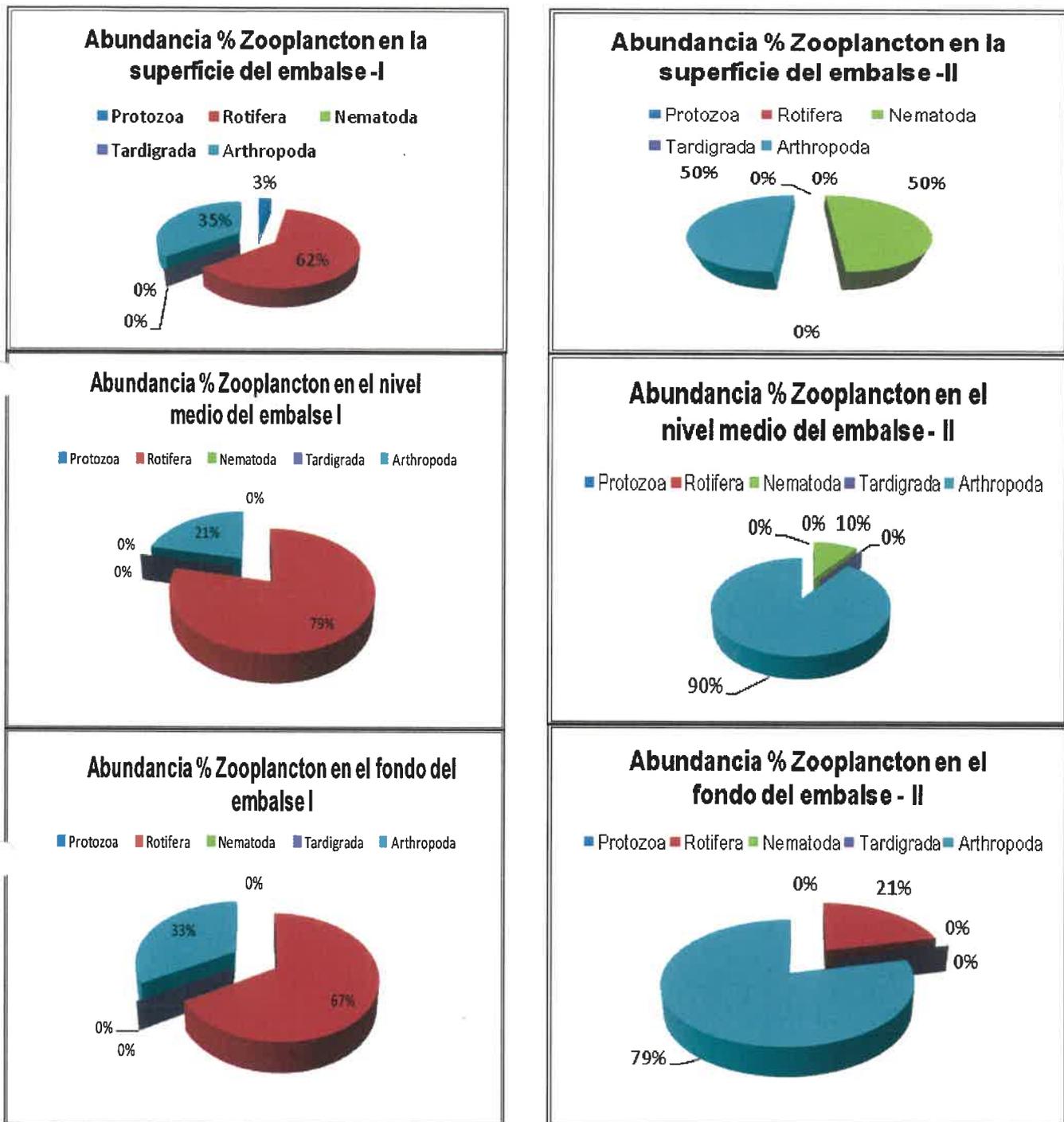


**B**

**Figura 11:** Variación de *Oscillatoria sp.* en el Embalse Pasto Grande 2012 durante Monitoreo I (A) y Monitoreo II (B).

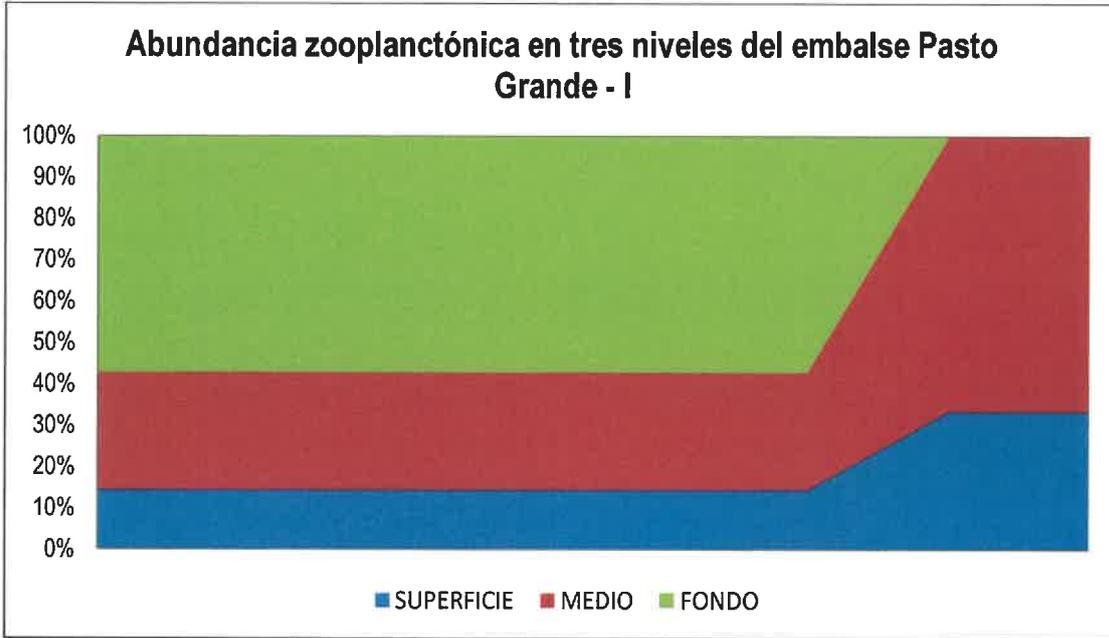
En cuanto a *Oscillatoria sp.* ocurre lo mismo que en los casos anteriores, y presenta sus picos de mayor crecimiento en la E55 (Centro del embalse – 2) para avenida y en la E51 Frente a la cabaña Chapiocco, en estiaje. En ninguno de los casos sobre pasa los niveles hacia una floración algal (10<sup>6</sup> cel /L)

## 1.3.3 ZOOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE

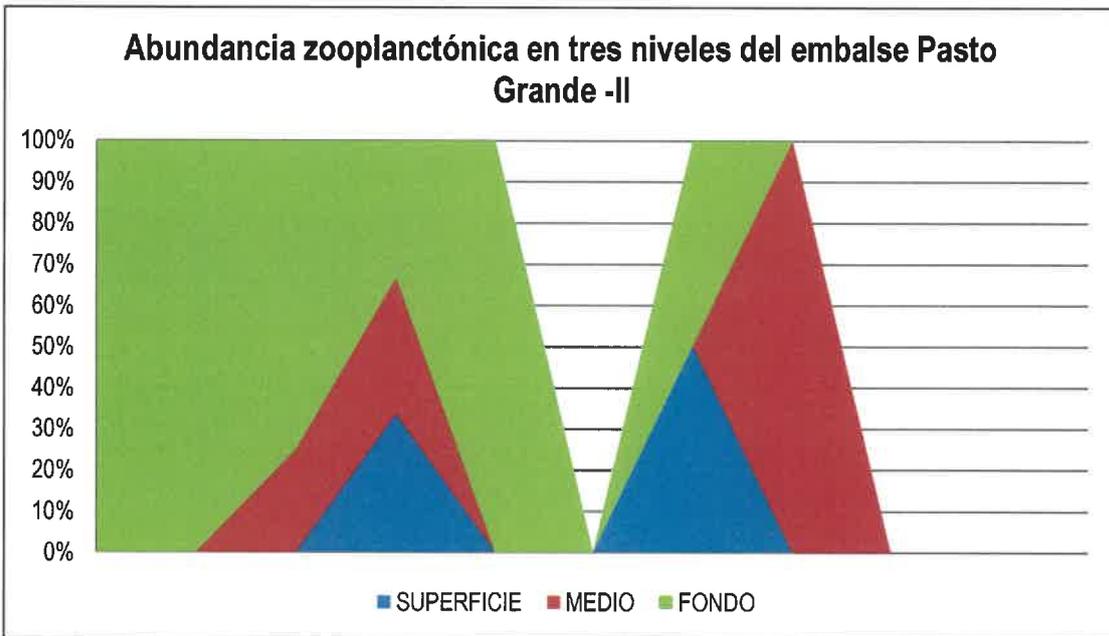


**Figura 12:** Representación de especies zooplanctónicas en los tres niveles del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo- I y Monitoreo II 2012. Donde A: Superficie, B: Medio y C: Fondo.

Las tasas más representativas en la superficie (A), medio (B) y el fondo (C) del embalse son los Artrópodos que junto a los Nematodos en la superficie forman el 100% de la población zooplanctónica. Mientras que en el fondo los nematodo se muestran en menor porcentaje y en el fondo no son representativos, lo que si sucede con los rotíferos obteniendo un 21% del total de especies.



A



B

**Figura 13:** Gráfico representativo de las abundancias zooplanctónicas en el total de estaciones de muestreo del Embalse Pasto Grande asumiendo tres niveles de evaluación. Donde A pertenece al Monitoreo I y B pertenece al Monitoreo II 2012 .

Para ambos tiempos la masa zooplanctónica fue más densa en el fondo del embalse que en la superficie y la zona media.

### 1.3.4 MACROPHYTAS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE.

Los macrófitos constituyen un grupo de elementos de calidad biológica muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo y cuyo estudio es requerido por un efectivo estudio de caracterización, mencionado también en la Directiva Marco del Agua. Se define como la macroflora que habita en los ecosistemas acuáticos y que puede pertenecer a diferentes grupos taxonómicos, como angiospermas, pteridófitos, briófitos y carófitos así como microalgas, agregados de algas unicelulares o cianobacterias.

Los macrófitos designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo. El grupo incluye organismos productores primarios, siendo considerado elemento-clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Este grupo abarca taxones tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, microalgas o cianobacterias.

En el catálogo que el Laboratorio CAEE presenta vemos algunas de las especies que se encontró en el ecosistema en las figuras 32 al 37 siendo las especies *Chara vulgaris*, *Egeria densa*, *Callitriche palustris*, *Elatine triandra*, *Pycnophyllum molle* y *Sphagnum sp.* en el II Monitoreo, pero en el I Monitoreo hubo la presencia de *Azolla sp.*

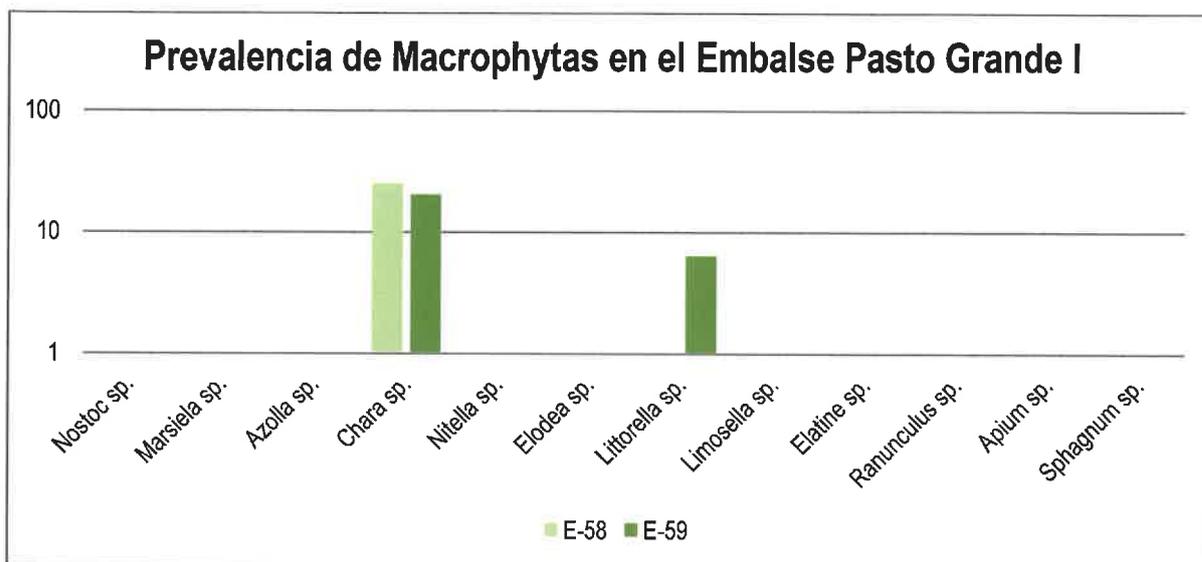
Desde el punto de vista de su utilización como indicador biológico, se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como lo son por ejemplo los cambios de temperatura, eutrofización o continuidad del río. Así, alteraciones en estas variables podrían resultar en cambios cualitativos y cuantitativos de las comunidades y la estructura trófica de los ecosistemas entre otros. Las cantidades presentes y la riqueza de macrophytas en el embalse Pasto Grande no describen diversidad de especies, debido a la contaminación que se va desplazando hacia las riberas de los ríos en el caso de los afluentes, el borde del embalse y en algunos sitios de la descarga. No es fácil separar la explicación de macrophytas por áreas.

El grupo de los macrophytas sugiere su monitorización como uno de los indicadores biológicos válido para la evaluación del estado ecológico del agua. Actualmente, en España, el seguimiento de este bioindicador se hace por medio del uso de índices/métricas como el I.V.A.M. (Índice de Vegetación Acuática Macroscópica) o el I.M. (Índice de Macrófitos), que consideran tanto macrófitos como micrófitos, siempre que constituyan formas de vida visibles a simple vista. Lo cual requiere mayor tiempo de análisis.

Es muy frecuente el uso del término "metafiton" para denominar al grupo de algas que no están adheridas al sustrato, éstas provienen de poblaciones fitoplanctónicas y epifíticas o bentónicas que se han desprendido de sus respectivos sustratos. En el caso del Ecosistema de Pasto Grande estrictamente lo denominaríamos Epiliton y Epifiton.

La fijación de las algas se puede producir mediante:

1. rizoides, *Ulothrix*, *Oedogonium*
2. pedúnculos gelatinosos, *Gomphonema*, *Cymbella*
3. tubos o vainas gelatinosas, *Navicula*, *Nitzschia*
4. gelatina sobre la superficie del alga adherida, *Cocconeis*, *Chamaesiphon*
5. almohadillas gelatinosas, *Rivularia*, *Hildebrandia*, *Nostoc*
6. formación de talos postrados, *Chaetophora*



**Figura 14:** Prevalencia de Macrophytas en las estaciones correspondientes al Embalse Pasto Grande

La prevalencia de macrophytas está representada por los géneros Chara y Littorella en el Embalse Pasto Grande para avenida, sin embargo no fueron encontradas especies de macrophytas para el estiaje. Las estaciones con mayores frecuencias fueron E58 (Centro del embalse – 5) y E59 (Centro del embalse – 6) respectivamente.

#### 1.4 ABUNDANCIA DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE.

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).

Nótese que el cuadro reciente las cantidades de especímenes de las diversas comunidades hidrobiológicas, con dominancias de diatomeas, siendo un estado intermedio de salud ecológica es decir en un nivel mesotrófico, ya que no está exento de especies como puede estar un lago oligotrófico ni con una abundancia de especies y equilibrio como para dar vida a un ambiente eutrófico en donde normalmente viven peces de diversas especies incluso de especies tales como Truchas.

COMUNIDADES	EMBALSE I MONITOREO
	SUP/ MED/ FON
Fitoplancton TOTAL/L	6021845
Diatomeas/L	4446591
Chlorophyceas/ L	1389574
Cianobacterias/L	142682
Dinoflagelados/L	98
Zooplancton/L	5978847
Macrobentos/cm <sup>2</sup>	76
Macrophytas/cm <sup>2</sup>	26
Perifiton/cm <sup>2</sup>	-
Peces/alevines	0

CONSORCIO V-5  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5  
Bla. Hydre Alvarino Flores  
BIOLOGA  
CBP. 2531

COMUNIDADES	EMBALSE II MONITOREO
	SUP/ MED/ FON
Fitoplancton TOTAL/L	1739700
Diatomeas/L	1498529
Chlorophyceas/ L	209088
Cianobacterias/L	786000
Dinoflagelados/L	0
Zooplancton/L	2109375
Macrobentos/cm <sup>2</sup>	54
Macrophytas/cm <sup>2</sup>	-
Perifiton/cm <sup>2</sup>	-
Peces/alevines	0

Las tablas siguientes nos brindan las cantidades de acuerdo a los afluentes, embalse, descarga inicial, descarga final y las salidas de las plantas de tratamiento, debido a que es la influencia y el ámbito de uso del Embalse Pasto Grande; siendo muy significativo la presencia de las mismas en agua para consumo humano lo que puede modificar significativamente el sabor, olor y color en el agua potable, pudiendo llegar hasta ser perceptible. Cabe mencionar que el DS N° 031-201° S.A: ya menciona la necesidad de ausencia de esas comunidades y la OMS menciona a organismos de vida libre que no deben estar presente a este nivel.

La comunidad de zooplancton es significativa en todas las estaciones de muestreo. Las macrophytas se encuentran más Millojahuira, seguido por la descarga inicial, ya que vemos una recuperación de las condiciones fisicoquímicas, sin existir un tratamiento previo, lo que hace pensar que existen tramos de autodepuración natural. En el II Monitoreo correspondiente a estiaje disminuye significativa algunas comunidades y otras se mantienen pero en cantidades menores respecto al I Monitoreo.

