

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



“TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y METALES EN
LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA”

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

ELABORADO POR

MIGUEL ANGEL SALVÁ BERENZ

ASESOR

M.Sc. ATILIO MENDOZA APOLAYA

LIMA – PERÚ

2012

DEDICATORIA

A mi madre Ziska Berenz Vasquez, a mis tías Rufina y Aurora Pando García
y a mi abuelo Manuel Salvá Zamora, quien recorrió a caballo,
como Supervisor Provincial de Educación, toda la provincia de Pallasca.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas las personas que me apoyaron durante el desarrollo de este estudio, y muy en especial a las personas que menciono a continuación:

Familiares

- M.Sc. Antonio Salvá Pando
- Érika Ramos Rivas
- Rufina Pando García
- Antonio García López
- María Alejos Zamora

Chofer

- Jhoner Alva

Topógrafo

- Gonzalo Postijo

Universidad Nacional de Ingeniería

- M.Sc. Atilio Mendoza Apolaya
- Ing. Carmén Tuiro

RESUMEN

Tratamiento y remoción de sólidos suspendidos y metales en la cuenca del Río Boca Cabana (Ancash – Perú)

Ing., Bach. Miguel Angel Salvá Berenz

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú

Asesor: M. Sc. Atilio Mendoza Apolaya

El presente estudio se realizó con el fin de lograr la remediación de la contaminación del agua y de los sedimentos de la cuenca del río Boca Cabana. El agua de este río presenta un pH ácido, además tener concentraciones de iones metálicos superiores a los indicados por los ECAs (Cat. 3), como es el caso del Cu, Pb, As, Fe y Mn en la zona de la presa, además presenta sólidos suspendidos, cuyo valor llega a ser 117 veces mayor al sugerido por la FAO (para riego).

El proceso de remoción de iones metálicos y sólidos suspendidos tiene características físicas como el dique, las barreras para disminuir el caudal del río, y el túnel que será construido en una ladera para movilizar el agua mientras se realice el dragado; además de características químicas, como el uso de cal y floculante (Magnafloc) para lograr la sedimentación de sólidos suspendidos y la precipitación de iones metálicos.

Según la topografía, el volumen máximo de la zona de almacenamiento es de 153 109 236.621 m³ el volumen máximo del dique es de 25 974 772.21 m³. En el caso que no se realizara el dragado el tiempo de colmatación de la presa por los sólidos suspendidos sería de 639.5 días; además, la cantidad de cal necesaria es 400 gramos cal/m³ de agua y la cantidad de floculante (Magnafloc) es 500 ml de floculante/m³ de agua.

ABSTRACT

*Treatment and remotion of suspended solids and metals
in the Boca Cabana River Basin
Ancash– Peru (South America)*

Eng., B. Sc. Miguel Angel Salva

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Peru

Advisor: M. Sc. Atilio Mendoza

The research was performed in order to reach the remediation of water and sediment pollution of the Boca Cabana River Basin, the river water has acid pH, besides, It has metallic ions whose concentrations are over than Peruvian Standards (ECAs-3), such as Cu, Pb, As, Fe and Mn; moreover, It has suspended solids, whose quantity is 117 times more than FAOs irrigation values.

The remotion process of metallic ions and suspended solids has physical features, such as the dike, the walls to reduce the river water flow, this walls will make the water river flow move as a zigzag before getting the storage area, and the tunnel that were built in a slope to lead the water flow during the dredge process, besides the chemistry features, such as the use of lime and flocculant (Magnafloc) to sediment the suspended solids and to precipitate the metallic ions.

According to the topography, the maximum volume in the accumulation area is 153 109 236.621 m³, the dike maximum volume is 25 974 772.21 m³. In the case that the dredge process was not performed, the clogging time of the accumulation area by suspended solid would be 639.5 days; moreover the lime weight that must be used to neutralize and precipitate the metallic ions of Boca Cabana river water is 400 gr of cal/m³ of water, and the flocculant volume of (Magnafloc) is 500 ml of flocculant/m³ of water.

**TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y METALES EN
LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH – PERÚ)**

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	XIV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1) INTRODUCCIÓN.....	1
2) HIPÓTESIS.....	2
2.1) PROBLEMA.....	2
2.2) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
2.3) OBJETIVOS.....	2
2.4) METODOLOGÍA.....	3
3) UBICACIÓN.....	4
3.1) ACCESO.....	4
3.2) CLIMA Y ECOLOGÍA.....	5
3.3) COMUNIDADES.....	6
3.4) FLORA Y FAUNA EN LA CUENCA.....	7
4) ASPECTOS LEGALES.....	10
4.1) A NIVEL NACIONAL (PERÚ)	10
4.2) A NIVEL MUNDIAL.....	12
4.3) DECRETOS ESPECÍFICOS.....	19

5) GEOLOGÍA.....	25
5.1) GEOLOGÍA REGIONAL.....	25
5.2) GEOLOGÍA LOCAL.....	34
5.3) METALOGENIA.....	43
6) HIDROLOGÍA Y PLUVIOMETRÍA.....	47
6.1) HIDROLOGÍA.....	47
6.2) PLUVIOMETRÍA.....	56
6.3) BALANCE HÍDRICO.....	60
7) MONITOREO AMBIENTAL.....	62
7.1) PROTOCOLO DE MONITOREO AMBIENTAL.....	62
7.2) CRITERIOS Y CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EL MONITOREO.....	66
7.3) PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS.....	72
7.4) ESTACIONES DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA.....	73
7.5) MONITOREO EN AGUAS SUPERFICIALES.....	84
7.6) MONITOREO EN SEDIMENTOS.....	93
8) CONDICIONES ACTUALES DE LA CUENCA.....	97
8.1) SEGÚN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, SULFATOS, TURBIDEZ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	97
8.2) SEGÚN LOS METALES EN AGUA.....	97
8.3) SEGÚN LA GRANULOMETRÍA, MINERALOGÍA Y METALES EN SEDIMENTOS.....	98
8.4) SEGÚN LOS ENSAYOS DE BIOTOXICIDAD.....	98
8.5) CUERPOS RECEPTORES EN LA CUENCA.....	99

9) CONTAMINACIÓN.....	138
9.1) CONTAMINACIÓN EN AGUA.....	138
9.2) CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS.....	142
10) IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA.....	144
10.1) EN LAS FASES DE LA ACTIVIDAD MINERA.....	144
10.2) PASIVOS AMBIENTALES.....	148
10.3) LAS FUENTES DE IMPACTO Y LOS RIESGOS.....	150
11) MITIGACIÓN.....	154
11.1) MITIGACIÓN EN AGUAS.....	154
11.2) MITIGACIÓN EN SEDÍMENTOS.....	165
12) PROCESOS DE REMOCIÓN DE IONES METÁLICOS Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	176
12.1) CARACTERÍSTICAS DE LA DEL AGUA Y LOS SEDIMENTOS EN LA ZONA DE REPRESAMIENTO.....	176
12.2) CAUSAS DEL ALTO CONTENIDO DE IONES METÁLICOS Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN LA CUENCA.....	210
12.3) ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA Y DE LOS LODOS.....	211
13) DISEÑO DE PROCESOS DE REMOCIÓN	218
13.1) PRESAS.....	220
13.2) ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	245
13.3) CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE (PRESA).....	247
13.4) CALCULO DE MASA Y VOLUMEN EN LA ZONA DE REPRESAMIENTO.....	251
13.5) UBICACIÓN DE DE LOS POSIBLES LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DRAGADOS.....	258
13.6) COSTO DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN.....	266

CONCLUSIONES.....	269
RECOMENDACIONES.....	271
INVESTIGACIONES A SEGUIR.....	272
BIBLIOGRAFÍA.....	273
ANEXOS.....	275
ANEXO 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS.....	276
ANEXO 2: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS.....	284
ANEXO 3: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECAs).....	290
ANEXO 4: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	297
ANEXO 5: PLANOS.....	306

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura N° 3.1: Ubicación de la Cuenca.....	8
Figura N° 5.1: Columna Estratigráfica de la Cuenca del Río Tablachaca.....	41
Figura N° 5.2: Columna Estratigráfica de la Cuenca del Río Boca Cabana.....	42
Figura N° 6.1: Cuenca del Río Santa.....	48
Figura N° 6.2: Cuenca del Río Tablachaca y sus Subcuencas.....	50
Figura N° 6.3: Datos Geográficos de la cuenca del Río Tablachaca.....	52
Figura N° 6.4: Caudales Medios Anuales de la cuenca del Río Tablachaca.....	53
Figura N° 6.5: Cuenca del Río Boca Cabana.....	54
Figura N° 6.6: Estación Pluviométrica de Santiago de Chuco.....	57
Figura N° 6.7: Estación Pluviométrica de Cachicadán.....	58
Figura N° 6.8: Estación Pluviométrica de Mollepata.....	59
Figura N° 7.1: Consideraciones y Lugares de Monitoreo.....	63
Figura N° 7.2: Puntos de Monitoreo en Coordenadas UTM.....	75
Figura N° 8.1: Variación de pH (Estiaje y Lluvias).....	102
Figura N° 8.2: Variación de Conductividad (Estiaje y Lluvias).....	103
Figura N° 8.3: Variación de Redox (Estiaje y Lluvias).....	104
Figura N° 8.4: Variación de Sulfatos (Estiaje y Lluvias).....	106
Figura N° 8.5: Variación de Turbidez (Estiaje y Lluvias).....	107
Figura N° 8.6: Variación de Sólidos Suspendidos Totales (Estiaje y Lluvias)...	108
Figura N° 8.7: Variación de Cobre en Agua (Estiaje y Lluvia).....	110
Figura N° 8.8: Variación de Plomo en Agua (Estiaje y Lluvia).....	111
Figura N° 8.9: Variación de Cadmio en Agua (Estiaje y Lluvia).....	112
Figura N° 8.10: Variación de Arsénico en Agua (Estiaje y Lluvia).....	113
Figura N° 8.11: Variación de Mercurio en Agua (Estiaje y Lluvia).....	114
Figura N° 8.12: Punto 15 (Estiaje) (Mineralogía y Granulometría).....	117
Figura N° 8.13: Punto 15 (Lluvias) (Mineralogía y Granulometría).....	118
Figura N° 8.14: Punto 16 (Estiaje) (Mineralogía y Granulometría).....	119
Figura N° 8.15: Punto 16 (Lluvias) (Mineralogía y Granulometría).....	120