CONSORCIO V-5

Victor Diaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
N.º 2530

CONSORCIO V-5

Biga. Haydée Alvarino Flores  
BIÓLOGA  
CBP. 2531

TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

I MONITOREO 2012

COMUNIDADES	AFLUENTES				EMBALSE	DESCARGA		CONSUMO HUMANO
	PATARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA	SUP/ MED/ FON	DESCARGA INIC	DESCARGA FINAL	SALIDA 3 PLANTAS
Fitoplancton TOTAL/L	165334	8157000	736000	37500	6021845	11250125	494208	45000
Diatomeas/L	145143	7902000	652000	32500	4446591	11188000	457923	34000
Chlorophyceas/ L	6667	15000	21333	4000	1389574	8875	31571	11000
Cianobacterias/L	10572	208500	59000	0	142682	52125	2857	0
Dinoflagelados/L	95	1000	0	0	98	0	500	333
Zooplancton/L	1642857	9750000	5000000	5250000	5978847	2062500	1500000	500000
Macrobentos/cm <sup>2</sup>	132	4026	441	348	76	993	2744	-
Macrophytas/cm <sup>2</sup>	37	34	29	50	26	41	38	-
Perifiton/cm <sup>2</sup>	1544	144900	31646	788	-	155889	21993	-
Peces/alevines	0	0	0	0	0	0	0	-

II MONITOREO 2012

COMUNIDADES	AFLUENTES				EMBALSE	DESCARGA		CONSUMO HUMANO
	PATARA	TOCCO	ANTAJARANE	MILLOJAHUIRA	SUP/ MED/ FON	DESCARGA INIC	DESCARGA FINAL	SALIDA 3 PLANTAS
Fitoplancton TOTAL/L	2598724	8122000	190000	455000	1739700	4627075	935071	20000
Diatomeas/L	2500676	7974500	63000	414000	1498529	4581700	920357	18000
Chlorophyceas/ L	75238	14000	106333	29500	209088	19750	4857	0
Cianobacterias/L	18714	109000	18333	10500	786000	22250	3214	0
Dinoflagelados/L	0	0	0	0	0	0	143	0
Zooplancton/L	1642857	9750000	0	2250000	2109375	1750000	807692	500000
Macrobentos/cm <sup>2</sup>	121	2688	384	706	54	1417	1659	-
Macrophytas/cm <sup>2</sup>	23	75	18	11	-	18	11	-
Perifiton/cm <sup>2</sup>	1012501	13757209	6487152	2914575	-	910227	287560	-
Peces/alevines	0	0	0	0	0	0	0	-

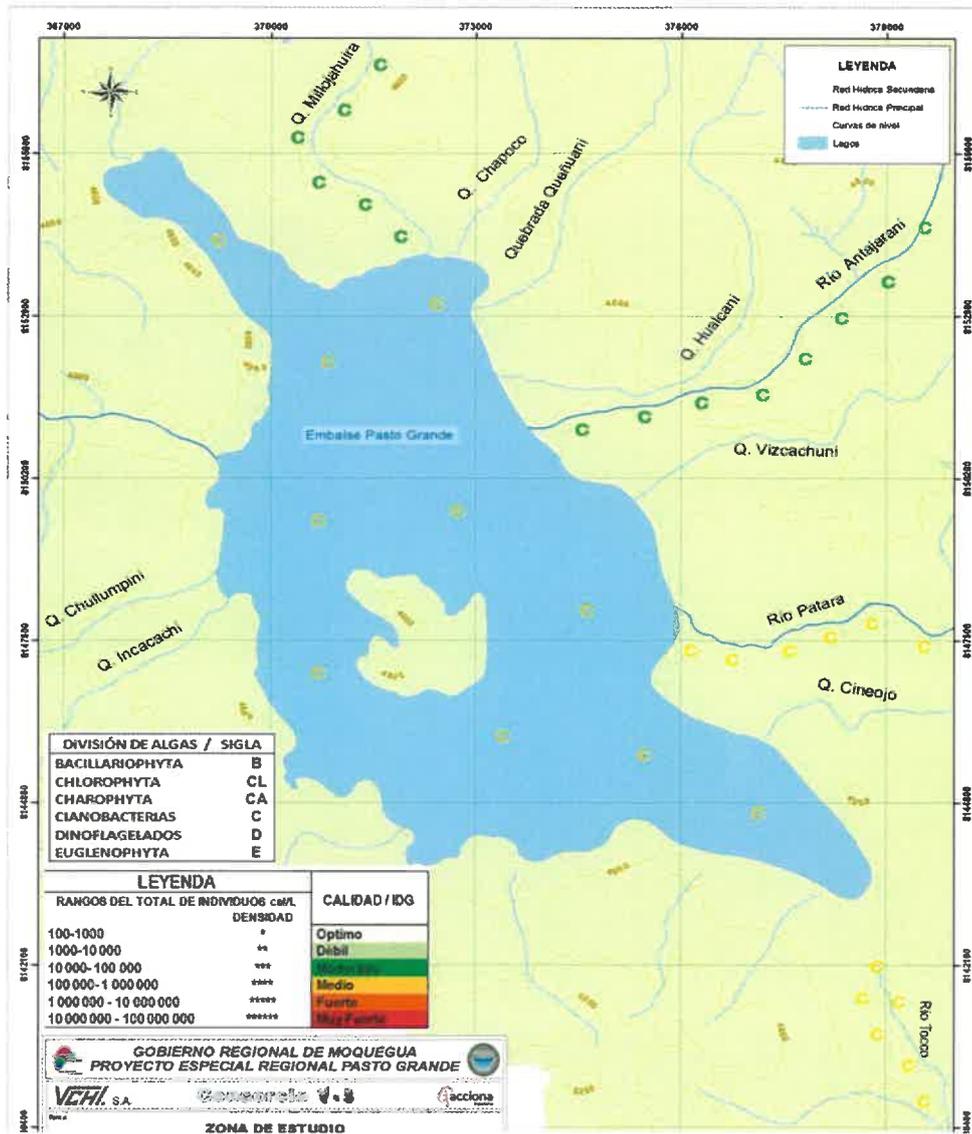
CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

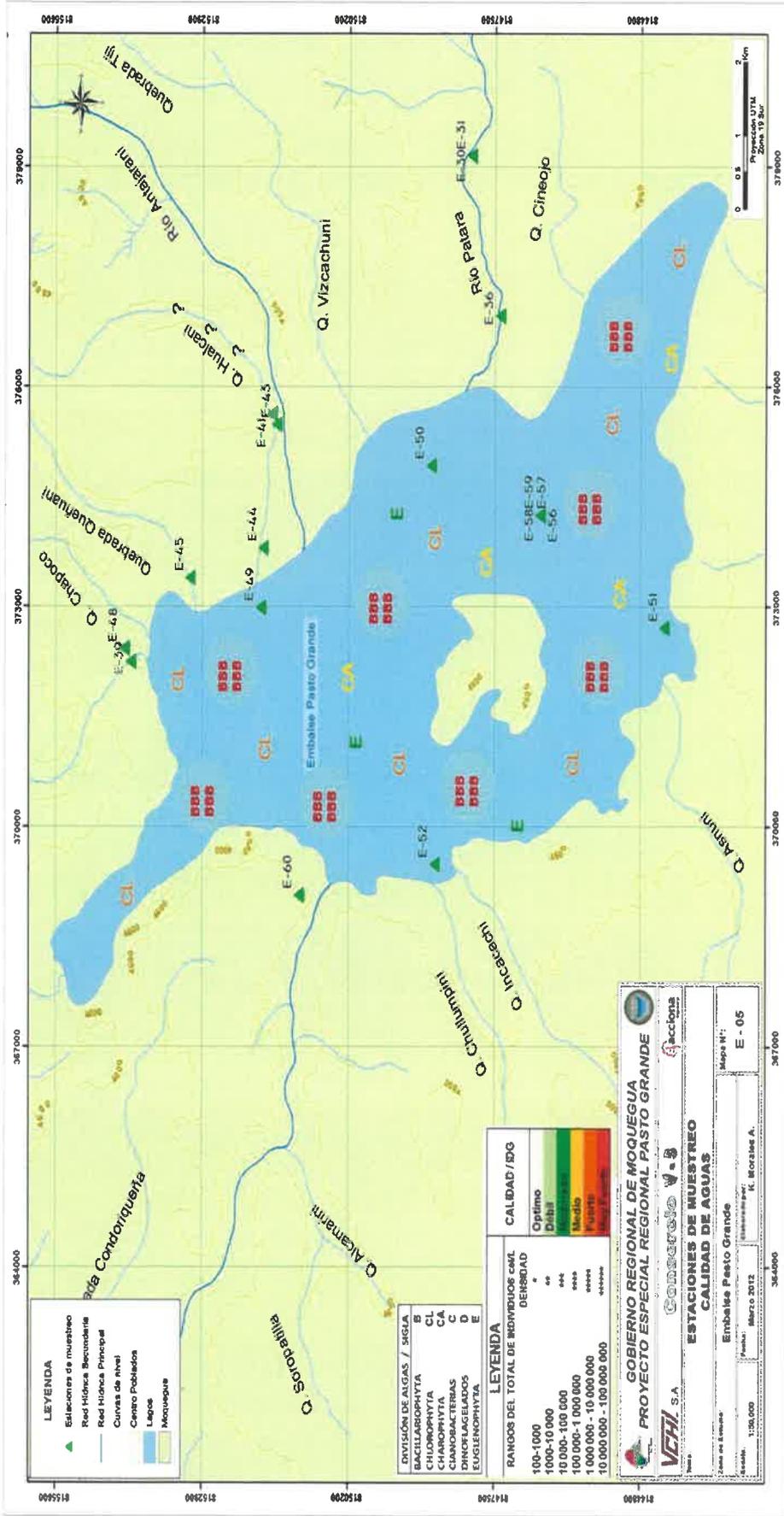
Bta. Haydee Alvarado Flores  
BIOLOGA  
CBP. 2531

## REPRESENTACION GRAFICA DE LA DISTRIBUCION DE CIANOBACTERIAS Y DINOFLAGELADOS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE



**MAPA N°1:** Valoración de las Cianobacterias (C) , según su abundancia en los afluentes y embalse Pasto Grande . La leyenda presenta una gradiente de calidad biológica de color basado en el **Índice Diatómico General**, donde el color rojo pertenece a una polución **MUY FUERTE**, el color naranja a una polución **FUERTE**, el color ambar a una polución **MEDIA**, el color verde es una polución **MODERADA**, el color verde oliva oscuro es una polución **DEBIL** y el color verde oliva claro un estado **OPTIMO** de calidad de aguas. La densidad de las especies por sector de muestreo se presenta según el número de letras representativas a la División Algal respectivamente; por ejemplo si se muestra una zona con alta repetitividad de la sigla que representa una división , tal es el caso de “C” y de color verde , significa que en ese sector habrá una abundancia de especies *Cianobacterias* entre  $10^5$  y  $10^6$  cel/L y su nivel de polución es **moderada**.

TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

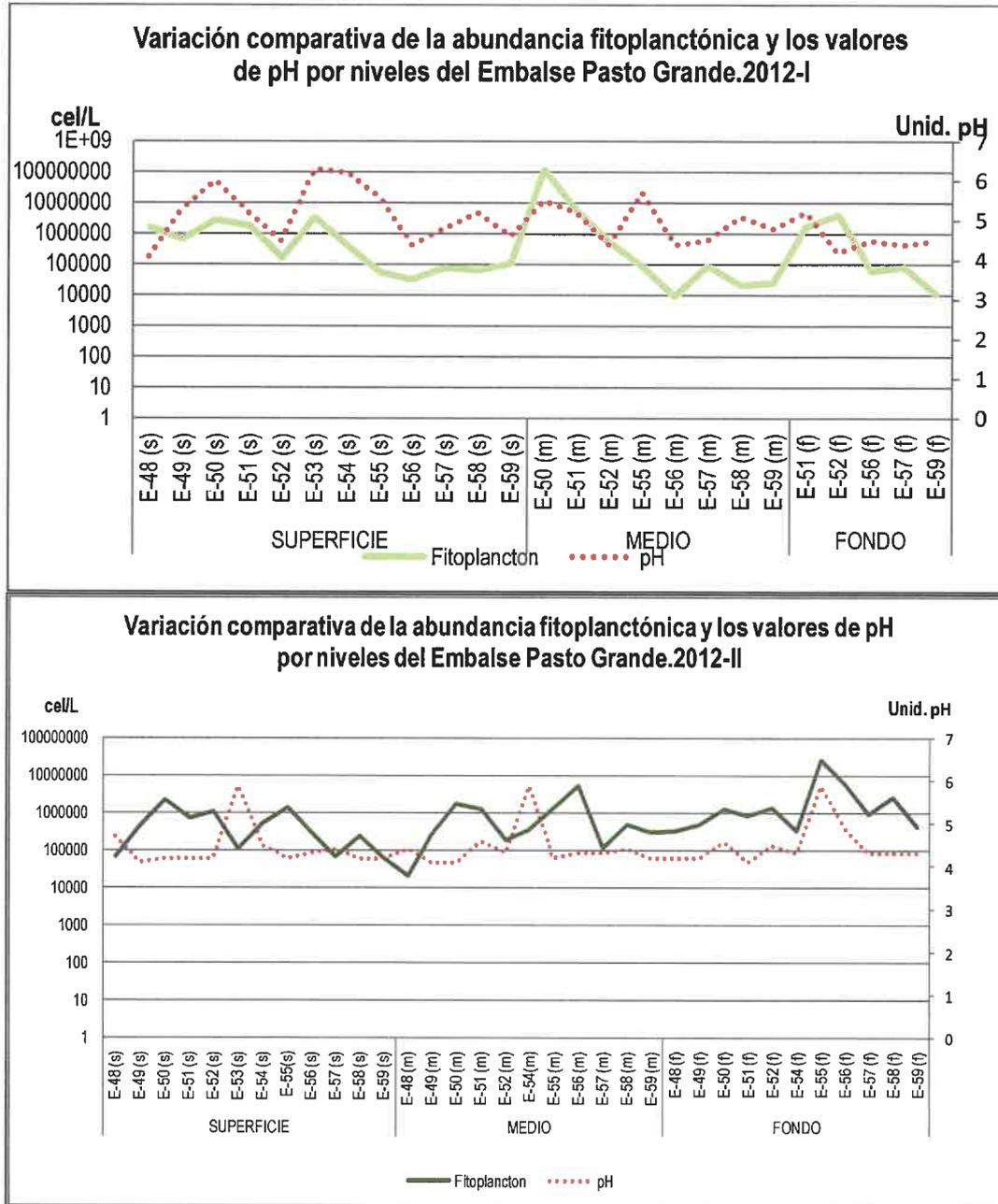


MAPA N°2: Valoración de las principales Divisiones de Fitoplancton según su abundancia en las aguas del Embalse Pasto Grande donde (B) es *Bacillariophyta*, (CL) es *Chlorophyta*, (CA) es *Charophyta* y (E) es *Euglenophyta*.

00 040

**1.5 INFLUENCIA DEL PH SOBRE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DEL EMBALSE PASTO GRANDE**

El Ph de todos los puntos del Embalse incluso a nivel medio y profundo está relacionado con la abundancia del fitoplancton, lo mismo sucede en ambos monitoreos.



**A**

**B**

**Figura 15 :** Comparación de las abundancias fitoplanctónicas junto a la variación del pH durante el Monitoreo- I 2012 para el Embalse Pasto Grande.

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

CONSORCIO V-5  
 Biga. Haydee Alvarado Flores  
 BIÓLOGA  
 CBP. 2531

## 1.6 SITUACION TROFICA DEL EMBALSE PASTO GRANDE – CLOROPHYLA A.

El embalse es el punto crítico del ecosistema por tanto, allí confluyen los afluentes de las zonas más altas y de allí sale la descarga para la zonas bajas y de uso tanto para la agricultura, ganadería como para el consumo humano.

El embalse Pasto Grande sigue manteniendo en el II Monitoreo alta transparencia ratificándose la gran zona eufótica, es decir hay ingreso solar en toda la columna de agua.

Cabe mencionar que según la presencia de comunidades hidrobiológicas presentes en el II Monitoreo se ratifica el estado MESOTROFICO del Embalse Pasto Grande.

Existen dos escenarios de tendencia una hacia el nivel Oligotrófico, siempre y cuando no se remedie el pH del ecosistema, ya que a niveles de acidez muchas especies se hacen vulnerables, cabe mencionar que hay especies del grupo de los dinoflagelados que tuvieron una presencia significativa en el 2008, que han desaparecido casi en el 2011 y 2012, además las especies de zooplancton no son muchas, siendo la riqueza baja, lo que nos dice de una diversidad disminuida e impactada por las condiciones fisicoquímica.

El segundo escenario podría llevar al embalse hacerse Eutrófico, siempre y cuando se incremente los niveles de nutrientes especialmente Nitrógeno y Fosforo, lo que haría crecer las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbiaría, además la misma formación del Embalse sobre una zona de bofedales hace que exista una significativa cantidad de materia orgánica que si bien es cierto actualmente no se resuspende, ya que la DBO es baja, podría ir descomponiéndose por la actividad de las bacterias con lo que se gastaría el oxígeno. La composición de las comunidades no es equilibrada, pero no hay un ingreso significativo externo de nutrientes que puedan motivar o impulsar a un proceso degenerativo de eutrofización, aunque las comunidades aledañas al Embalse podrían aumentar. Otro problema es la determinación de las zonas muertas que convierten al Embalse en un ambiente léntico con gran capacidad de retención lo que lleva a desarrollar en el tiempo varios ciclos biológicos de varias especies, necesitando buscar una estrategia para aumentar el movimiento de la aguas de esos sectores tal vez con un manejo hidráulico adecuado.

Es necesario mantener los estudios de batimetría. Y saber la evolución del fondo del lago, el nivel en que se va rellenando de sedimentos y como su profundidad va disminuyendo.

Se ratifica en este II Monitoreo, la calificación del estado trófico de MESOTROFICO basado también en los niveles de Clorofila A, de Mesotrófico, debido a que los valores de clorofila A en el embalse Pasto Grande varían entre 7 mg/m<sup>3</sup> y 17 mg/m<sup>3</sup>.

A nivel de los afluentes el rango va de 2.04 mg/m<sup>3</sup> y 29.36 mg/m<sup>3</sup> valor máximo correspondiente al Rio Patara, no al Embalse en sí.

Correspondiendo de igual manera a un nivel trófico de mesotrófico, según el sistema de clasificación de la OCDE (1982).

**Tabla 1:** Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.

Estado de eutrofia Clorofila a (mg/m<sup>3</sup>).

Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> )	Ultra Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Blga. Hardec Alvarino Flores  
BIÓLOGA  
CBP. 2531

## TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

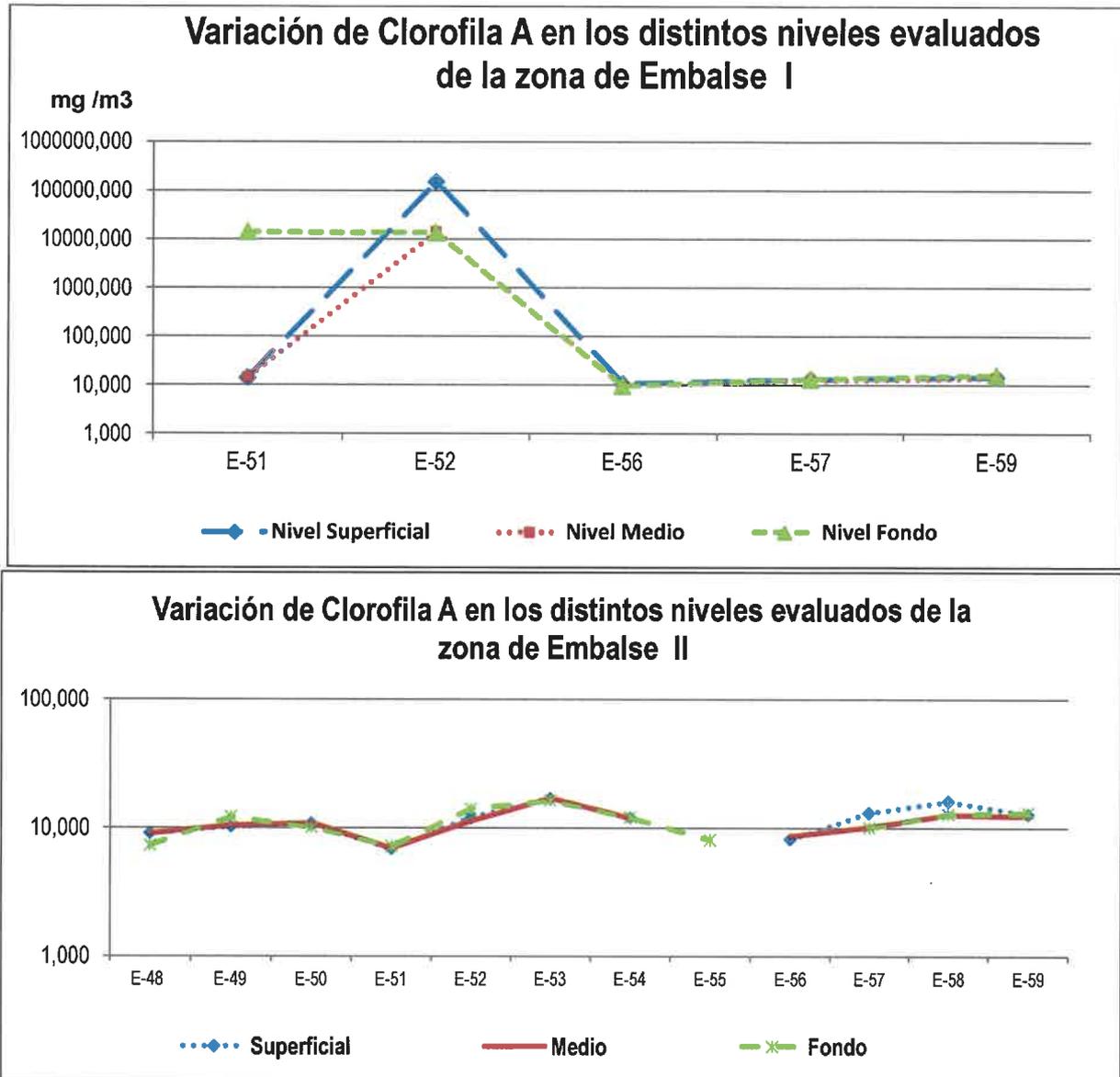
Valor referencial	Menor a 1	1-2.5	2.6 – 20	56-427	Mayor a 1000

**Fuente:** Modificado de Carlson (1977; 1980) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

El estudio más completo sobre la eutrofización ejecutó "Programa Cooperación sobre la Eutrofización", de la OCDE realizado en la década de 1970 con la participación de connotados científicos de 18 países. (OCDE, 1982). Establecieron una secuencia de categorías tróficas cimentado en las concentraciones Clorofila a entre otros.