	Pag.
Figura N° 8.16: Punto 17 (Estiaje) (Mineralogía y Granulometría).....	121
Figura N° 8.17: Punto 17 (Lluvias) (Mineralogía y Granulometría).....	122
Figura N° 8.18: Variación de Cobre en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	126
Figura N° 8.19: Variación de Zinc en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	127
Figura N° 8.20: Variación de Plomo en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	128
Figura N° 8.21: Variación de Cadmio en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	129
Figura N° 8.22: Variación de Arsénico en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	130
Figura N° 8.23: Variación de Mercurio en Sedimento (Estiaje y Lluvia).....	131
Figura N° 8.24: Primer y Segundo ensayo de Biotoxicidad (CL50).....	136
Figura N° 8.25: Tercer ensayo de Biotoxicidad (CL50).....	137
Figura N° 11.1: Precipitación de Metales según el pH de la Solución.....	160
Figura N° 12.1: Variación de pH (Dique y Canal de Drenajes).....	184
Figura N° 12.2: Variación de Conductividad (Dique y Canal de Drenajes).....	185
Figura N° 12.3: Variación de Redox (Dique y Canal de Drenajes).....	186
Figura N° 12.4: Variación de Sulfatos (Dique y Canal de Drenajes).....	187
Figura N° 12.5: Variación de Turbidez (Dique y Canal de Drenajes).....	188
Figura N° 12.6: Variación de Sólidos Suspendidos Totales (Dique y Canal de Drenajes).....	189
Figura N° 12.7: Variación de Cobre en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	193
Figura N° 12.8: Variación de Zinc en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	194
Figura N° 12.9: Variación de Plomo en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	195
Figura N° 12.10: Variación de Cadmio en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	196
Figura N° 12.11: Variación de Arsénico en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	197
Figura N° 12.12: Variación de Mercurio en Agua (Dique).....	198
Figura N° 12.13: Variación de Hierro en Agua (Dique).....	199
Figura N° 12.14: Variación de Manganeseo en Agua (Dique).....	200

	Pag.
Figura N° 12.15: Variación de Cobre en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	204
Figura N° 12.16: Variación de Zinc en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	205
Figura N° 12.17: Variación de Plomo en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	206
Figura N° 12.18: Variación de Cadmio en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	207
Figura N° 12.19: Variación de Arsénico en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	208
Figura N° 12.20: Velocidad de Sedimentación.....	216
Figura N° 13.1: Esquema del proceso de remoción.....	219
Figura N° 13.2: Lugares de deposición de los lodos después de ser dragados.....	258
Figura N° 13.3: Remediación ambiental de los lugares de deposición de lodos	265

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 5.1: Minas de la cuenca del Río Boca Cabana.....	46
Tabla N° 6.1: Datos Geográficos de la cuenca del Río Tablachaca.....	51
Tabla N° 6.2: Estaciones Pluviométricas.....	56
Tabla N° 7.1: Organización del Plan de Monitoreo.....	64
Tabla N° 7.2: Frecuencia del muestreo y el reporte de monitoreo.....	66
Tabla N° 7.3: Recolección, preservación y almacenamiento de muestras (1ra parte).....	70
Tabla N° 7.4: Recolección, preservación y almacenamiento de muestras (2da parte).....	71
Tabla N° 7.5: Puntos de monitoreo en la cuenca del Río Boca Cabana.....	74

	Pag.
Tabla N° 7.6: Puntos de monitoreo en la zona de la presa.....	81
Tabla N° 7.7: Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas.....	84
Tabla N° 7.8: Parámetros Evaluados según los ECAs en la Cat. 3.....	87
Tabla N° 7.9: Criterios de la calidad de agua propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Salud Humana).....	89
Tabla N° 7.10: Criterios de la OMS para la calidad de Agua de Abastecimiento.....	89
Tabla N° 7.11: Valores guía extraídos de la legislación norteamericana (MADEP/EPA) y Canadiense.....	90
Tabla N° 7.12: Guía de calidad de agua potable en Canadá en la Salud Humana.....	91
Tabla N° 7.13: Calidad de agua para Lagos y Lagunas según las leyes Estado Unidenses.....	91
Tabla N° 7.14: Calidad de agua para la vida acuática en agua dulce.....	92
Tabla N° 7.15: Calidad de suelos y sedimentos según la legislación Canadiense.....	95
Tabla N° 7.16: Límites máximos permisibles en sedimentos.....	96
Tabla N° 8.1: Parámetro Físico-Químicos en la época de Estiaje.....	101
Tabla N° 8.2: Parámetro Físico-Químicos en la época de Lluvias.....	101
Tabla N° 8.3: Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales en la época de Estiaje.....	105
Tabla N° 8.4: Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales en la época de Lluvias.....	105
Tabla N° 8.5: Análisis de Metales en Agua en la época de Estiaje.....	109
Tabla N° 8.6: Análisis de Metales en Agua en la época de Lluvias.....	109
Tabla N° 8.7: Análisis Granulométrico en la época de Estiaje.....	115
Tabla N° 8.8: Análisis Granulométrico en la época de Lluvias.....	115
Tabla N° 8.9: Análisis Mineralógico en la época de Estiaje.....	116