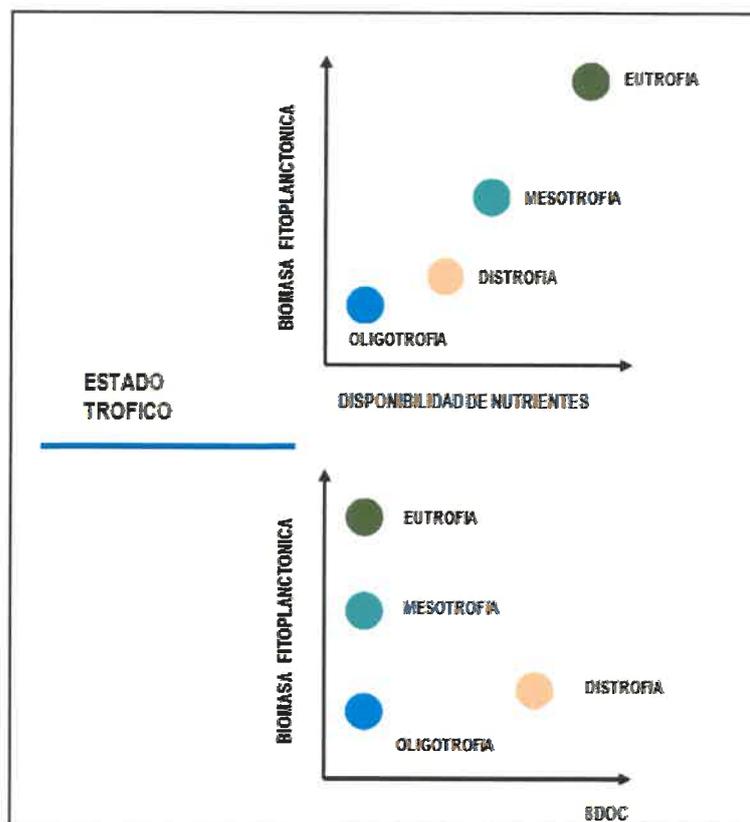
Un ejemplo de un Escenario de Eutrofización en Rio de la Plata nos advierte de las diferencias con Pasto Grande:

- Amplia Dominancia Genero *Microcystis*
- *M. aeruginosa* 50%
- Otras especies de *Microcystis* 35% (*M. flos-aquae*, *M. novacekkii*, *M. panniformis*, *M. weaawnbergii*)
- Máximas concentraciones de toxina en agua: 30000 – 45000 ug MC s/L (Elisa)
- Ocasionalmente *Microcystis* y *Anabaena*. (*A. spiroides*, *A. circinalis*, *A. viguieri*).



**Figura 16:** Determinación de Clorofila A evaluado en tres niveles del Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

En cuanto a la Clorofila A sus variaciones no son muy marcadas con excepción a nivel superficial para época de avenida donde en la E52 (Frente a la quebrada Incacachi) sus valores son los más elevados. Luego la clorofila A no sufre grandes cambios en estiaje siendo casi constante.



Otro factor asociado es que no se encuentra un aumento de la biomasa de piscívoros es decir comunidades predatoras de los peces que hayan provocado la disminución de los peces que indirectamente condicionan una mayor abundancia de zooplancton y menor biomasa de fitoplancton. Una situación inversa ocurre cuando tiene lugar una disminución de la abundancia de los peces piscívoros o un aumento de los planctívoros. Estas interacciones tróficas indirectas se denominan en cascada y en conjunto de factores que determinan la presión del consumo sobre el fitoplancton (herbivoría) recibe el nombre del control descendentes (top-down). En Pasto Grande la mortandad de los peces no es por la alteración trófica, sino por el ingreso de aguas de pH ácido, altos niveles de toxinas por presencia de dinoflagelados y probablemente de metales pesados que llevaron a la desaparición de las Truchas.

Cuando se piensa en las Fuentes de eutrofización, se piensa en fosfatos y nitratos, ya sea en eutrofización natural o de origen antropogénico.

- a) Eutrofización natural.- La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.
- b) Eutrofización de origen humano.- Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:
  - los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos
  - los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren

y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

En las evaluaciones detectadas en el ecosistema de Pasto Grande, los niveles de fosfatos y nitratos como factores relevantes para determinar el estado actual del Embalse y una proyección del futuro mediante es que no alcanzan a los límites establecidos para ser originadores del mismo ya que no existen las verdaderas fuente antropogénicas vale decir vertidos orgánicos o de detergentes o ganaderos o agrícolas que aporten fosfatos y nitratos en cantidades significativas. A continuación se mencionan varios parámetros que conjugan y se propone para el plan de vigilancia. Parámetros para medir y supervisar la eutrofización (Fuente: Janus y Vollenweider, 1981).

Variables resultantes		Variables determinantes
<b>Variabilidad a corto plazo: elevada</b>	<b>Variabilidad a corto plazo: moderada-baja</b>	
<b>Biomasa de fitoplancton</b>	Cultivos en pie de zooplancton	Cargas de nutrientes Fósforo total
<b>Grandes grupos de algas y especies dominantes</b>	Cultivos en pie de fauna de fondo	Ortofosfatos Nitrógeno total Nitrógeno mineral
<b>Clorofila a y otros fitopigmentos</b>	P, N, Si epilimnético (es la diferencia entre las concentraciones de invierno y verano)	(NO <sub>3</sub> + NH <sub>3</sub> ) Nitrógeno Kjeldahl Concentraciones de nutrientes
<b>Partículas de carbono orgánico y N</b>	O <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> hipolimnéticos	Igual que más arriba Sílice reactivo
<b>Tasas diarias de producción primaria</b>	Producción primaria anual	Otros (por ejemplo, micro-elementos)
<b>Visibilidad del disco Secchi</b>		

### Fosfatos.

La concentración de fosfatos en un agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización. Este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de los vegetales, y un gran aumento de su concentración puede provocar la eutrofización de las aguas. Así, Los fosfatos están directamente relacionados con la eutrofización de ríos, pero especialmente de lagos y embalses. En lo referente a las aguas de consumo humano, un contenido elevado modifica las características organolépticas y dificulta la floculación - coagulación en las plantas de tratamiento.

Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo (PO<sub>4</sub>-P) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. Si el crecimiento de algas es excesivo, cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición pueden dar como resultado una alta demanda de oxígeno, agotando el oxígeno presente en el agua. La directiva EU 91/271/CEE, en vista del peligro potencial para las aguas superficiales, especifica unos valores límite para el vertido de E.D.A.R. de compuestos de fosfato a las aguas receptoras: 2 mg/l fósforo total (10.000 – 100.000 h-e) o 1 mg/l fósforo total (> 100.000 h-e).

## TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO<sub>4</sub>-P en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/L PO<sub>4</sub>-P en aguas tranquilas. La forma asimilable del fósforo es el ión fosfato, aunque en el agua a veces se encuentran compuestos fosforados en estado coloidal o en forma de fósforo elemento.

Por último, la cantidad de fosfatos se suele indicar como mg/l PO<sub>4</sub>-P (mg de P de la molécula de PO<sub>4</sub> por l de agua) o bien en mg/l PO<sub>4</sub> (mg PO<sub>4</sub> por l de agua). La relación entre ambos es: **1 mg/l PO<sub>4</sub>-P = 3,06 mg/l PO<sub>4</sub>**.

Parámetros	Concentración		Porcentaje mínimo de reducción (b)
	10.000 a 100.000 h e	100.000 h-e	
Fosforo Total	2 mg/L P	1mg/L P	80%
Nitrógeno Total	15 mg/L N (d)	10mg/L N	70-80%

- Según la situación local se podrá aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.
- Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada
- Nitrógeno total equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato (NO) y nitrógeno en forma de nitrito (NO<sub>2</sub>)
- Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto 3° del apartado A) 2 del Anexo III del RD. 50996. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, quede conformidad con el aparato A)1 del Anexo III se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso la media diaria no deberá superar los 20 mg/L de Nitrógeno total para todas las muestras, en cuanto la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12° C. en sustitución del requisito relativo a la temperatura se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga.

Otras referencias mencionan la determinación del estado trófico basado en los niveles de fosforo y otros parámetros tales como clorofila, materia orgánica y profundidad de Secchi, refiriéndonos a Fosforo, los niveles en Pasto Grande, nos llevan al Estado Trófico de MESOTRÓFICO, siendo coherente con los valores de otros parámetros clave.

En Pasto Grande se midió Materia Orgánica expresada en DBO, Clorofila y profundidad de Secchi en metros. En la tabla N° 2 siguiente los parámetros como promedios o como máximos de Pasto Grande, sitúan al Embalse en la categoría de MESOTRÓFICO, en algunos casos como OLIGOTRÓFICO.

CONSORCIO V-5  
  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 6530

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

**Tabla N° 2 :** Promedios Máximos y Mínimos de Factores que permiten definir el estado trófico del Embalse Pasto Grande.

EMBALSE PASTO GRANDE 2012			
PROMEDIOS MAXIMOS Y MINIMOS DE FACTORES QUE PERMITEN DEFINIR ESTADOS TROFICOS			
MONITOREO I-2012		MONITOREO II-2012	
<b>Fosfatos (mg/L)</b>		<b>Fosfatos (mg/L)</b>	
Valor Mínimo	0.01	Valor Mínimo	0.01
Valor Máximo	0.049	Valor Máximo	0.13
Promedio	0.03	Promedio	0.03
<b>N-Nitratos (mg/L)</b>		<b>N-Nitratos (mg/L)</b>	
Valor Mínimo	0.08	Valor Mínimo	0.08
Valor Máximo	0.7	Valor Máximo	0.18
Promedio	1.37	Promedio	0.11
<b>Transparencia Disco Secchi (m)</b>			
Valor Mínimo	0.5		
Valor Máximo	4.05		
Promedio	2.34		

MONITOREO I-2012		MONITOREO II-2012	
<b>pH</b>		<b>pH</b>	
Valor Mínimo	3.6	Valor Mínimo	3.8
Valor Máximo	6.3	Valor Máximo	5.9
Promedio	5.06	Promedio	4.43
<b>Clorofila A (mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Clorofila A (mg/m<sup>3</sup>)</b>	
Valor Mínimo	7.20	Valor Mínimo	6.80
Valor Máximo	18.96	Valor Máximo	17.01
Promedio	13.09	Promedio	10.95
<b>Ficotoxinas (µg/L)</b>		<b>Ficotoxinas (µg/L)</b>	
Valor Mínimo	0.05	Valor Mínimo	0.12
Valor Máximo	3.29	Valor Máximo	3.44
Promedio	1.10	Promedio	1.42

**Tabla 3:** Relación entre niveles tróficos y características de los lagos (Adaptado de Janus y Vollenweider, 1981)

Estado trófico	Materia orgánica mg/m <sup>3</sup>	Promedio total de fósforo <sup>1</sup> mg/m <sup>3</sup>	Máximo de clorofila <sup>1</sup> mg/m <sup>3</sup>	Profundidad de Secchi <sup>1</sup> m
<b>Oligotrófico</b>	bajo	8,0	4,2	9,9
<b>Mesotrófico</b>	medio	26,7	16,1	4,2
<b>Eutrófico</b>	alto	84,4	42,6	2,45
<b>Hipertrófico</b>	muy alto	750-1200		0,4-0,5

Estos valores constituyen la clasificación preliminar de la OCDE y representan la media geométrica. Profundidad de Secchi = sistema que permite medir la turbidez de la columna de agua en un lago o cuerpo de agua.

**Tabla 4:** Relación de niveles tróficos en Pasto Grande Monitoreos I y II 2012.

Estado trófico	Materia orgánica mg/m <sup>3</sup>	Promedio total de fósforo <sup>1</sup> mg/m <sup>3</sup>	Máximo de clorofila <sup>1</sup> mg/m <sup>3</sup>	Profundidad de Secchi <sup>1</sup> m
<b>Oligotróficos</b>	bajo	0.03	-	2.34
<b>Mesotrófico</b>	medio		18,96	

La diferencia entre fósforo total (que piden en la valoración) y fosfatos que es el parámetro evaluado es que este último es soluble (ortofosfato), se da digestión previa para poder compararse con fósforo total. Es necesario puntualizar a los laboratorios que evalúen este parámetro.

Existen otras tabla que nos mencionan valores con medias y máximos para determinar Estados o Categorías Tróficas, siendo igualmente al ser comparadas con los valores de Pasto Grande igualmente estamos entre mesotrófico y oligotrófico.

CATEGORÍA TRÓFICA	CLOROFILA (mg/m <sup>3</sup> )		FÓSFORO TOTAL (ug/L)	TRANSPARENCIA AL DISCO SECHI (m)	
	Media	Máxima		Media	Mínimo
Ultra oligotrófico	< 1,0	< 2,5	< 4,0	> 12,0	> 6,0
Oligotrófico	< 2,5	< 8,0	< 10,0	> 6,0	> 3,0
Mesoeutrófico	2,5 – 8	8-25	10 - 35	3-6	1,5-3
Eutrófico	8 – 25	25 – 75	35 - 100	1,5-3	0,7-1,5
Hipereutrófico	> 25	> 75	>100	< 1,5	< 0,7

Fuente: OCDE 1982

	CLOROFILA mg/m <sup>3</sup>		FOSFORO TOTAL ug/L (Fosfato)	TRANSPARENCIA AL DISCO SECHI (m)	
	Media	Máxima		Media	Mínimo
<b>I Monitoreo</b>	13	7.2	0.03	2.34	0.5
<b>II Monitoreo</b>	10	6.8	0.03	2.34	0.5

Se ha mencionado con la Indicación de la caracterización del I y II Monitoreo en base a la Clorophylla A.

Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> )	Ultra Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
<b>Valor referencial</b>	Menor a 1	1-2.5	2.6 – 20	56-427	Mayor a 1000

			7.20 – 18.96		
<b>I Monitoreo</b>	-	-	Prom: 13,09	-	-
			6.8 – 10.95		
<b>II Monitoreo</b>	-	-	Prom 10,95	-	-

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980) Valor referencial y Monitoreos 2012.

### Compuestos de nitrógeno.

El nitrógeno es uno de los constituyentes de la materia orgánica que forma parte de las proteínas de las células y es indispensable en el crecimiento de los organismos fotosintéticos. En la química del agua, los compuestos de nitrógeno,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , así como el nitrógeno orgánico, juegan un papel importante, ya que son indispensables para el desarrollo de la vida animal y vegetal en agua.

Los compuestos nitrogenados del agua provienen fundamentalmente de los compuestos orgánicos o vegetales y en aguas naturales y sin contaminar suele ser un elemento poco abundante. La mayor parte del nitrógeno es de origen atmosférico, pero asimilado gracias a las bacterias y a ciertos vegetales, los cuales transforman el nitrógeno molecular y el nitrógeno nítrico en nitrógeno orgánico.

El nitrógeno del suelo, ya sea en forma amoniacal, ya en la de nítrico o nitratos, así como el que está formando parte de los tejidos animales o vegetales, vuelve a la atmósfera por la acción de las bacterias o por la combustión de los tejidos orgánicos. El nitrógeno nítrico difícilmente se acumula en depósitos en la tierra por su extraordinaria solubilidad.

En un agua natural se pueden encontrar, además del nitrógeno molecular disuelto, los compuestos nitrogenados siguientes: amoníaco, nitritos, nitratos y moléculas orgánicas nitrogenadas, ácidos aminados, urea, hidroxilamina, amidas, derivados de la piridina, etc.

#### Nitratos

Los nitratos existentes en el agua son, habitualmente, consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Como contaminantes debido a actividades humanas provienen de contaminación orgánica o de la contaminación por abonos químicos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a los nitratos entre los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud. Son peligrosos para concentraciones superiores a 50 mg/l. El efecto perjudicial de los nitratos se debe a que por acción bacteriana se reducen a nitritos en el estómago, éstos pasan a la sangre y son responsables de la formación de metahemoglobina en sangre, que disminuye la capacidad de oxigenación.

#### Nitritos

Los nitritos son compuestos no deseados en la composición de las aguas potables de consumo público. Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del amoníaco o a la reducción de nitratos existentes en el agua. La reducción de nitratos a nitritos puede llevarse a efecto por la acción bacteriana. El agua que contenga nitritos puede considerarse sospechosa de una contaminación reciente por materias fecales.

Algunas aguas, debido a los terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento pobre en oxígeno, pueden presentar cierto contenido de nitritos.

Los nitritos existentes en un agua pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consume, si se encuentran en una concentración bastante elevada. La enfermedad producida por la ingestión de nitritos se denomina metahemoglobinemia. Es recomendable la ausencia de nitritos en un agua de consumo; y como nivel máximo tolerable hasta 0,1 mg NO<sup>2</sup>-/l. Cantidades superiores a ésta hacen suponer que el agua es rica en materia orgánica en vía de oxidación.

### **Amonio**

El amoníaco, junto con los nitritos y nitratos, es un típico indicador de contaminación del agua. La presencia de amoníaco indica una degradación incompleta de la materia orgánica. En disolución acuosa se puede comportar como una base y formarse el ion amonio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. El amoníaco, a temperatura ambiente, es un gas incoloro de olor muy penetrante y nauseabundo. Se produce naturalmente por descomposición de la materia orgánica y también se fabrica industrialmente. Se disuelve fácilmente en el agua y se evapora rápidamente.

El amoníaco es fácilmente biodegradable. Las plantas lo absorben con gran facilidad eliminándolo del medio, de hecho es un nutriente muy importante para su desarrollo.

Por último, la cantidad de amonio se suele indicar como mg/l NH<sub>4</sub>-N (mg de N de la molécula de NH<sub>4</sub> por L de agua) o bien en mg/LNH<sub>4</sub> (mg NH<sub>4</sub> por L de agua). La relación entre ambos es: **1 mg/L NH<sub>4</sub>-N = 1,288 mg/L NH<sub>4</sub>**.

En las gráficas de fitoplancton con fosfatos y nitratos vemos una relación estrecha con las variaciones del fitoplancton, especialmente en algunas zonas de los afluentes de Tocco, Patara, exceptuando en Cacachara donde los nitratos son mínimos, mientras aún sigue presente el fitoplancton desarrollándose gracias a fosfatos u otros nutrientes, En el II Monitoreo existe esta misma relación así como de manera evidente en la parte superficial del Embalse Pasto Grande.

El Perfil del Embalse Pasto Grande no cubre los riesgos moderados para una eutroficación, según los datos de clorophylla, se han graficado de modo comparativo proyecciones, con condiciones diferentes, siendo la primera opción planteada la que encontramos en ambos monitoreos del 2012.