	Pag.
Tabla N° 8.10: Análisis Mineralógico en la época de Lluvias.....	116
Tabla N° 8.11: Interpretación de la Mineralogía en la época de Estiaje.....	123
Tabla N° 8.12: Interpretación de la Mineralogía en la época de Lluvias.....	123
Tabla N° 8.13: Interpretación de la Granulometría en la época de Estiaje.....	124
Tabla N° 8.14: Interpretación de la Granulometría en la época de Lluvias.....	124
Tabla N° 8.15: Análisis de Metales en Sedimento en la época de Estiaje.....	125
Tabla N° 8.16: Análisis de Metales en Sedimento en la época de Lluvias.....	125
Tabla N° 8.17: Primer Ensayo de Biotoxicidad.....	133
Tabla N° 8.18: Segundo Ensayo de Biotoxicidad.....	134
Tabla N° 8.19: Tercer Ensayo de Biotoxicidad.....	135
Tabla N° 9.1: Parámetros contaminantes en forma global, su generación y la manera de medirlos.....	141
Tabla N° 10.1: Depósitos minerales y sus impactos en la calidad de agua.....	151
Tabla N° 12.1: Parámetros Físico–Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales (Dique y Canal de Drenajes).....	183
Tabla N° 12.2: Evaluación de Parámetros Físico–Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales en la zona del Dique (ECAs).....	190
Tabla N° 12.3: Evaluación de pH y Sólidos Suspendidos Totales en el Canal de Drenajes (ECAs).....	191
Tabla N° 12.4: Evaluación de pH y Sólidos Suspendidos Totales en el Canal de Drenajes (LMP).....	191
Tabla N° 12.5: Análisis de Metales en Agua (Dique y Canal de Drenajes).....	192
Tabla N° 12.6: Evaluación de Metales en Agua en la zona del Dique (ECAs)....	201
Tabla N° 12.7: Evaluación de Metales en Agua en la Canal de Drenajes (ECAs).....	202
Tabla N° 12.8: Evaluación de Metales en Agua en la Canal de Drenajes (LMP).....	202

	Pag.
Tabla N° 12.9: Análisis de Metales en Sedimento (Dique y Canal de Drenajes).....	203
Tabla N° 12.10: Evaluación de Metales en Sedimento en la zona del Dique (Sedimento Grueso).....	209
Tabla N° 12.11: Evaluación de Metales en Sedimento en la zona del Dique (Sedimento Fino).....	209
Tabla N° 12.12: Evaluación de Metales en Sedimento en el Canal de Drenajes.....	209
Tabla N° 12.13: Parámetros que están fuera del rango de los ECAs (Cat. 3).....	211
Tabla N° 12.14: Parámetros del río Boca Cabana después del tratamiento, comparados con los ECAs (Cat. 3).....	215
Tabla N° 12.15: Cálculo de la velocidad de sedimentación.....	215
Tabla N° 12.16: Potencial Neto de Neutralización de los lodos	217
Tabla N° 13.1: Características geográficas del dique.....	248
Tabla N° 13.2: Característica volumétricas del dique.....	254
Tabla N° 13.3: Dimensiones de la presa según la cota (1ra Parte).....	255
Tabla N° 13.4: Dimensiones de la presa según la cota (2da Parte).....	256
Tabla N° 13.5: Tiempos de colmatación de la presa.....	257
Tabla N° 13.6: Características de los lugares de deposición de los lodos después de ser dragados.....	259
Tabla N° 13.7: Insumos utilizados y precios en el mercado internacional.....	266
Tabla N° 13.8: Montos necesarios en insumos y materiales para el proceso de remoción.....	268

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pag.
Fotografía N° 3.1: Plaza de Armas de Cabana y Tauca.....	9
Fotografía N° 6.1: Fotografía Satelital de la Cuenca del Río Boca Cabana.....	55
Fotografía N° 7.1: Fotografía Satelital: Punto 15, Punto 16 y Punto 17.....	76

	Pag.
Fotografía N° 7.2: Confluencia del Río Boca Cabana y el Río Tablachaca.....	77
Fotografía N° 7.3: Punto 15: Río Tablachaca, antes del Río Boca Cabana.....	78
Fotografía N° 7.4: Punto 16: Río Boca Cabana.....	79
Fotografía N° 7.5: Punto 17: Río Tablachaca, después del Río Boca Cabana.....	80
Fotografía N° 7.6: Estación A: Río Boca Cabana, en la zona del dique.....	82
Fotografía N° 7.7: Estación B: Canal de drenajes, el cual desemboca al Río Boca Cabana.....	83
Fotografía N° 8.1: Ensayos de Biotoxicidad.....	132
Fotografía N° 12.1: Posible ubicación del Dique.....	179
Fotografía N° 12.2: Toma de Muestras en la zona del Dique.....	180
Fotografía N° 12.3: El Río Boca Cabana en la zona del Dique.....	181
Fotografía N° 12.4: Zonas de vida en la zona del Dique.....	182
Fotografía N° 12.5: Agua río Boca Cabana antes de su tratamiento.....	212
Fotografía N° 12.6: Equipo donde se realiza la mezcla de cal con el agua del río Boca Cabana.....	213
Fotografía N° 12.7: Aditivos usados en el tratamiento del agua del río Boca Cabana.....	213
Fotografía N° 12.8: Mezcla de cal, floculante y el agua del río Boca Cabana.....	214
Fotografía N° 12.9: Agua del río Boca Cabana después del tratamiento, donde los lodos representan el 10% del volumen inicial de agua.....	216
Fotografía N° 13.1: Presa de Gravedad.....	225
Fotografía N° 13.2: Presa de Arco.....	226
Fotografía N° 13.3: Presa de Contrafuertes.....	229
Fotografía N° 13.4: Presa de Tierra.....	231
Fotografía N° 13.5: Presa de Roca.....	234
Fotografía N° 13.6: Macrofitos Enraizados.....	239
Fotografía N° 13.7: Draga Mecánica.....	241

	Pag.
Fotografía N° 13.8: Draga Hidráulica.....	242
Fotografía N° 13.9: Calicatas.....	246
Fotografía N° 13.10: Perforaciones Diamantinas.....	247
Fotografía N° 13.11: Zona de emplazamiento del Dique.....	249
Fotografía N° 13.12: Estribo izquierdo y derecho del Dique.....	250
Fotografía N° 13.13: Depósito de Lodos 1.....	260
Fotografía N° 13.14: Depósito de Lodos 2.....	260
Fotografía N° 13.15: Depósito de Lodos 3.....	261
Fotografía N° 13.16: Depósito de Lodos 4.....	261
Fotografía N° 13.17: Depósito de Lodos 5.....	262
Fotografía N° 13.18: Depósito de Lodos 6.....	262
Fotografía N° 13.19: Depósito de Lodos 7.....	263
Fotografía N° 13.20: Depósito de Lodos 8.....	263

1) INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú y en el mundo se vienen presentando serios problemas sociales relacionados con la contaminación ambiental, principalmente debido a operaciones mineras, siderúrgicas y petroleras.

En este estudio se planteará la remediación de la cuenca del río Boca Cabana, ubicado en la provincia de Pallasca (Ancash), mediante el tratamiento y remoción *iones metálicos y sólidos suspendidos* presentes, los cuales son el principal problema ambiental de esta cuenca. Esta tesis a su vez está basada en el estudio previo "*Evaluación ambiental de aguas superficiales y sedimentos en la cuenca del río Tablachaca* ", el cual fue presentado como Tesis de Ingeniero sustentada por mi persona, el 27 de Agosto del año 2007, en la cual se mostró la alta contaminación del río Boca Cabana (afluente del río Tablachaca).

Este estudio contribuirá al *Desarrollo Sostenible* de la región, logrando que el agua del río Boca Cabana se encuentre dentro de los estándares establecidos por las entidades ambientales correspondientes y consecuentemente reducirá la contaminación del río Tablachaca y del río Santa, beneficiando de esta manera a las poblaciones y el ecosistema de la región.

2) HIPOTESIS

2.1) PROBLEMA

De acuerdo a las evaluaciones ambientales realizadas en la cuenca, se determinó que el agua del río Boca Cabana presenta alta concentración de iones metálicos como es el caso de Cu, Pb, Cd, As y Hg, presentan también pH ácido y tiene gran cantidad de sólidos suspendidos, comparándolos con estándares ambientales como los ECAs y la FAO.

2.2) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La cuenca no presenta fauna acuática y tiene una reducida variedad de especies vegetales en las cercanías al río, cuando según sus características geográficas debería tener diferentes ecosistemas en su entorno. Adicionalmente, las poblaciones cercanas sólo toman el agua de acequias, cuando podría tener la posibilidad de tomarla del mismo río y tener un lugar de almacenamiento de agua para la época de estiaje

2.3) OBJETIVOS

2.3.1) Objetivo General

El objetivo general de este estudio es la remediación ambiental de la cuenca del río Boca Cabana, logrando que los parámetros de las aguas de este río se encuentren dentro de los estándares nacionales e internacionales vigentes y que las actividades desarrolladas en la cuenca se lleven dentro del Desarrollo Sostenible.

2.3.2) Objetivos Específicos

- Reducir la cantidad de sólidos suspendidos a niveles permisibles de acuerdo a la FAO para riego.
- Reducir la concentración de iones metálicos a niveles permisibles de acuerdo a los ECAs en su categoría 3.
- Diseñar un proceso de remoción adecuado de acuerdo a las características ambientales, hidrológicas, geológicas y topográficas de la cuenca.