Nótese el ejemplo de los 3 casos posteriores con niveles de riesgo moderado o alto con presencia de espumas permanentes característica física visual del ecosistema.

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

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

Fig. 15 Nivel de Riesgo Mínimo:

- <math> < 20 \mu\text{g/L}</math> de Clorofila-a
- <math> < 10\ 000 \text{ cel/L}</math>
- CASO EMBALSE PASTO GRANDE

## Perfil del Embalse Pasto Grande

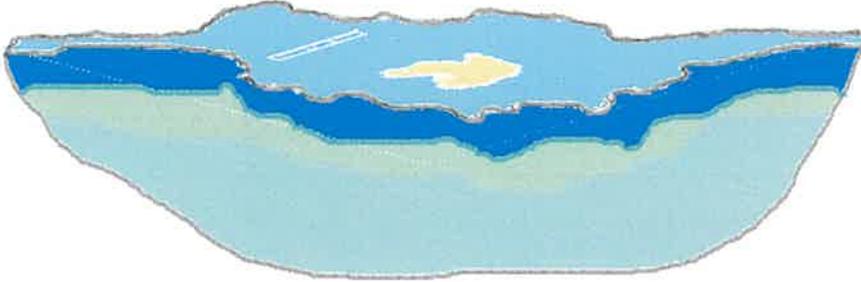


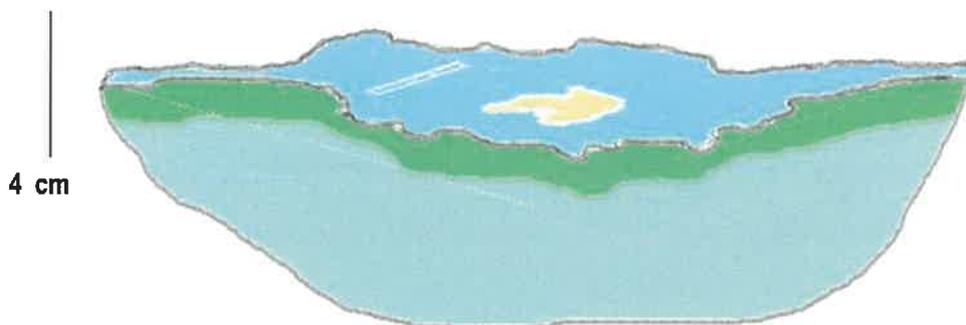
Fig. 16 Nivel de Riesgo Moderado:

- <math> 50 \mu\text{g/L}</math> de Clorofila-a
- <math> 100\ 000 \text{ cel/L}</math>
- Posiblemente <math> 20 \mu\text{g/L}</math> de microcistina en los primeros 4 metros de agua



Fig. 17 Acumulación de 100 veces en espumas de alto nivel de riesgo:

- <math> 5000 \mu\text{g/L}</math> de Clorofila-a
- <math> 10\ 000\ 000 \text{ cel/L}</math>
- Posiblemente <math> 2000 \mu\text{g/L}</math> de microcistina en los primeros 4 centímetros de agua.



**Fig. 18 Acumulación de 1000 veces si el viento transporta las espumas de 100 a 10 metros:**

- 50 000 µg/L de Clorofila-a
- 100 000 000 cel/L
- Posiblemente 20 000 µg/L de microcistina concentrada en una bahía de agua.



Más adelante exponemos gráficas de clorophylla a y ficotoxinas de todo el ecosistema que es el sustento de esta conclusión.

Según Margalef (1974), los organismos planctónicos son más estrategas *r* que *k*; lo cual corresponde a una biocenosis en la que la multiplicación se relaciona con la difusión y, algunas veces, con el movimiento, considerándose que, en el más simple de los casos, la movilidad acelera la difusión. Por ello, la estrategia de adaptación a la vida planctónica está estrechamente relacionada con la turbiedad y la concentración de nutrientes.

El agua turbulenta suele tener mayores concentraciones de nutrientes y, dada su mayor turbiedad biogénica y abiótica, sólo una parte de la población se localizará en la zona fótica, requiriéndose para ello una razón producción/ biomasa alta y, como consecuencia, una estrategia de tipo *r*. en las aguas estratificadas y de turbiedad baja, los organismos procuran ocupar un estrato o nivel en la columna de agua; una vez conseguido éste, los organismos mantendrán un ritmo bajo de multiplicación, acorde con las alternativas energéticas que un medio con bajas concentraciones de nutrientes puede proporcionarles.

## 2. DETERMINACION DE FICOTOXINAS EN PASTO GRANDE .

El análisis Hidrobiológico cuantitativo de fitoplancton nos permite la identificación y recuento de microalgas, pero sin que mida este el grado de toxicidad que puedan producir, para ello se evalúan las ficotoxinas, la clorophylla A para evidenciar la presencia de cianobacterias y los bioensayos.

Las Floraciones Algales son fenómenos que se producen en las masas de agua tanto continental como marina, ocasionada cuando la densidad de estas microalgas alcanza valores superiores a  $10^6$  millones de células por litro (según Instituto Español de Oceanografía, 2002), y se producen cuando encuentran las condiciones óptimas (nutrientes generalmente N y P; condiciones hidráulicas, temperatura, intensidad luminosa, turbulencias, etc.) para su vida y suelen dar diversas coloraciones al agua. Una manera indirecta de medir este nivel del efecto de la presencia de algas que producen las toxinas es medir los metabolitos secundarios que tienen carácter tóxico para los organismos eucariotas ficotoxinas.

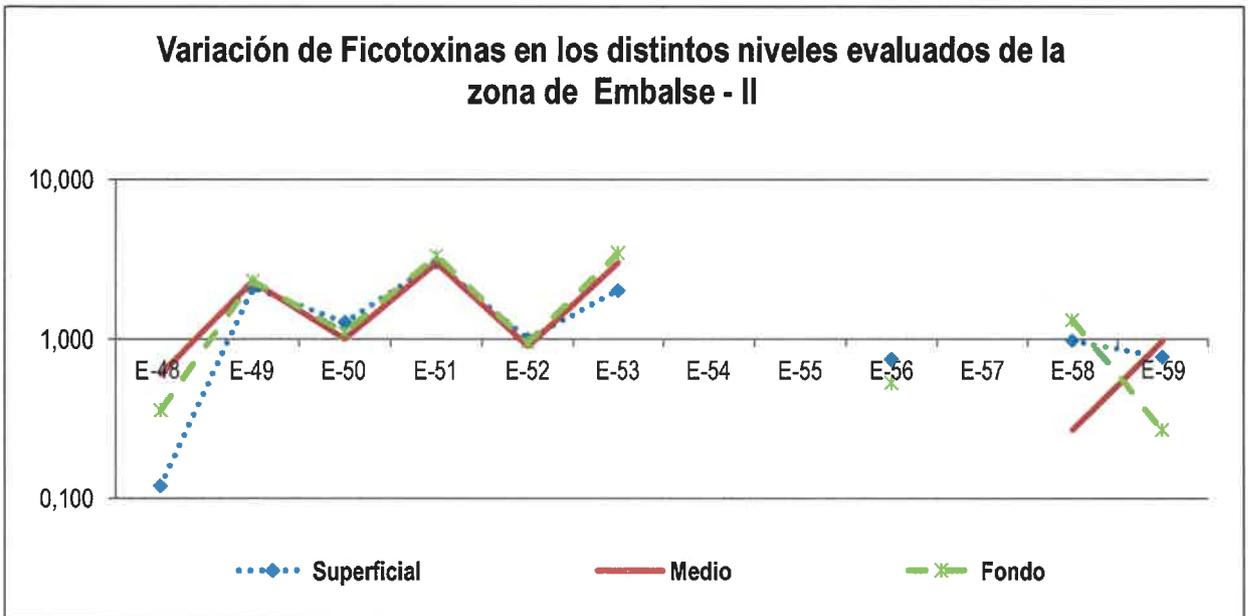
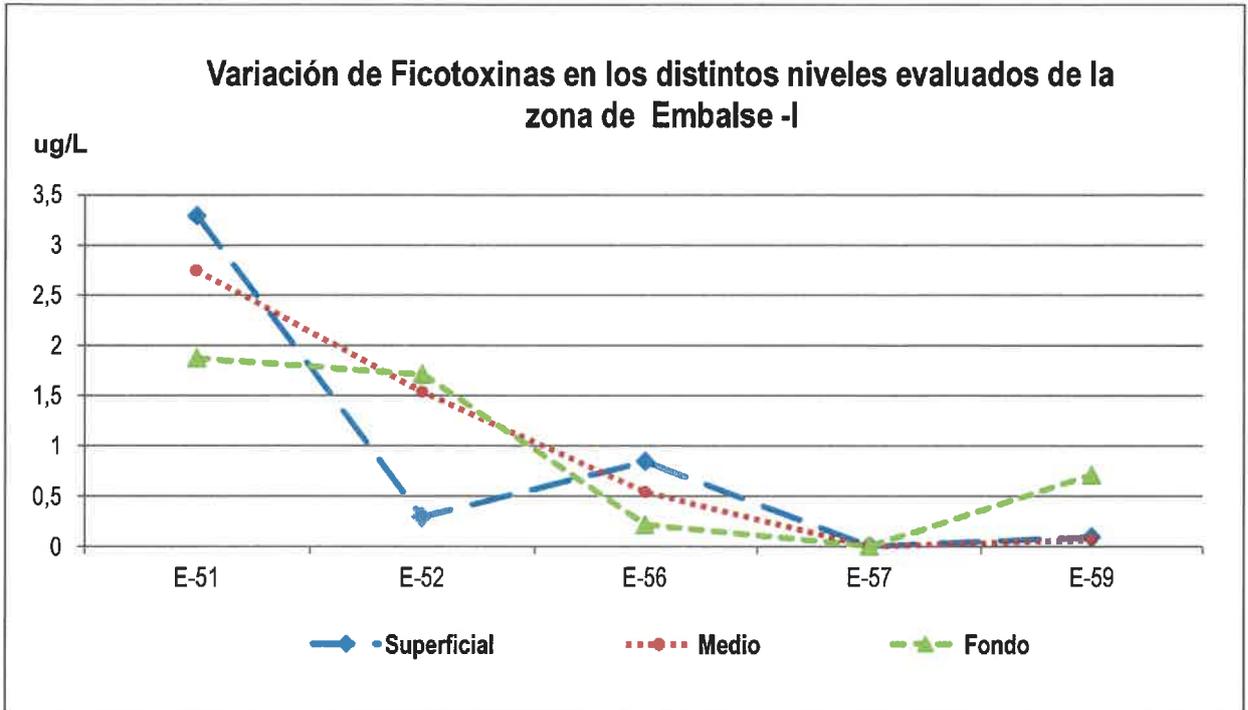
Estas toxinas son producidas únicamente por algunos géneros de cianobacterias, entre ellos *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Nostoc* y otros. Esta capacidad, conservada durante la evolución en algunas cepas, provoca graves problemas sanitarios y medioambientales. Como ya se ha comentado anteriormente, en aguas dulces naturales y artificiales tales como el embalse de Pasto Grande, la presencia de cianotoxinas se está convirtiendo en un problema acuciante, debido a la imparable eutrofización de los acuíferos o el proceso inicial de eutrofización.

Una de las cepas más virulenta de las cianobacterias es *Microcystis aeruginosa*, que produce las hepatotoxinas más abundantes, las microcistinas. Dicha especie no se encontró en el I y II Monitoreo del ecosistema del Embalse Pasto Grande 2012, mientras que especies de *Anabaena* y *Oscillatorias* si están presentes en ambos monitoreos.

Es complicado atribuir la muerte de peces a cianotoxinas, pues el colapso de los florecimientos provoca el abatimiento de la concentración de oxígeno disuelto, y la mortalidad en peces puede ser debida a condiciones de anoxia y no precisamente a una intoxicación.

En el caso de Pasto grande no solo han sido las ficotoxinas las que han causado la muerte a la comunidad de peces, sino también el Ph y los metales pesados presentes como producto de la contaminación minera. Aunque también se ha demostrado que el factor natural impacta en factores relacionados tal como la presencia de aguas termales, presencia de bofedales, etc.

También se recordó en el primer informe de Caracterización que no hay efecto de las microcistinas sobre bacterias acuáticas no está del todo claro, ya que existen informes de que no tiene efecto bactericida sobre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas hydrophila*. La presencia de *Escherichia coli* en la descarga del Embalse Pasto Grande y también niveles de ficotoxinas ratifica esta teoría. 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 materia orgánica para su crecimiento (Sivonen y Jones, 1999), No cabe duda que hay factores que merecen seguir las investigaciones específicas en cada caso.



**Figura 17:** Determinación de Ficotoxinas evaluado en tres niveles del Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

En el embalse el nivel de ficotoxinas tiene un valor máximo de 3,44 ug/L frente a Tocco, siendo que en todos los puntos cerca a los afluentes los valores son mayores que en los puntos correspondientes al centro del embalse.

Los mayores valores se evidencian en la E 51(Frente a la cabaña Chapiocco) tanto para avenida como en estiaje. Aun así los valores de ficotoxinas no son muy variantes entre los niveles del embalse.

2.1 RELACION DE FICOTOXINAS; CLOROPHYLA A Y FITOPLANCTON EN EL EMBALSE PASTO GRANDE

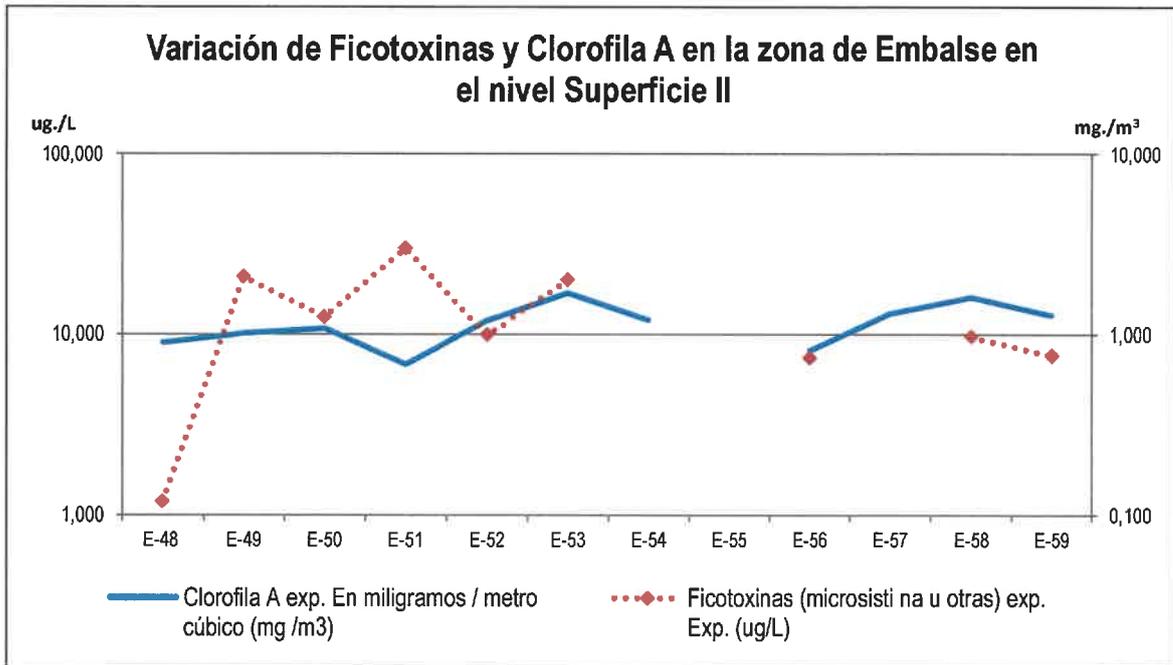
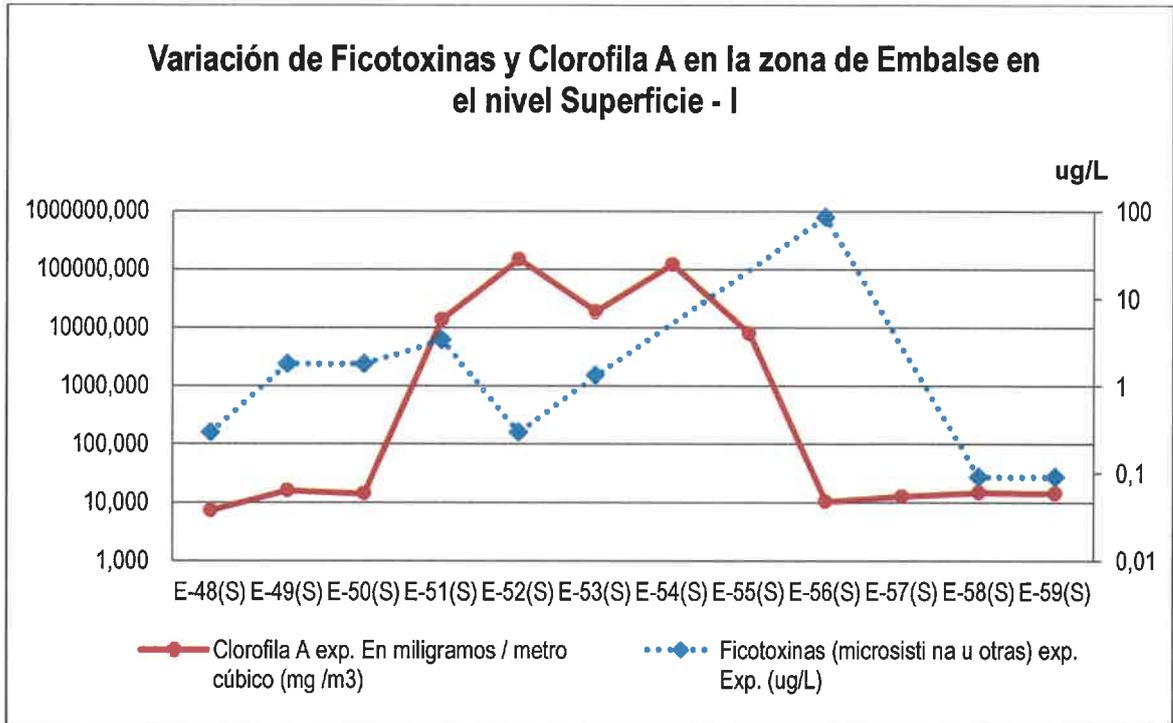
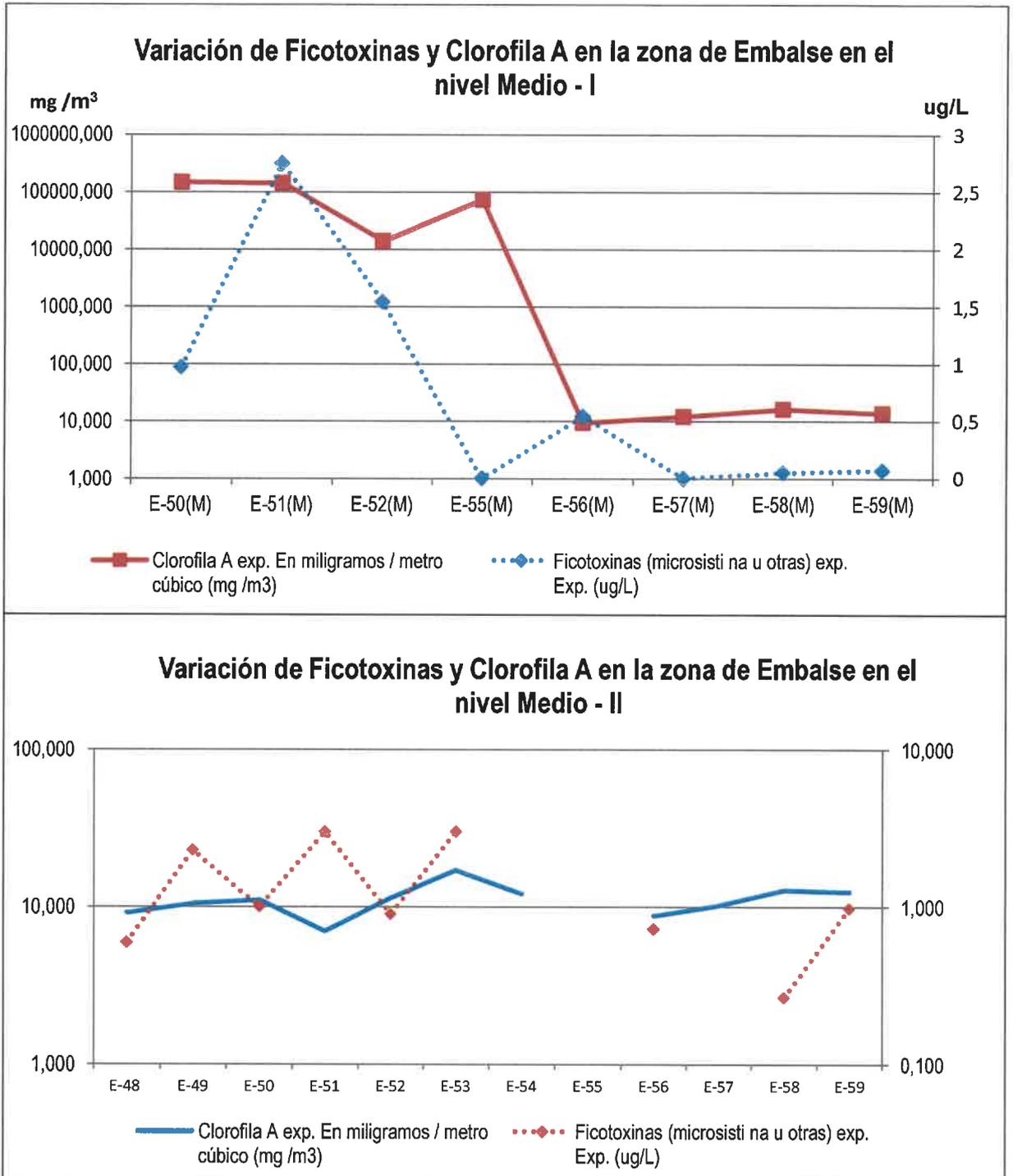