2.4) METODOLOGÍA

- Recopilación de información de la cuenca hidrográfica.
- Realizar y corroborar los resultados de los monitoreos en campo, principalmente en lo que respecta a metales y sólidos suspendidos, comparándolos con los ECAs y LMPs según sea el caso.
- Calcular en laboratorio la cantidad de insumos como cal y floculante que serán necesarios para realizar el tratamiento y remoción de los metales y parámetros que se encuentran fuera del rango de los estándares ambientales.
- Evaluar en campo y topográficamente la cuenca para encontrar el lugar más adecuado para realizar la remediación.
- Diseñar el dique de contención y demás características de la zona de represamiento con la ayuda de softwares como el Autocad Civil.
- Calcular la cantidad de insumos que se necesitarán de acuerdo a las condiciones de la zona de represamiento, caudal y demás parámetros evaluados en el monitoreo.
- Evaluar los costos de la remediación, tratando de reducir la inversión a lo mínimo posible.
- Coordinar con entidades como el FONAM para el financiamiento en la remediación ambiental de la cuenca.

3) UBICACIÓN

El Río Boca Cabana es uno de los principales afluentes del Río Tablachaca, el cual a su vez es afluente del Río Santa. Limita hacia el norte con la cuenca del Río Sacaycacha y hacia el sur con cuenca del Río Ancos, ambas subcuencas pertenecientes a la cuenca del Río Tablachaca, en la provincia de Pallasca, en el departamento de Ancash. Los distritos que pertenecen a esta cuenca son: Bolognesi, Cabana y Tauca.

El Río Boca Cabana presenta una longitud de 35 km. La cuenca tiene un área de 271 km², con niveles altitudinales que varían de 4600 msnm a 1300 msnm. Según los datos del IGN la cuenca del Río Boca Cabana está ubicada en los cuadrángulos de Santiago de Chuco (17-g) y Pallasca (17-h). Ver Figura N° 3.1.

3.1) ACCESO

3.1.1) Rutas

Se toma la panamericana norte y se llega al kilómetro 440 aproximadamente, hasta el distrito de Santa, al norte de Chimbote, a unas 6 horas de Lima. En Santa se encuentra un desvío a la derecha, se toma este desvío y a unos 70 kilómetros en carretera asfaltada se llega a Chuquicara (750 msnm), lugar de suma importancia ya que en este lugar desemboca el río Tablachaca al río Santa.

En Chuquicara se encuentran 2 rutas, la que sigue hacia el Este que nos lleva a Huallanca, al Cañón del Pato y al Callejón de Huaylas; y la que va al nor-este que nos conduce a la cuenca del río Tablachaca. Se toma esta ruta y se cruza el río Santa a través de un puente de metal, después de 20 kilómetros en carretera asfaltada se llega a la antigua estación de trenes de Quiroz.

En Quiroz tenemos 2 rutas nuevamente, a la derecha se dirige a los distritos de Tauca, Santa Rosa, Llapo, Cabana, Bolognesi, Huandoval, entre otros; y la que continua de frente nos conduce en forma directa a la desembocadura del Río Boca Cabana, además de los distritos de Pallasca, Conchucos y Pampas principalmente. Ver Fotografía N° 3.1.

3.1.2) Empresas y Medios de Transporte

Para llegar a las poblaciones de la cuenca se pueden tomar ómnibus directos desde Lima o desde Chimbote. Las empresas que van llegan solo hasta Tauca, Cabana y Bolognesi, es por esto, que para llegar a las minas es necesario el uso de camionetas particulares, llegando incluso a usar caballos y burros para el transporte.

Las principales empresas que van directamente desde Lima son: Expreso Andía (Fiori), Apóstol Santiago (Fiori), La Perla del Alto Mayo (Fiori) y Angelitos (Fiori).

Estas empresas van directo desde Lima con una pequeña escala en Chimbote, saliendo de Lima en las mañanas 4 veces por semana.

3.2) CLIMA Y ECOLOGÍA

El área se halla comprendida dentro de la vertiente del pacífico y llega hasta el nivel de 4600 msnm en sus orígenes. La cuenca presenta un periodo de lluvias bien marcado entre los meses de Diciembre y Marzo. Dentro de este contexto árido, el zoneamiento climático y vegetacional, es vertical y está controlado principalmente por la altitud. Desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm, la zona es árida, con algunos bosques localizados por acción de las nieblas costeras.

De los 1500 msnm a los 2500 msnm se presenta una capa de suelo y en la estación lluviosa desarrolla pasto y alguna vegetación arbórea, si se cultiva adecuadamente habrá un buen desarrollo. Las condiciones óptimas para la agricultura se presentan entre los 2500 msnm y los 4000 msnm.

Sobre los 4000 msnm, es demasiado frío para que crezcan árboles, excepto en lugares propicios donde existe una cobertura densa de pasto que sirve de sustento al ganado.

3.3) COMUNIDADES

La cuenca se encuentra en el departamento de Ancash, lugar donde la cultura Chavín tuvo mucha influencia, esta cultura una de las más antiguas de América, y su origen se remonta a 1200 años A.C.

La distribución de los asentamientos humanos en la cuenca está controlada principalmente por la altitud y la gran mayoría de los distritos y anexos andinos se encuentran en altitudes entre 2500 msnm y 3,500 msnm.

Los asentamientos humanos situados a menor altitud generalmente están cerca de los torrentes rápidos, mientras que los situados por encima de aquellas altitudes se relacionan con las actividades de la industria minera.

La gente está bien adaptada a su medio y por lo general son de mediana a baja estatura, con amplia caja torácica, y corazón y pulmones más desarrollados de lo normal, lo que es una adaptación física a la atmósfera enrarecida. Los lugares donde se encuentran las comunidades, las zonas de agricultura y de ganadería se muestran en el Plano N° 1.