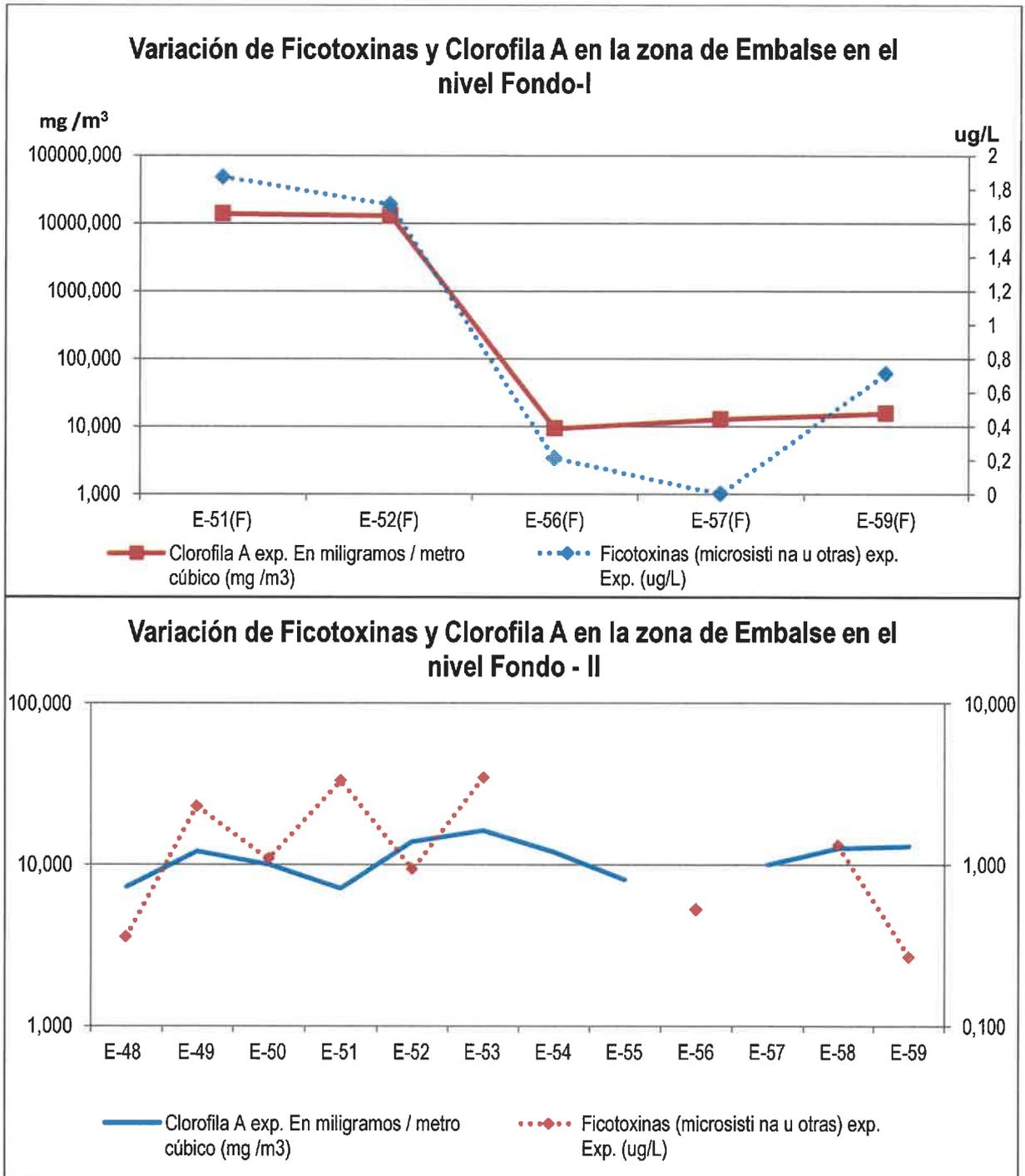
Figura 18: Variación de Ficotoxinas y Clorofila A en la superficie del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

Existe una relación inversamente proporcional entre las ficotoxinas y la clorofila a nivel superficial, donde los valores de clorofila a aumentan cuando las de ficotoxinas disminuyen y viceversa.



**Figura 19:** Variación de Ficotoxinas y Clorofila A en el medio del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

Existe una relación inversamente proporcional entre las ficotoxinas y la clorofila A nivel medio, donde los valores de clorofila A aumentan cuando las de ficotoxinas disminuyen y viceversa .



**Figura 20:** Variación de Ficotoxinas y Clorofila A en el fondo del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

CONSORCIO V-5  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 6536

CONSORCIO V-5  
 Bta. Haydée Alvarado Flores  
 BIÓLOGA  
 C.B.P. 2531

Lo mismo ocurre en el fondo , existe una relación inversamente proporcional entre las ficotoxinas y la clorofila a nivel superficial, donde los valores de clorofila a aumentan cuando las de ficotoxinas disminuyen y viceversa .

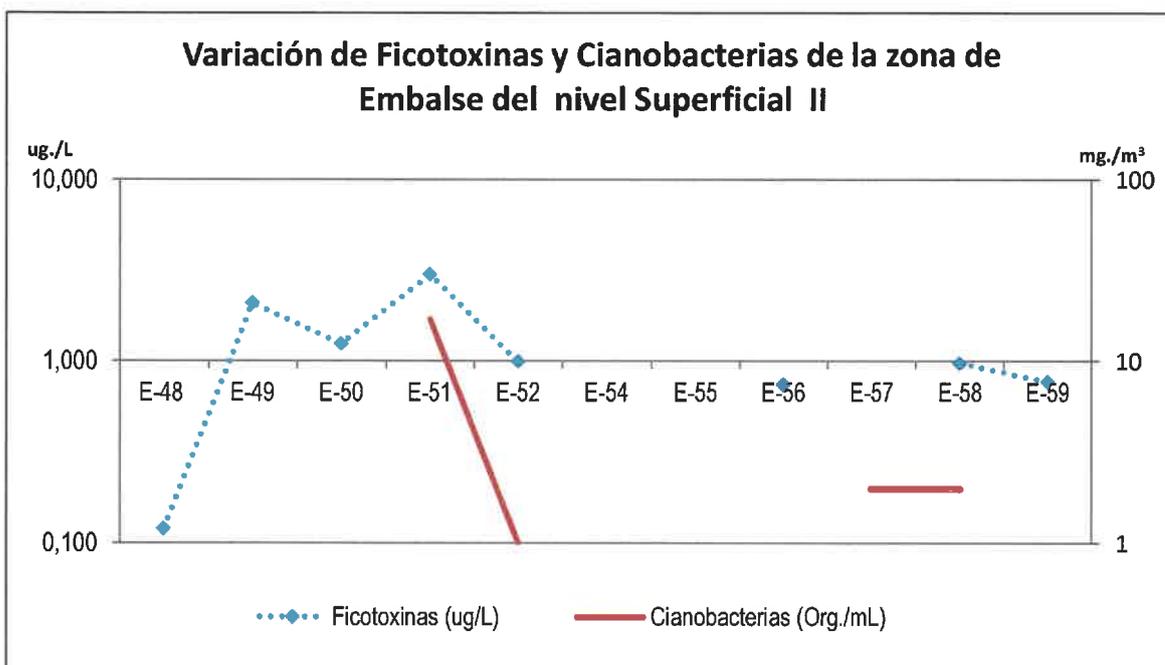
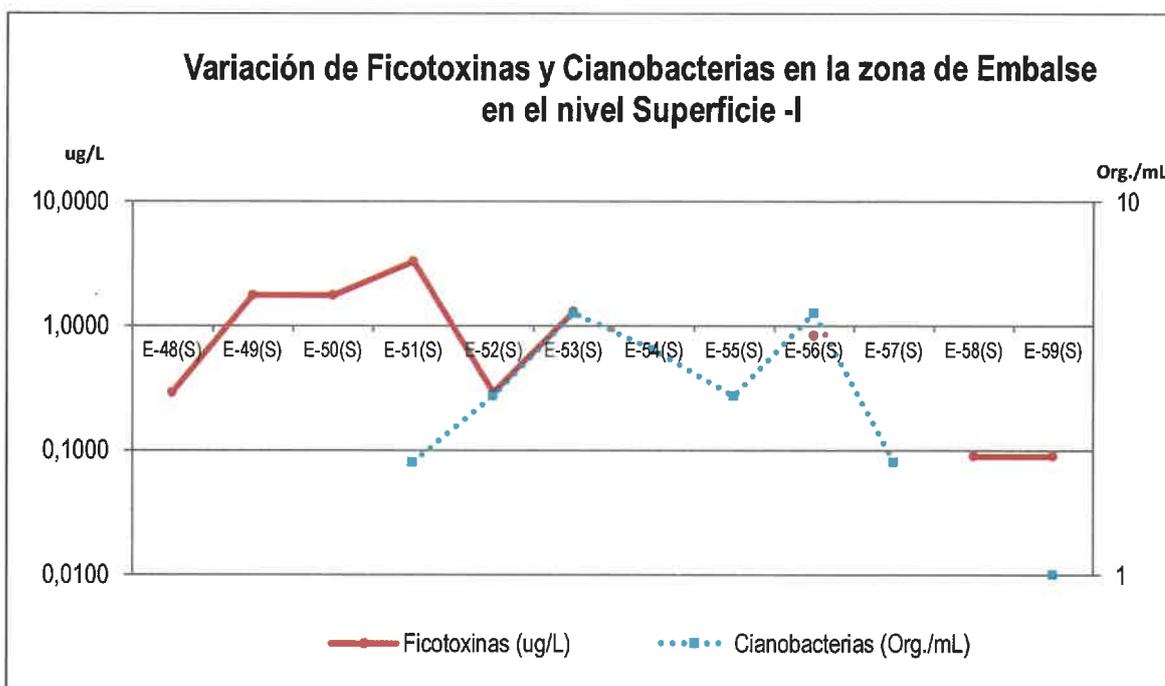
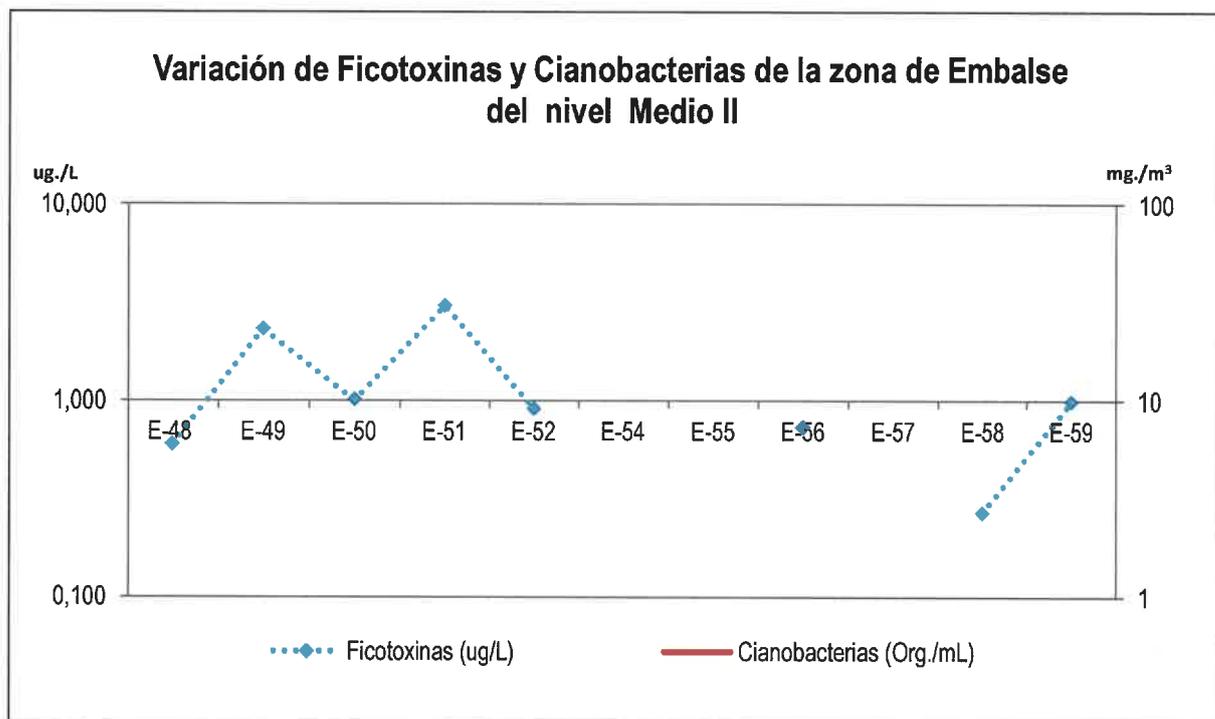
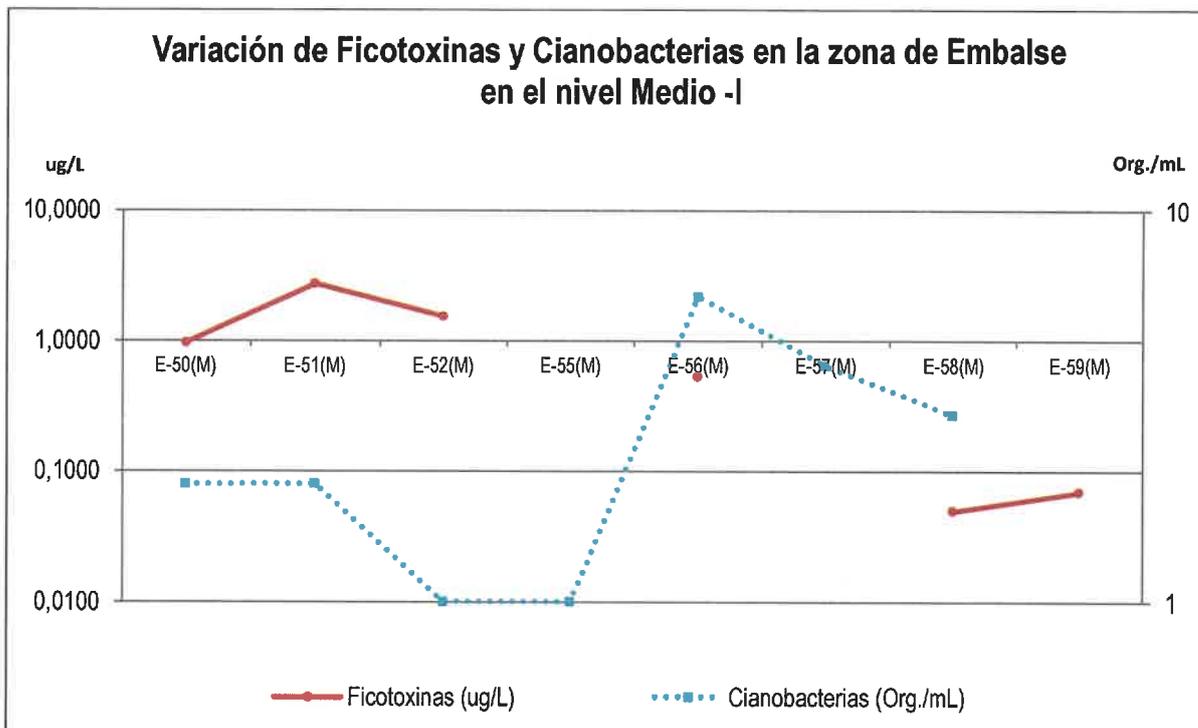


Figura 21: Relación de Ficotoxinas y Cianobacterias en la superficie del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

No se aprecia una relación estrecha entre las ficotoxinas y las cianobacterias y es que muchas veces no solo son las cianobacterias sino otras algas que tienen este tipo de pigmento, por lo que puede existir relación de otras algas como las diatomeas ya que estas poseen el mayor porcentaje del fitoplancton en el Embalse Pasto Grande.

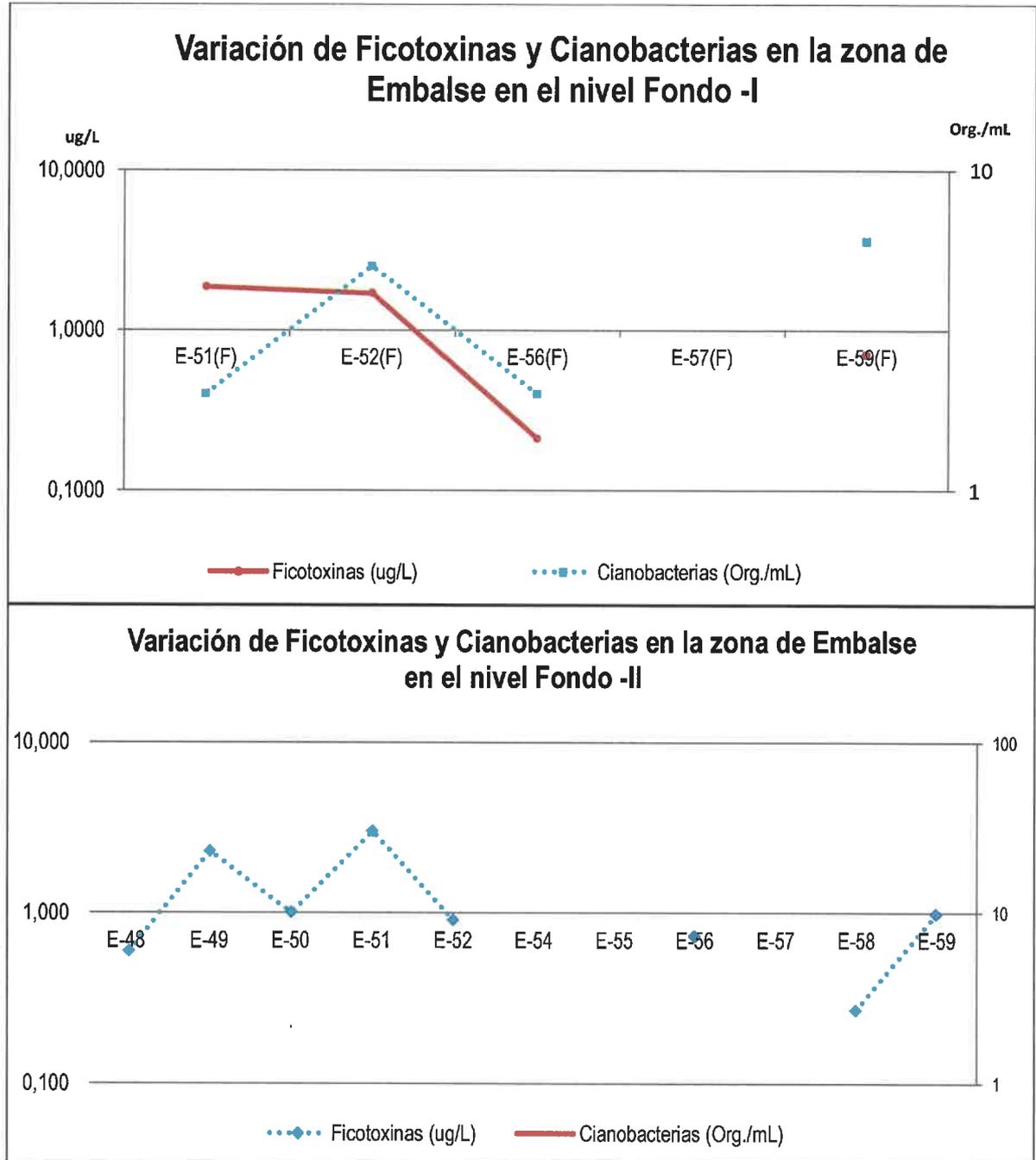


  
**CONSORCIO V-5**  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 6530

  
**CONSORCIO V-5**  
 Biga. Harold Alvarado Flores  
 BIÓLOGA  
 COP. 2531

**Figura 22.** Relación de Ficotoxinas y Cianobacterias en el medio del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

No se aprecia una relación estrecha entre las ficotoxinas y las cianobacterias y es que muchas veces no solo son las cianobacterias sino otras algas que tienen este tipo de pigmento, por lo que puede existir relación de otras algas como las diatomeas ya que estas poseen el mayor porcentaje del fitoplancton en el Embalse Pasto Grande.



**Figura 23:** Relación de Ficotoxinas y Cianobacterias en el fondo del Embalse Pasto Grande durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

Hay una pequeña relación en avenida a nivel del fondo entre las ficotoxias y las cianobacterias justo para la E52 (Frente a la quebrada Incacachi), por otro lado **no** se aprecia una relación estrecha entre las ficotoxinas y las cianobacterias y es que muchas veces no solo son las cianobacterias sino otras algas que tienen este tipo de pigmento, por lo que puede existir relación de otras algas como las diatomeas ya que estas poseen el mayor porcentaje de fitoplancton en el embalse Pasto Grande.

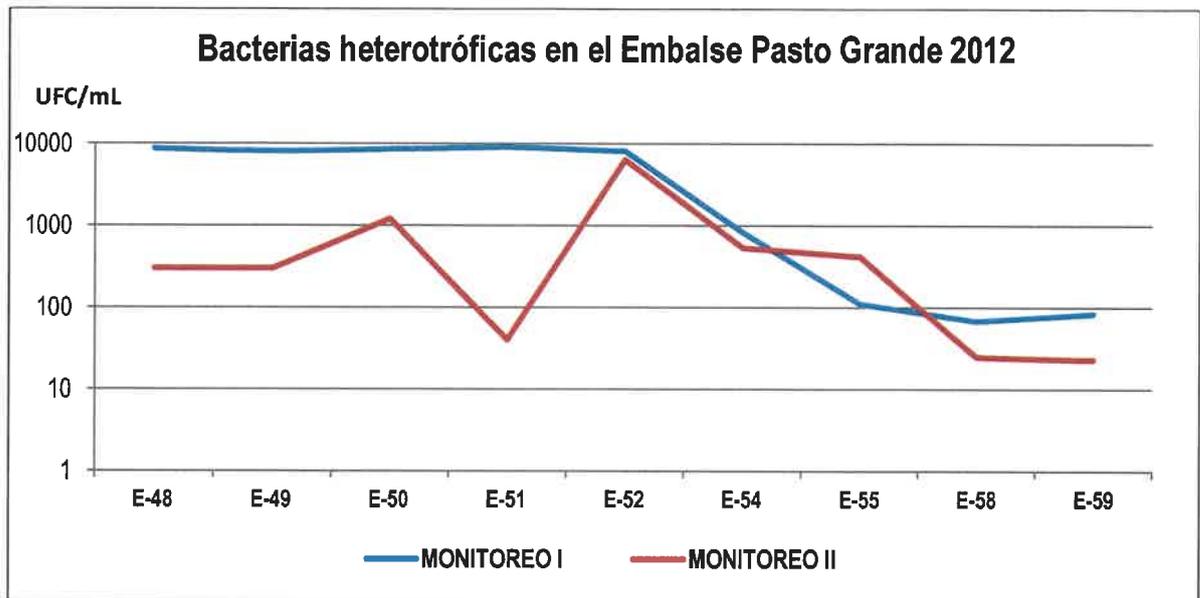
CONSORCIO V-5  
.....  
Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
O.P. 6530

CONSORCIO V-5  
.....  
Blga. Haydeé Alvarado Flores  
BIOLOGA  
CBP. 2531

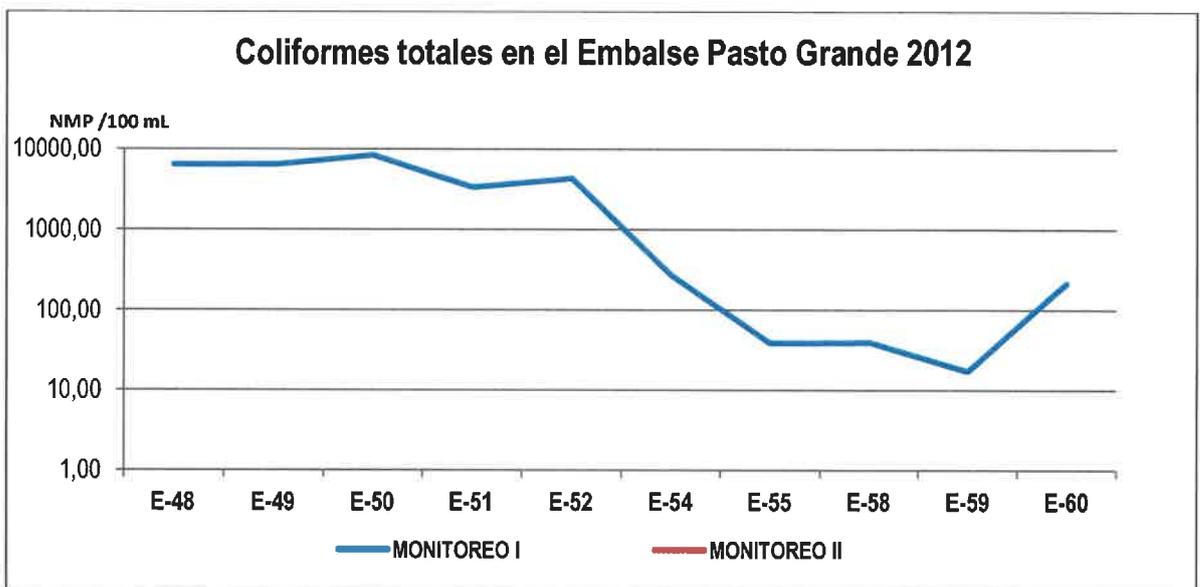
## 3. CARACTERIZACION MICROBIOLOGICA Y PARASITOLOGICA EN EL EMBALSE PASTO GRANDE

Cuadro : Valores límites microbiológicos y parasitológicos de la ECAS-2008

PARAMETRO	Valores de las ECAS Categoría I Clase I A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional ( Descarga Final)	Valores de las ECAS Categoría 3 Para Bebidas de Animales. (Todo el ecosistema)
Coliformes Totales	3000 NMP/ 100 mL	5000 NMP/ 100 mL
Col. Termotolerantes	2000 NMP/ 100 mL	1000 NMP/ 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	0 NMP/100 mL	100 NMP/ 100 mL
<i>Enterococcus faecales</i>	0 NMP/100 mL	20 NMP/ 100 mL
Formas parasitarias	0 Organismos /Litro	----
Huevos de helmintos	----	< 1 Huevos/ Litro
Bacterias Heterotróficas	-----	-----



**Figura 24:** Evaluación microbiológica para *Bacterias heterotróficas* en el Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

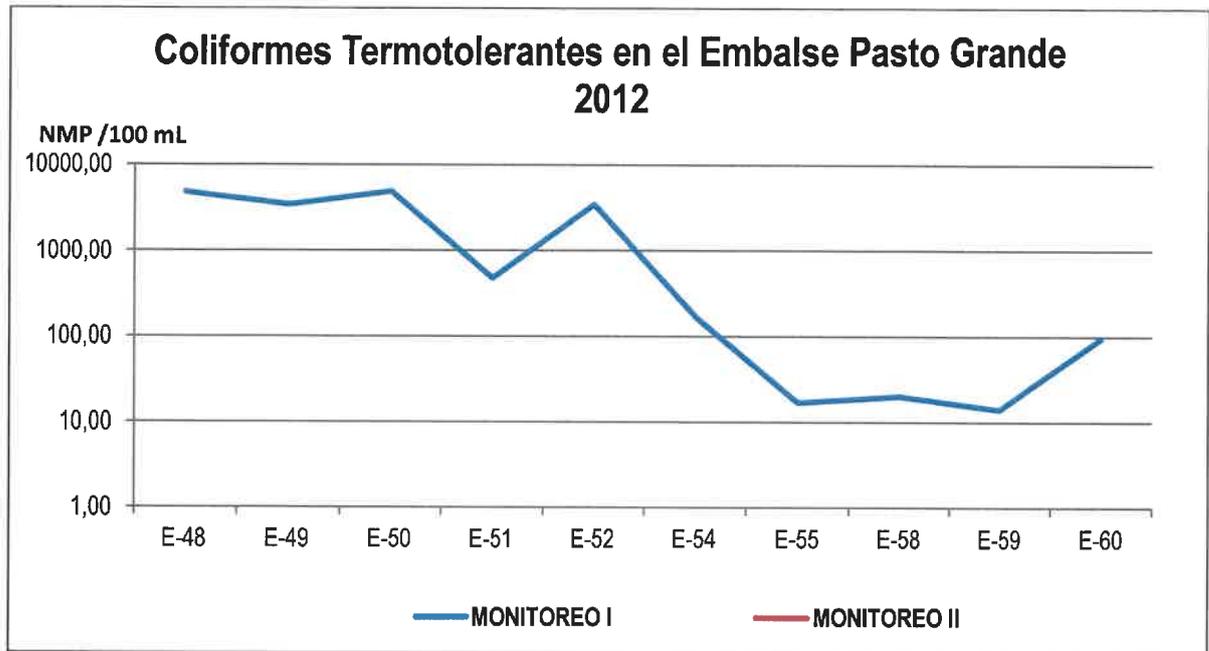


**Figura 25:** Evaluación microbiológica para *Coliformes Totales* en el Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

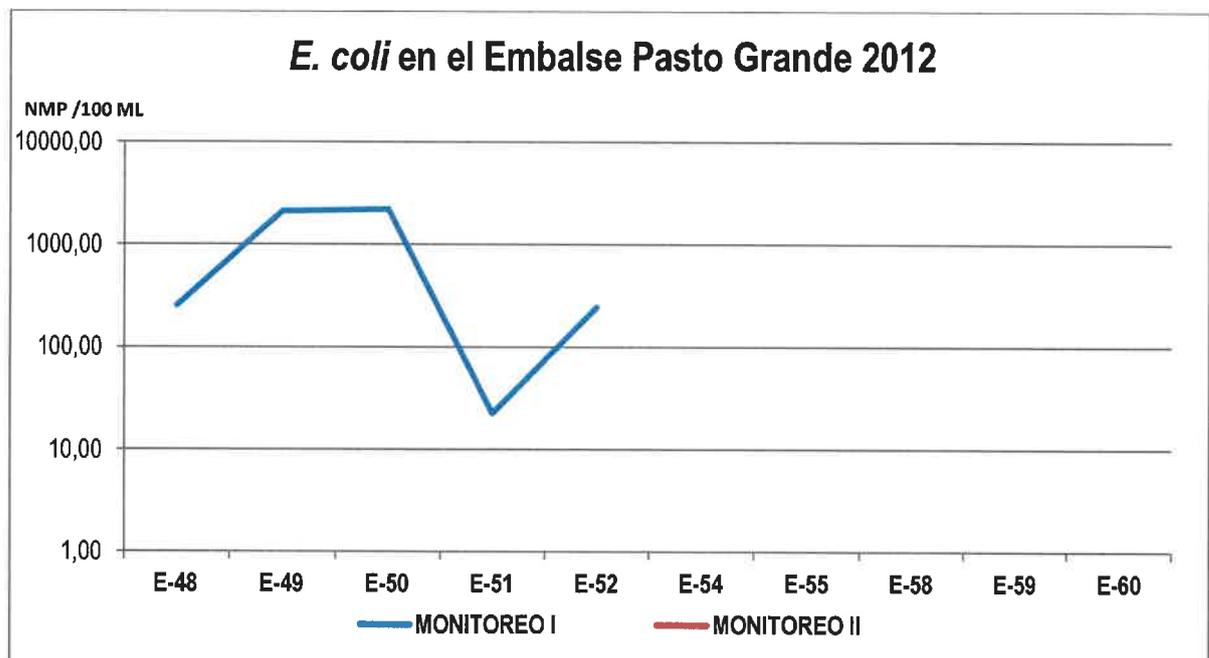
Las bacterias heterotróficas se encuentran con valores de hasta 900 UFC/ mL y 6300 UFC/ml en el centro del embalse y Frente a Incacahi.

A nivel de los puntos de muestreo correspondiente al EMBALSE PASTO GRANDE en el II Monitoreo se nota que los Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes casi siempre es cero, según las ECAS 2008 para las aguas tipo Clase A2.

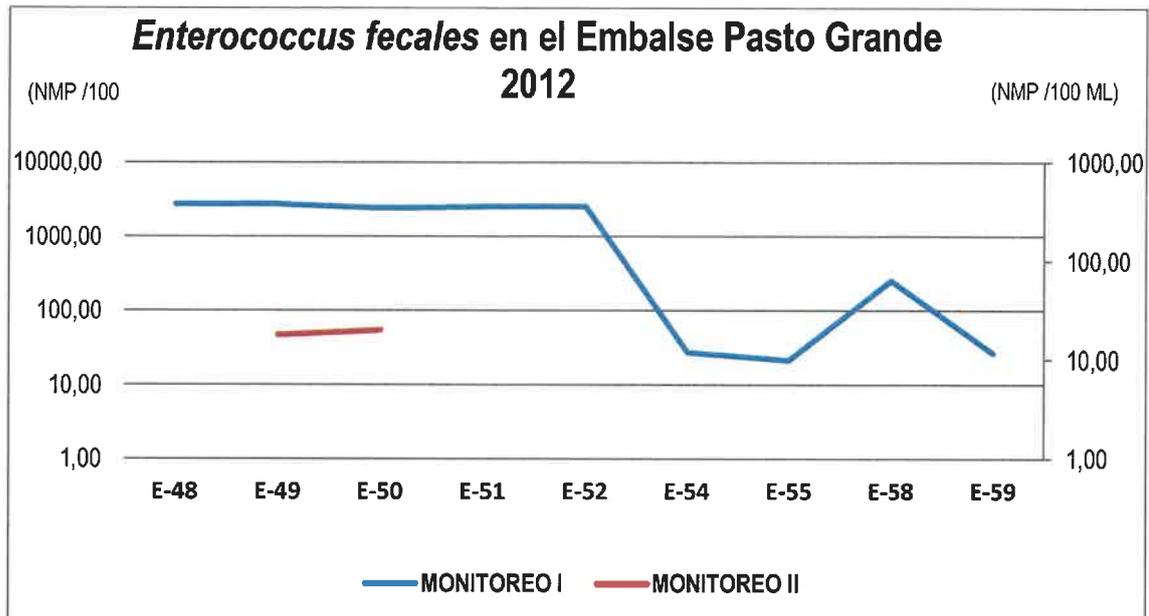
Los Coliformes Termotolerantes cuyos estándares son para aguas tipo A2 2000 NMP/100 ml en la mayoría de los casos está muy cerca al nivel, sobrepasando también en algunos puntos.



**Figura 26:** Evaluación microbiológica para *Coliformes Termotolerantes* en el Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.



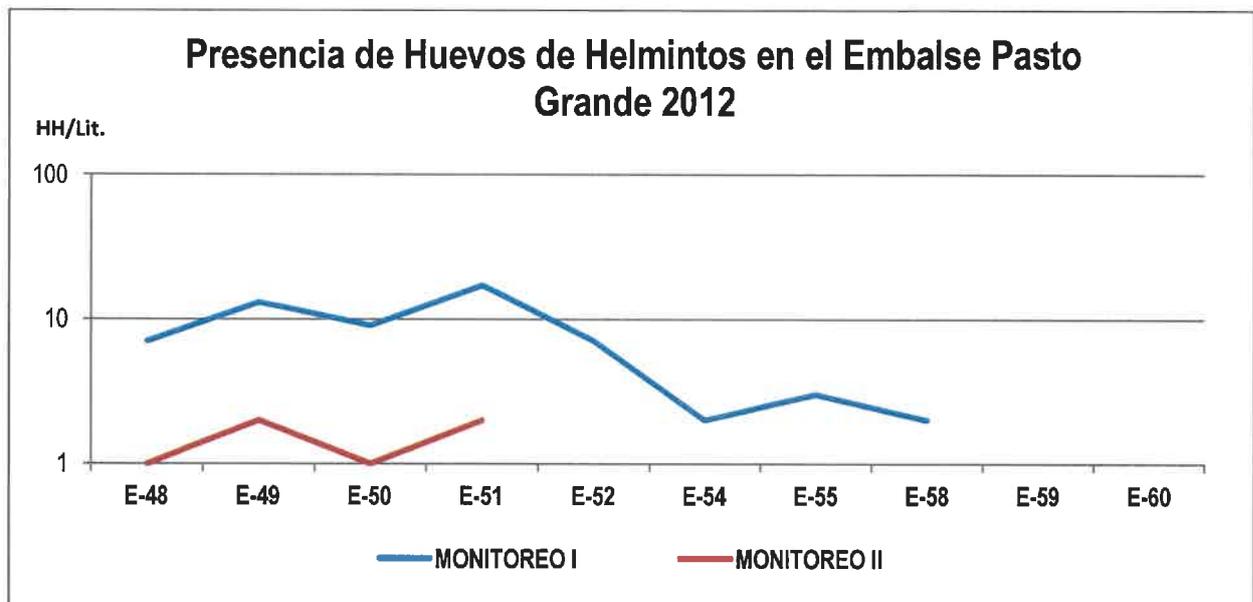
**Figura 27:** Evaluación microbiológica para *Escherichia coli* en el Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.



**Figura 28:** Evaluación microbiológica para *Enterococcus fecales* en el Embalse Pasto Grande, durante el Monitoreo I y Monitoreo II.

Los valores de *Enterococcus fecales* si están presentes, ya que las ECAS 2008 de modo sumamente estricto menciona 0 para este tipo de aguas, lo mismo que para *Escherichia coli*, lo que realmente es irreal, sin embargo en el caso de *Enterococcus fecalis* se presenta de modo perenne 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 en el río Tocco (trocha carrozable).

Los valores de *Enterococcus fecales* y *Escherichia coli* no cumplen siendo elevados, ya que las ECAS 2008 de modo sumamente estricto menciona 0 para este tipo de aguas, en el caso del punto frente a Chapiocco hasta de 9000 NMP/100 ml.



**Figura 29:** Evaluación de la presencia de Huevos de helmintos en sedimento del Embalse Pasto Grande 2012

En ambos monitoreos los niveles de huevos de helmintos no sobrepasan los 100 HH/Lit, notándose que para monitoreo II es menor a 10 HH/Lit.

#### 4. BIOENSAYOS DE TOXICIDAD EN EL EMBALSE PASTO GRANDE

Todos los puntos de agua superficial del I Monitoreo son tóxicos en dos niveles siendo frente a Millojahuirá 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 más tóxico es de 3.15% es decir la dilución del agua Frente a Millojahuirá en un 3.15% elimina el 50% de la población modelo del microcrustáceo. En el II Monitoreo en época de estiaje todos los puntos fueron atóxicos.

Tabla N° 1 TOXICIDAD AGUDA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL EMBALSE CON *Daphnia magna* PULGAS DE AGUA

II MONITOREO ESTIAJE			I MONITOREO ESTIAJE		Descripción de las Estaciones
Estación	CL50 (%)	Categoría Toxicológica	CL50 (%)	Categoría Toxicológica	
E-48	100	atóxico	3.15	tóxico XXX	Frente al río Millojahuirá
E-49	100	atóxico	2.53	tóxico XXX	Frente al río Antajarani
E-50	100	atóxico	36.39	tóxico X	Frente al río Patara
E-51	100	atóxico	58.27	tóxico X	Frente a la cabaña Chapiocco
E-52	100	atóxico	60.16	tóxico X	Frente a la quebrada Incacachi
E-55	100	atóxico	71.04	tóxico X	Centro del embalse - 2
E-56	100	atóxico	59.55	tóxico X	Centro del embalse - 3
E-57	100	atóxico	30.88	tóxico X	Centro del embalse - 4
E-58	100	atóxico	37.86	tóxico X	Centro del embalse - 5
E-59	100	atóxico	33.54	tóxico X	Centro del embalse - 6
E-60	100	atóxico	59.24	tóxico X	Salida del embalse Pasto Grande
E-53	100	atóxico	100	atóxico	Frente al río Tocco
E-54	100	atóxico	100	atóxico	Centro del embalse -1

Respecto a los bioensayos de sedimentos mayores niveles de toxicidad puesto que son acumulados y/o por diferentes movimientos de los sedimentos, pero son un parámetro que verdaderamente une el efecto sinérgico y antagónico del sedimento sobre una especie modelo también específico del bentos. El cual si sobre vive se menciona que no es tóxico para las especies biológicas, pero si hay toxicidad será a diferentes niveles por ejemplo a nivel de Frente al río Tóxico es apenas tóxico con 96.75% mientras que Frente a Millojahuirá la toxicidad es altísima siendo 0.4% del sedimento en ese sector para eliminar el 50% de la población modelo, lo que indica una toxicidad muy alta. Los valores de 7% al 20% también muestran una toxicidad alta, los demás son ligeramente tóxicos o no tóxicos.

Tabla N° 2 TOXICIDAD AGUA EN SEDIMENTOS DEL EMBALSE con *Chironomus Calligraphus*

II MONITOREO ESTIAJE			I MONITOREO ESTIAJE		
Estación	CL50 (%)	Catalogación Toxicológica	CL50 (%)	Catalogación Toxicológica	Descripción de las Estaciones
S-01	0.4	tóxico XXXX	100	Atóxico	Frente al río Millojahura
S-17/ E2	7.22	tóxico XXX	-	-	-
S-18	12.27	tóxico XXX	100	Atóxico	Relacionado con Frente a la quebrada Incacachi
S-05	17.68	tóxico XXX	100	Atóxico	Relacionado con punto E60 está en el Canal Salida
S-12/ E51	18.97	tóxico XXX	94.98	tóxico X	Relacionado con punto E51 Frente a la cabaña
S-16/ E1	20.1	tóxico XXX	-	-	-
S-13	45.52	tóxico X	53.06	tóxico X	Río Antajarane
S-05A/E60	46.14	tóxico X	75.7	tóxico X	Relacionado con punto E60 Salida del Embalse
S-11	55.09	tóxico X	100	Atóxico	Centro del embalse - 6
S-08	56.65	tóxico X	100	Atóxico	Centro del embalse - 3
S-07	58.9	tóxico X	100	Atóxico	Centro del embalse - 2
-	-	-	47.25	tóxico X	Río Millojahura
S-12A/ E51	60.16	tóxico X	-	-	-
S-15/ E51	63.98	tóxico X	100	Atóxico	Relacionado con punto E51 Frente a la cabaña
S-04	96.75	tóxico X	100	Atóxico	Frente al río Tocco
S-02	100	Atóxico	100	Atóxico	Frente al río Antajarani
S-03	100	Atóxico	100	Atóxico	Frente al río Patara
S-45	100	Atóxico	100	Atóxico	Relacion. con E45 Río Queñuane, a 100 mts. de la carr
S-06	100	Atóxico	100	Atóxico	Centro del embalse -1
S-09	100	Atóxico	100	Atóxico	Centro del embalse - 4
S-10	100	Atóxico	100	Atóxico	Centro del embalse - 5
S-14	100	Atóxico	100	Atóxico	Río Patara

La materia prima del sedimento del Embalse no es proveniente de contaminación orgánica y doméstica, por tanto no se hay posibilidades de generación de gases orgánicos, el proceso que habría es el de la re suspensión de metales pesados. El tirante hidráulico ejerce presión para mantener los sedimentos en la profundidad de acuerdo a las características evaluadas. Los gases H<sub>2</sub>S 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. Los bioensayos de sedimentos nos indican significativos valores de toxicidad.

En el artículo 27 del DS N° 57-2004 PCM (en anexos) 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 en relación a los anexos 4 y 5 y 6 . El 4 es 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 re suspensión de los metales pesados presentes en el Sedimento del Embalse y siendo potencialmente calificados como peligrosos.

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

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

Un residuo es un desecho producido por el hombre o un material que resulta inservible después de haber realizado un trabajo o cumplido con su misión. Por lo tanto, los residuos necesitan ser eliminados o reciclados para que adquieran una nueva posibilidad de uso. Como no es el caso de los sedimentos de pasto Grande se debe tomar acción para solucionar este hecho de alto riesgo.

El peligro, por otra parte, es el riesgo o la contingencia inminente de que ocurra algo malo. Es posible que el peligro sea una amenaza física y real, o algo abstracto que el ser humano entiende como potencialmente dañino.

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 estudios más estudios tal como se ha recomendado.

**5. INDICES BIOLÓGICOS EN EL EMBALSE PASTO GRANDE**

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 puntos dentro del embalse una contaminación débil a moderada, pero sobresale el punto de muestreo en rojo correspondiente al los sedimentos con la biota de macrobentos, quienes son excelente indicadores de contaminación.

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

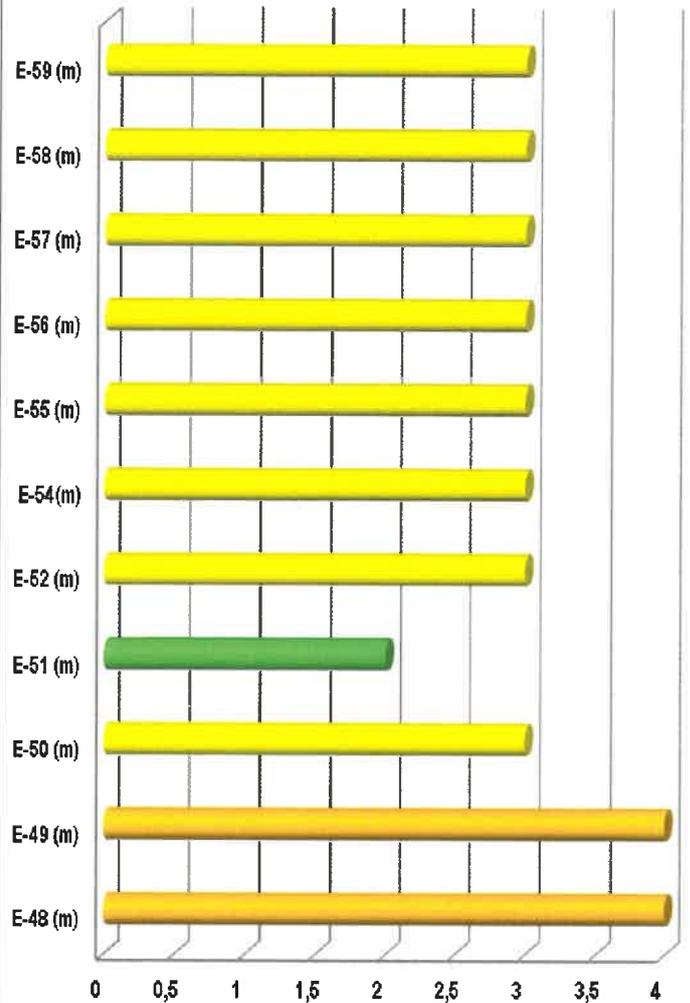
CONSORCIO V-5  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 6530

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

**Calidad Biológica basada en el Índice Diatómico General (IDG) para la evaluación fitoplanctónica en el nivel Medio del Embalse Pasto Grande 2012-I**



**Calidad Biológica basada en el Índice Diatómico General (IDG) para la evaluación fitoplanctónica en el nivel Medio del Embalse Pasto Grande 2012-II**



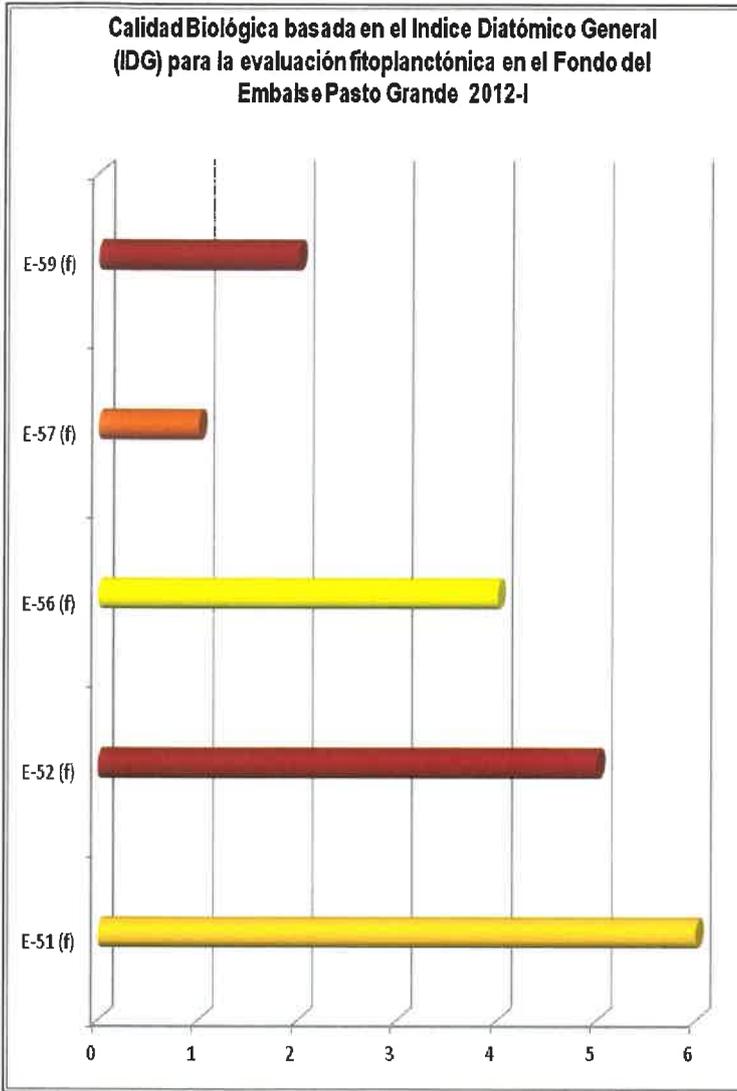
VALORACION	CATEGORIA
Valor 7	Polución Tóxica
Valor 6	Polución muy Fuerte
Valor 5	Polución Fuerte
Valor 4	Polución Media
Valor 3	Polución Moderada
Valor 2	Polución Débil
Valor 1	Calidad Biológica Óptima

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 8530

CONSORCIO V-5

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

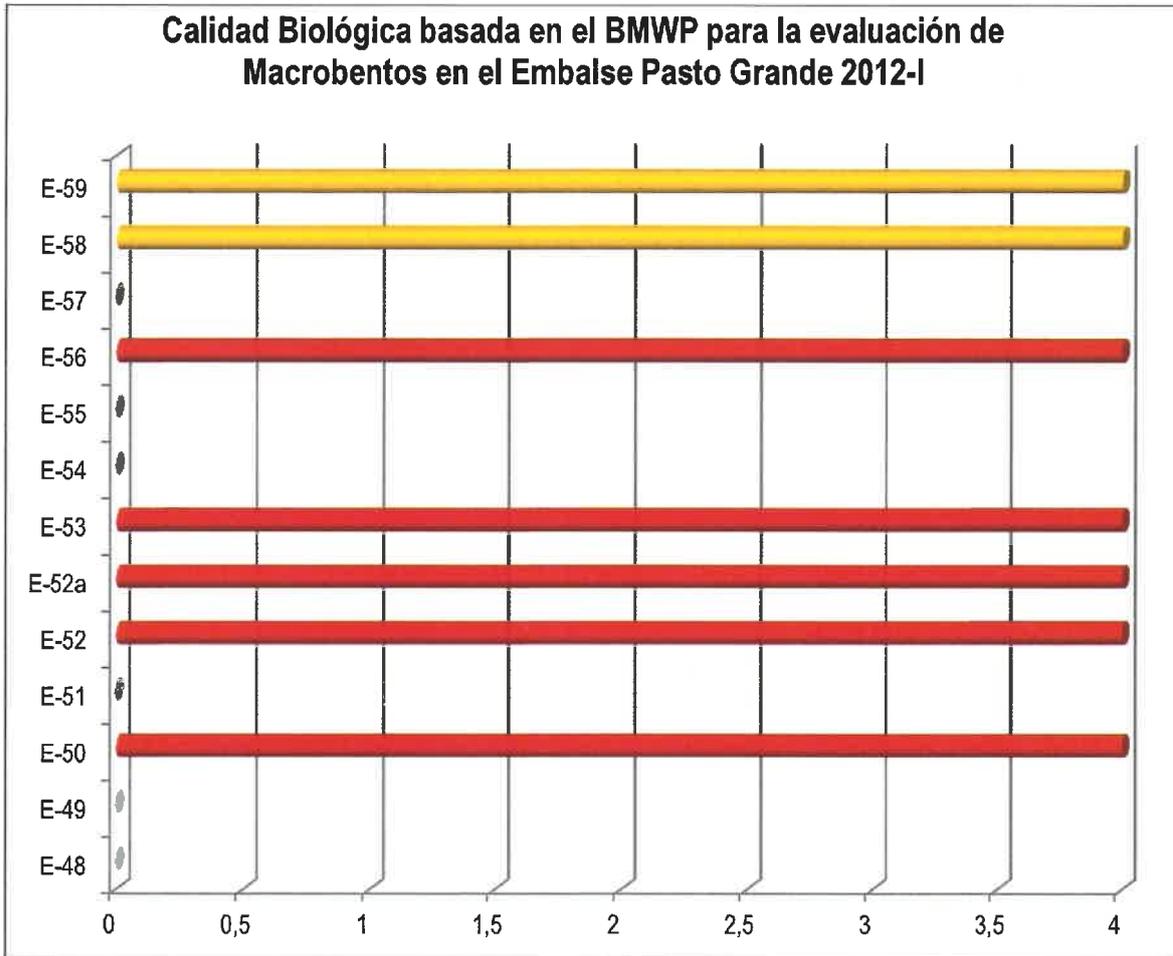


VALORACION	CATEGORIA
Valor 7	Polución Tóxica
	Polución
Valor 6	muy Fuerte
	Polución
Valor 5	Fuerte
	Polución
Valor 4	Media
	Polución
Valor 3	Moderada
	Polución
Valor 2	Débil
Valor 1	Calidad Biológica Óptima

CONSORCIO V-5  
 Ing. Víctor Díaz Nuñez  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 6530

CONSORCIO V-5  
 M. Sc. Maydel Alvarado Flores  
 BIÓLOGA  
 C.B.P. 2531

**MACROBENTOS EN LOS SEDIMENTOS DE LOS AFLUENTES DE PASTO GRANDE**

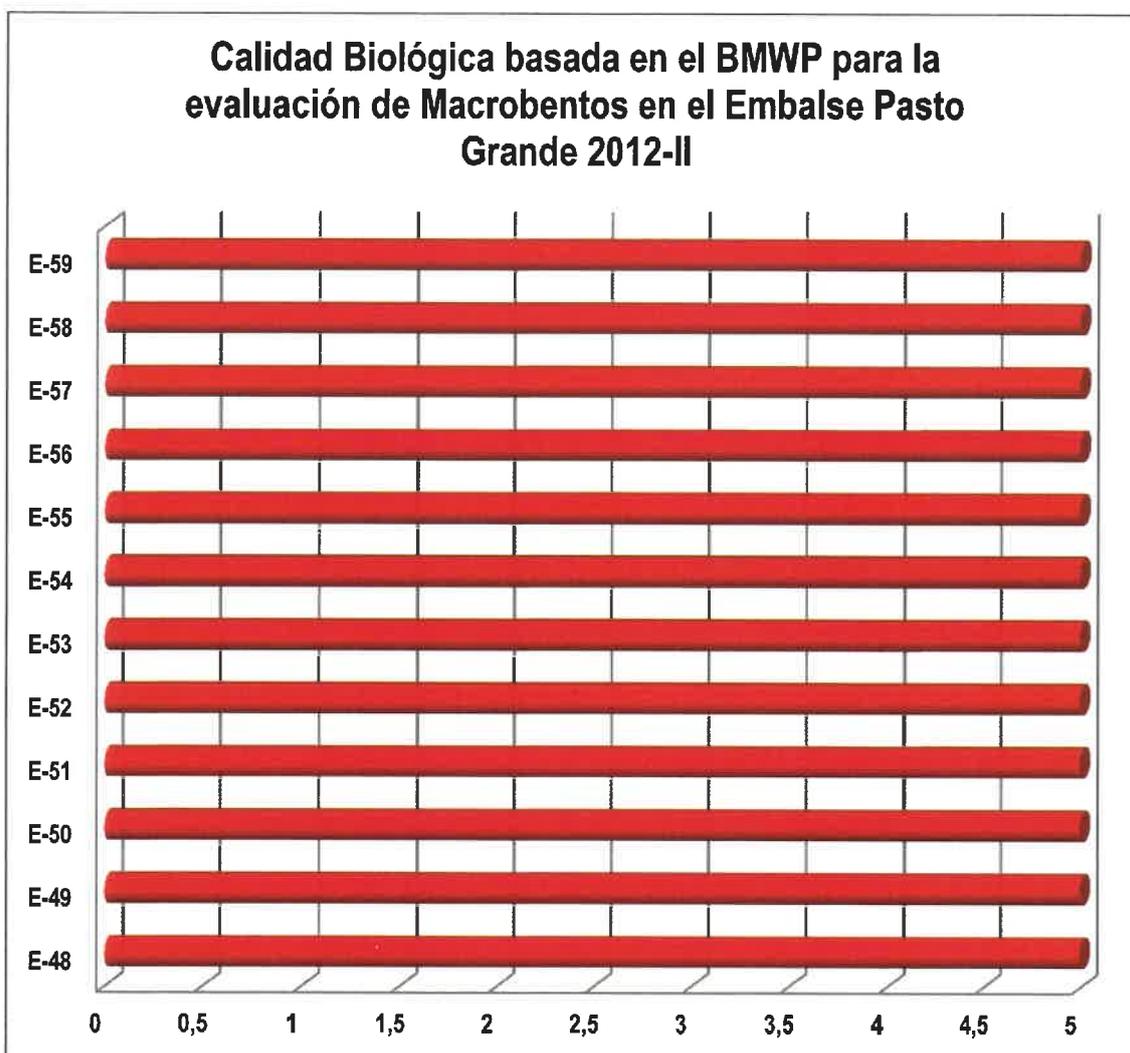


VALORACION	CATEGORIA
Valor 5	Muy Crítico
Valor 4	Crítico
Valor 3	Dudoso
Valor 2	Aceptable
Valor 1	Bueno

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

CONSORCIO V-5  
  
 Bta. Haydee Alvarino Flores  
 BIÓLOGA  
 CBP. 2531

Es interesante contrastar así como en afluentes los índice de especies que están en las aguas superficiales del Embalse con los índices que tienen que ver con los sedimentos es decir el impacto del sedimento sobre la comunidad específica de los sedimentos que son los macroinvertebrados en su mayoría larvas de insectos, anélidos, etc. Las gráficas de los sedimentos del embalse son de todo rojo denotando contaminación del sedimento de los afluentes que influyen finalmente en el sedimento del propio Embalse. La desglaciación no ayuda que se mantengan estos sedimentos in situ más bien podrían en un determinado momento resuspenderlos llegando al embalse como puede darse en los cambios estacionales. Este parámetro sumando a los valores de toxicidad en sedimentos indica el sedimento como un ecosistema latente de peligro, si eventualmente llegara a nivel de las descargas.



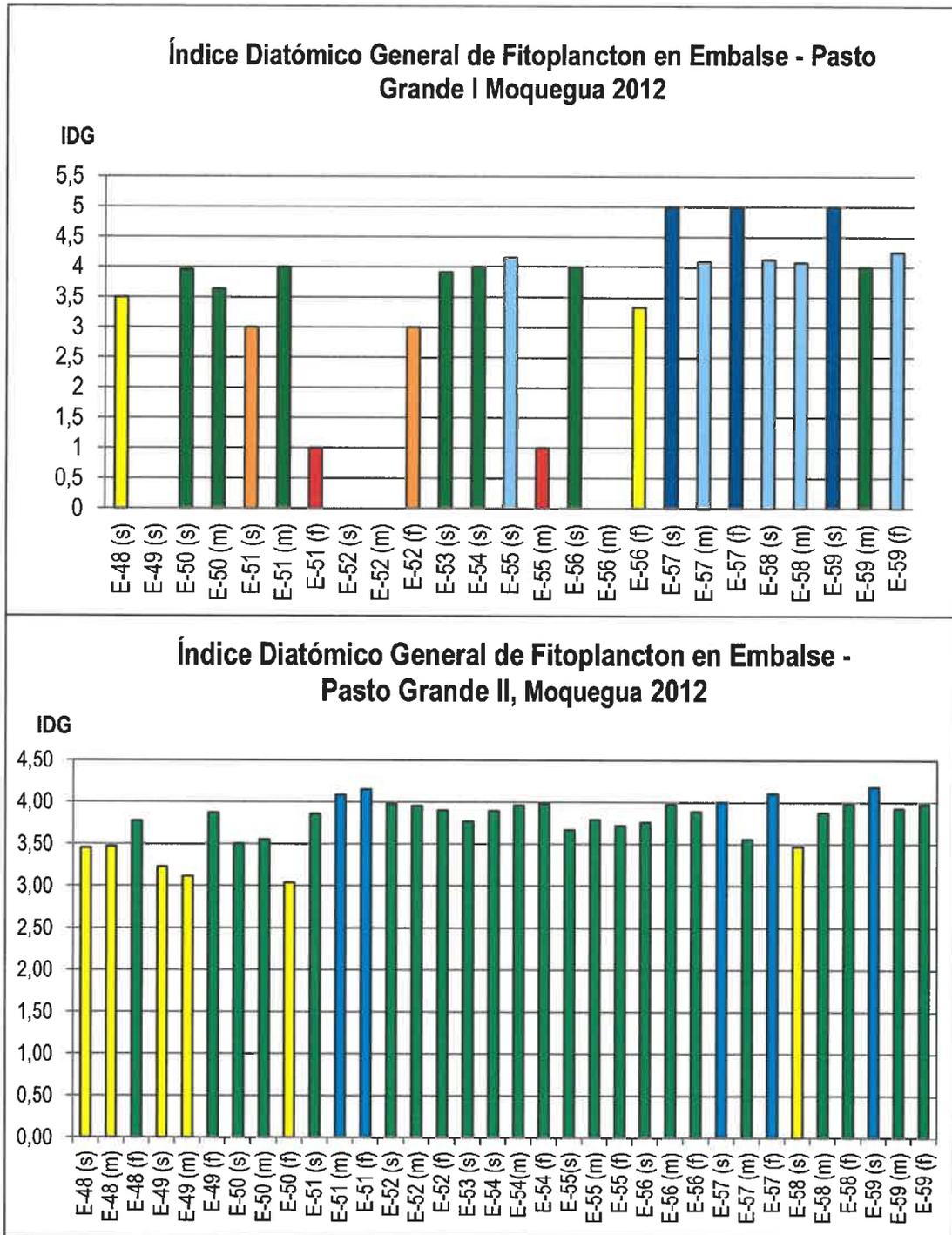
VALORACION	CATEGORIA
Valor 5	Muy Crítico
Valor 4	Crítico
Valor 3	Dudoso
Valor 2	Aceptable
Valor 1	Bueno

**CONSORCIO V-5**

Ing. Víctor Díaz Nuñez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 6530

**CONSORCIO V-5**

Blga. Haydee Alvarino Flores  
BIÓLOGA  
CIP. 2531



A

B

**Figura 30:** Comparación de los valores de IDG (Índice Diatómico General) en las estaciones correspondientes al Embalse Pasto Grande. En el primer monitoreo (A) se aprecia que las estaciones con mayores valores de IDG son: E-57 en la superficie y el fondo, así como también; E-59 en la superficie, la cual se encuentra cercana a la descarga inicial del embalse. En el segundo monitoreo (B), la E- 51 presenta mayores valores de IDG en el medio y fondo, repitiéndose los mayores valores en la E-57 y la E-59 en los mismos niveles que en el primer monitoreo.

MAPAS EN BASE AL INDICE DE BMWP PARA MACROINVERTEBRADOS BENTICOS

Monitoreo I-2012.

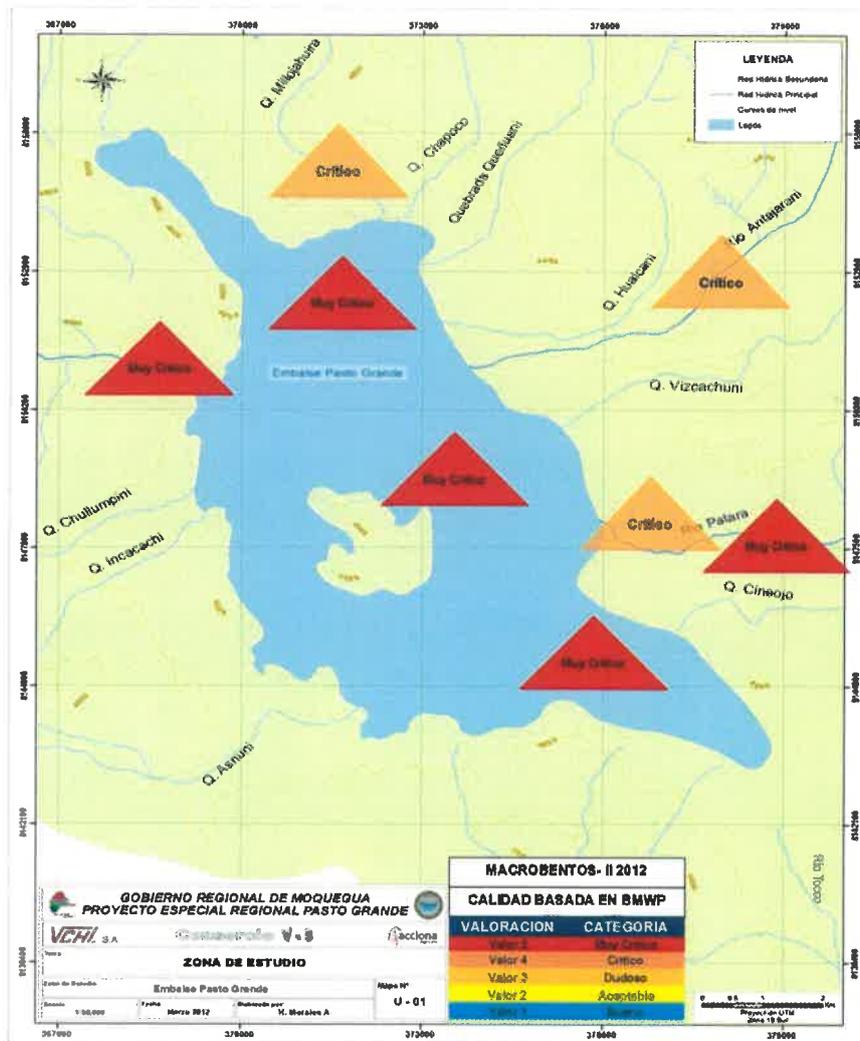


Figura 31: Comparación de las valoraciones de calidad de aguas basado en el BMWP para macrobentos en los afluentes y Embalse Pasto Grande .La leyenda presenta una gradiente cromatográfica basado en la calidad de aguas para BMWP donde Rojo es un estado **Muy crítico**, Naranja bajo es **Crítico**, Ambar es un estado **Dudoso**, Amarillo un estado **Aceptable** y Celeste un estado **Bueno**. I Monitoreo.

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

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

MONITOREO II-2012

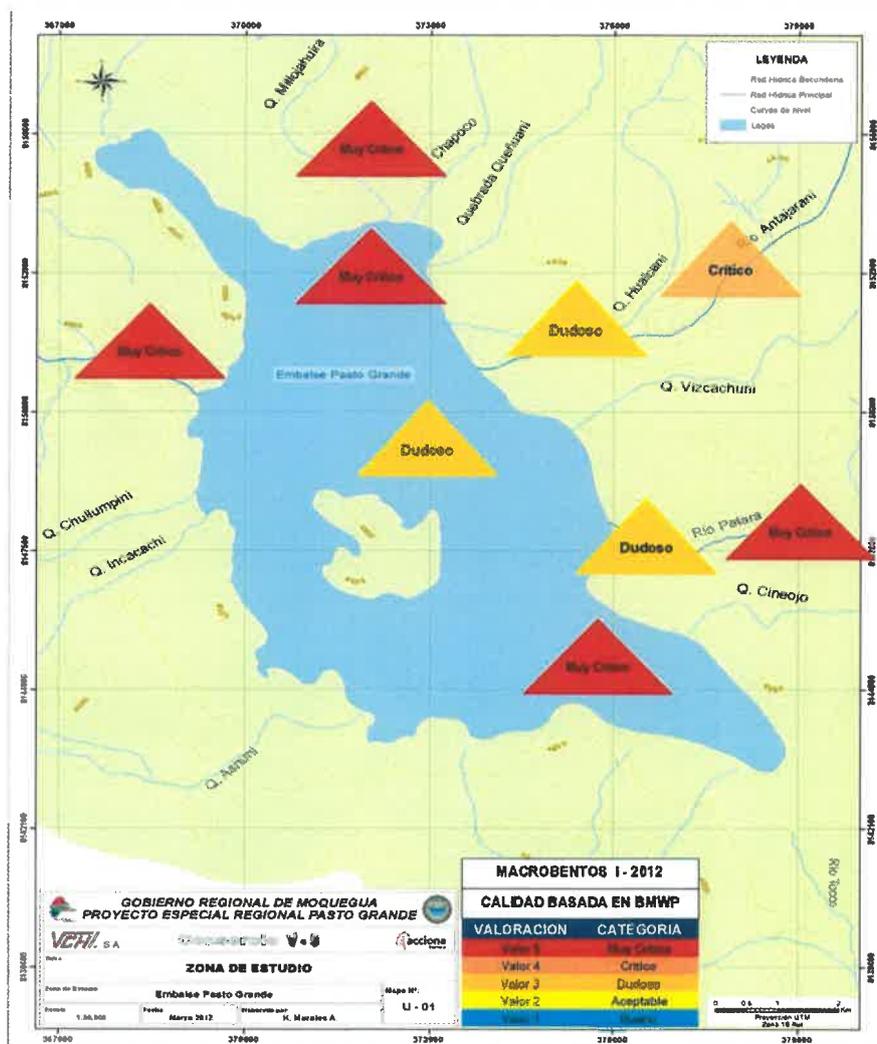


Figura 32: Comparación de las valoraciones de calidad de aguas basado en el BMWP para macrobentos en los afluentes y Embalse Pasto Grande .La leyenda presenta una gradiente cromatográfica basado en la calidad de aguas para BMWP donde Rojo es un estado **Muy crítico**, Naranja bajo es **Crítico**, Ambar es un estado **Dudoso**, Amarillo un estado **Aceptable** y Celeste un estado **Bueno**.

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

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

## TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

## 6. CONCLUSIONES:

1. La ausencia de peces tales como las truchas, (*Oncorhynchus mikiss*) etc. es el principal indicador del estrés ambiental del ecosistema.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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 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.
7. 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.
8. 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.
9. Se encuentran presencia de clorophylla A en el I Monitoreo 2 y 28 mg / m<sup>3</sup>, 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 / m<sup>3</sup> con un máximo de 19 mg/m<sup>3</sup> 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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

### TOMO 3: Caracterización Biológica de las Aguas y Sedimentos del Embalse Pasto Grande

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.

13. 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.
14. 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 Tocco, 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).
15. 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*.
16. 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.
17. 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 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.

## ANEXOS

- **PH y SU EFECTO SOBRE LA TRUCHA ARCO IRIS : (Ver adjunto artículo Original en Inglés)**

Las tolerancias de pH de trucha también han sido ampliamente probadas en parte debido a la acidificación

de los cuerpos de agua en el hemisferio norte. El artículo encontrado es de Australia y estudia el efecto del pH en la trucha arco iris y su tolerancia a las aguas ácidas.

Aunque los cuerpos de agua dulce ácidos están presentes en Australia, que van desde ligeramente ácido (pH 6,5, PH 4,4 en y pH 3,3 - 4,0 los cuerpos de agua alcalina también están presentes en el sur-oeste.

Los resultados de una serie de experimentos se han reportado para *O.mykiss* y *Salmo .trutta* en aguas cercanas a un pH de 4,5. En general parece que el *Salmo trutta* sobrevive mejor en aguas ácidas que *O.mykiss*, se determinó la toxicidad con un ensayo de pH 3.83 que afecta al 50% de la población a las 24 horas LC50 de pH 3,83 y pH 3.63 para *O.mykiss* y pH 3,63 para *S.trutta*.

Sin embargo un estudio más reciente ha probado que *O.mykiss* a pH 3,25-4,0 y fueron tolerantes a pH bajo,

Los resultados globales indican que la supervivencia de la trucha es posible a valores de pH por debajo de 5,0. Sin embargo, esto se ha probado principalmente en truchas adultas o juveniles. Sin embargo, parece que la tolerancia a bajo pH no está bien desarrollada en etapas tempranas de trucha (por ejemplo huevo o la etapa de alevines). Por ejemplo, Thomsen et al. (1988) concluyeron que el pH bajo (pH: 4,5 - 5,5) resultó en incubar con éxito los huevos de *O.mykiss*, mientras Daye (1980) registró ningún caso de supervivencia de embriones y alevines de *O.mykiss* en aguas de pH 4,3 y por debajo.

De manera similar, Barlaup et al. (1996) registraron supervivencias de menos de 1,0% de los embriones *S.trutta* en aguas con pH 4.0-4.8.

Aunque capaz de hacer frente a una gama de pH, Parece haber poca evidencia para sugerir que las truchas pueden ser selectivamente criado para ser más tolerantes con pH bajo (Audet y Wood 1988). En contraste, los Battram (1990) afirmó que la tolerancia a pH puede ser acumulado lentamente durante varios generaciones. Efectos a largo plazo subletales a causa del pH (por ejemplo, crecimiento reducido y efecto en la reproducción).

En uno de los pocos estudios que examinan los efectos de pH alto en la trucha, Edwards (1978) declaró que  $pH > 9$  puede matar salmónidos, sobre todo en el huevo sensible y las etapas tempranas de alevines.

**REVISIÓN DE ESTUDIOS DE EIA Y ESTUDIOS DE EXPLOTACIÓN Y CIERRE (1996-2008).**

Cabe mencionar que en los Estudios de Impacto Ambiental o Planes de Explotación de Truchas y Planes de cierre de las Minas no mencionan un dato específico que nos puedan ayudar a analizar la secuencia desde años atrás:

1. Estudio de Impacto Ambiental del cultivo extensivo de truchas en la represa Pasto Grande, de **OCTUBRE 1996**, señala la presencia de *Oncorhynchus mykiss*, en donde señala una población de 300 000 individuos, de modo Semestral. Se menciona que deberán hacerse controles de productividad natural basada en fito, zoo, bentos y perifiton para determinar el grado de influencia de la actividad de la crianza de trucha sobre el ecosistema lacustre. Se mencionan por lo menos 13 especies de aves incluyendo al Suri o Ñandu, en los bofedales y en los subxerofitos. En los análisis de comunidades hidrobiológicas de julio 1996 se mencionan pocas especies y en mínimas densidades,
2. Estudio de Impacto Ambiental para la Etapa de Explotación del Proyecto Santa Rosa Aruntani **DICIEMBRE 2000**; estableció una línea base del ámbito de influencia del Proyecto Santa Rosa, donde se hizo el ensayo de Coliformes Totales y Coliformes termotolerantes y se hizo un informe anexado de fito y zooplancton en forma cualitativa, en la cuenca de Cacachara.
3. Estudio de Plan de cierre de la Unidad Minera Santa Rosa Compañía Minera **Aruntani SAC de AGOSTO 2006**: Tiene un análisis con el nombre de Bentos, pero contiene 3 parámetros fitoplancton, zooplancton y Macrobentos. Ensayo de Julio 2006 en donde se reportan Diatomeas de modo dominante, en Cotañani, Acosiri y Unión, el primer informe de Unión aparece incompleto ya que no se menciona el total de especies. El informe de Cotañani, cabe mencionar que se tomaron 300 mL, volumen insuficiente para evitar sesgos o falsos negativos. En Acosiri se reporta 4 especies con una densidad de 4000 indiv/L. y en Cotañani 11 especies con 740 500 cel/L. en algunos casos presentan índices biológicos tales como Diversidad y Equidad.
4. En zooplancton se nota desde 2006 4 ind/L en la zona de Unión, ninguna especie en Acosiri, El análisis de Macrobentos se hace en Unión Q1 y Q2, Acosiri y Cotañani, sin embargo los resultados no son claros. Los gráficos que señalan la evolución son las especies Fitoplanctónicas principales presentes en el Embalse. No hay ninguna conclusión al respecto.
5. Estudio del Plan de cierre de pasivos Ambientales de la Mina **Cacachara de OCTUBRE 2008**, tuvo como un objetivo la estabilidad biológica procurando conseguir la auto- sostenibilidad del ecosistema y objetivo del uso de agua. Sin embargo en el ítem 6.2.2 Monitoreo Biológico se menciona que no se realizaría considerando que la zona de los pasivos ambientales es puna y como zona de roquedal no permite crecimiento de vegetales.