3.4) FLORA Y FAUNA EN LA CUENCA

3.4.1) Flora

Los productos cultivados en la zona son: maíz amiláceo, fríjol, quinua, chochos, ocas, papa, maíz duro, kinuicha, arveja y camote.

Las frutas cultivadas en la zona son: membrillo, limón, pero manzano, lima, ciruelos, melocotón, guayabos, nueces, palta, manzana, peras, toronja, nísperos, uva, naranja, tuna, granadilla, durazno, pacay, lúcuma, chirimoyas, plátano, mango y caña de castilla.

Los árboles y arbustos en la zona son: guasia, shayle, cuiguyún, quishcuba, collacucha, cushimaycudo, chinán, taclush, huandal, uño y puruccho. Las plantas utilizadas por los pobladores en labores de construcción y artesanía son: totora, carrizo o caña dura, junca, maguey, lloque, chachacoma, la penca y la cabuya, lana vegetal, quínual, suros, nogal, tantal, chinam, chilca, pájaro bobo y cuchumay.

3.4.2) Fauna

Entre los mamíferos de la zona tenemos: zorro, zorrillo, leoncillo, puma, gato montes, pacraña, vizcacha, venado, taruca, conejo de castilla, además de cuyes, conejos, ganado vacuno, ovino, caprino, equino y auquénido en las partes mas altas de la cuenca.

Entre las aves presentes en la zona tenemos: Pichuchanca, picaflor, chihues, paloma torcaza, loro, pato silvestre, gallareta, huachas, zorzal, zapallero, perdiz, cóndor, águila, búho, chusheck, cernícalo además de la aves de corral como pollos y patos.

UBICACIÓN DE LA CUENCA

Mapa Político del Perú

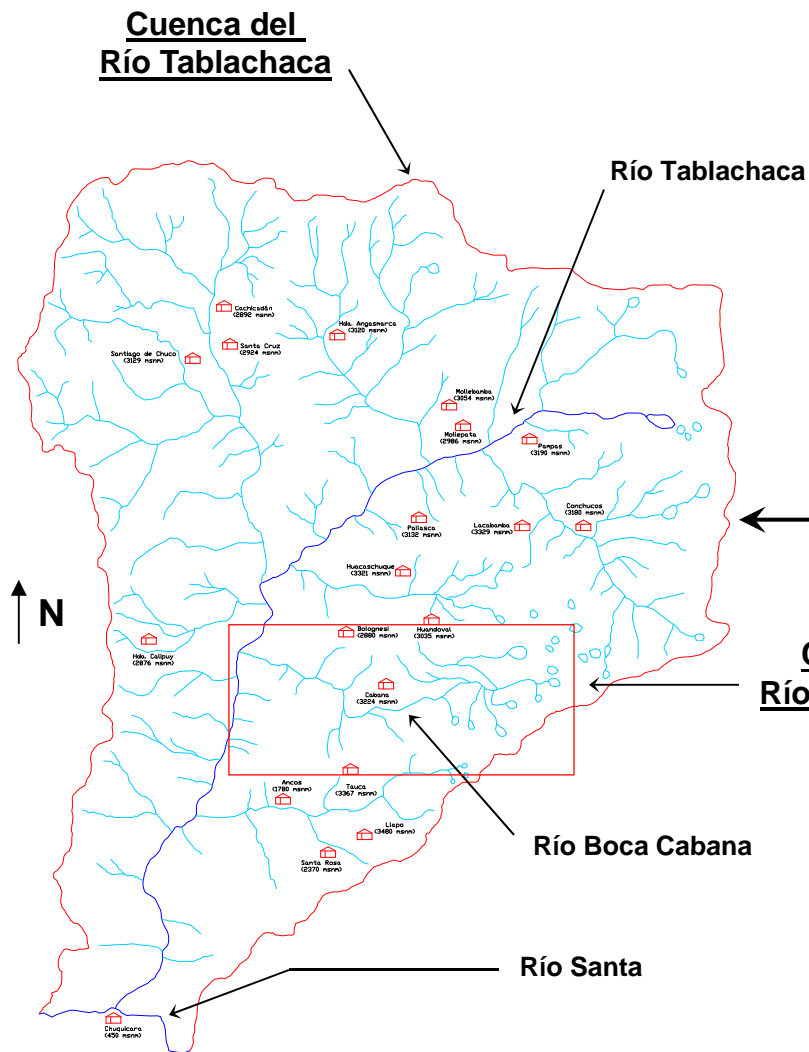


Figura N° 3.1

PLAZA DE ARMAS DE CABANA Y TAUCA



Cabana
Pallasca - Ancash



Tauca
Pallasca-Ancash

4) ASPECTOS LEGALES

4.1) A NIVEL DEL PERÚ

4.1.1) Normatividad General a Nivel Nacional

- Constitución Política del Perú - Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613) .
- Ley del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM Ley N° 26410)
- Ley del Creación del Fondo Nacional del Ambiente (FONAM Ley N° 26793).
- Decreto Legislativo N° 99713/03/2008, Ley Orgánica del Ministerio de Agricultura (Creación de la Autoridad Nacional del Agua).
- Reglamento de Organización y Funciones del CONAM, Decreto Supremo N° 022-2001-PCM.
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, Ley N° 27446.
- Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera: Ley N° 28271.
- Título XIII del Código Penal - Delitos Contra la Ecología.
- Formalización de denuncias por los delitos tipificados en el Código Penal (Ley N° 26631).
- Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley N° 26834).
- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades (Ley N°26786).
- Ley del Fondo Nacional del Ambiente (FONAM Ley N° 26793).
- Ley General de Salud (Ley N° 26842).
- Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales (Ley N° 26821).
- Ley Sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica Ley N° 26839).

- Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 27308).
- Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314).
- Decreto Supremo N° 056-97-PCM y 061-97-PCM – Casos en que aprobación de EIA o PAMA requieren opinión técnica del SERNAMP.
- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (1991).
- Ley de Tierras (1995).
- Se regularon las actividades de exploración minera (D.S. N°038-98-EM) (1998)
- Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación (2004).
- El año 2003, se establecen compromisos relacionados con el Desarrollo Sostenible (D.S. N° 042-2003-EM).

4.1.2) Normatividad General Ambiental en el Sector de Energía y Minas

- Uniformizan procedimiento Administrativos ante la Dirección General de Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 053-99-EM.
- Reglamento de Participación Ciudadana en el Procedimiento de aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental, a través de Audiencias Públicas aprobado a través de la Resolución Ministerial N° 728-99-EM/VMM.
- Exoneración del procedimiento de Audiencias Públicas a los Estudios de Impacto Ambiental, Resolución Ministerial N° 391-96-EM/SG.
- Aprobación de los Programas Especiales de Manejo Ambiental – PEMA, aprobado por Decreto Supremo N° 041-2001-EM.
- Resolución Directoral N° 032-97-EM/DGAA, Aprueban ficha de declaración jurada para actualización de datos de empresas o entidades autorizadas a realizar EIA en el sector.
- Resolución Ministerial N°580-98-EM/VMM, Registro de Entidades Autorizadas a realizar Estudios de Impacto Ambiental.
- Resolución Directoral N° 036-97-EM/DGAA, Presentación del Cronograma de acciones e inversiones y el porcentaje de avance físico mensualizado del PAMA.

Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales en el Sector Energía y Minas (RM 596-2002-EM/DM).

Con respecto a la participación ciudadana:

- En 1996, Reglamento de Participación ciudadana en el procedimiento de aprobación de los estudios ambientales (R.M. N°335-96-EM/VMM).
- En 1999, Reglamento de Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de Estudios Ambientales (R.M. N°728-99-EM-VMM)
- En el 2002, Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales (R.M.N°596-2002 EM/DM).

4.2) A NIVEL MUNDIAL

4.2.1) Generalidades

El impacto ambiental de la minería puede ser muy adverso si se carece de una adecuada tecnología preventiva y un marco regulador que funcione de manera apropiada.

La prevención de la contaminación, adoptada como principio en la gestión estratégica, ofrece la oportunidad de evitar o minimizar los efectos ambientales negativos de la actividad minera, a la vez que promueve la eficiencia económica en el diseño y ejecución de las operaciones.

A nivel interamericano, existen razones poderosas para que los países colaboren en el desarrollo de un marco hemisférico para la prevención de la contaminación como consecuencia de la minería metálica.

El comercio y la inversión en el sector se expanden cada vez más y muchos de los recursos naturales potencialmente amenazados por la actividad minera en la región, tienen características comunes o son incluso compartidos por los diferentes países. Asimismo, las empresas mineras operan como multinacionales.

Un enfoque interamericano de la regulación ambiental de la minería ayudaría a establecer reglas de juego comunes y evitaría la complejidad de tener estándares diferentes en las diferentes áreas de la región.

Para atender esta necesidad, el Environmental Law Institute, condujo un estudio de las legislaciones nacionales para la prevención de la contaminación en el sector minero.

Esta conducción se dio en colaboración con la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (Argentina), Centro Especializado de Derecho y Política (Bolivia), Instituto Socioambiental (Brasil), Canadian Institute for Environmental Law and Policy (Canadá), Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (Chile), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (México) y Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (Perú).

El estudio analiza instrumentos legales tradicionales, tales como permisos, evaluaciones de impacto ambiental y fijación de estándares regulatorios, además de opciones de política como son la participación pública o el uso de incentivos económicos.

4.2.2) Evolución Legal a Nivel Mundial

El libro "Silent Spring" de Rachel Carson publicado en 1962, marcó el principio del movimiento moderno del ambiente.

A pesar del creciente desbalance en la relación entre la naturaleza y la humanidad, Carson describió los impactos de los pesticidas en los seres humanos y otros seres vivos, lo cual inició un amplio interés acerca del creciente desbalance en esta relación.

Los resultados de la búsqueda de Carson fueron verificados y reforzados en numerosas evaluaciones producidas por el Consejo Social y Económico de las Naciones Unidas, durante la Década del Desarrollo Mundial (1960-1970), así como también las estrategias formuladas durante la Segunda Década del Desarrollo Mundial (1970-1980).

El 28 de mayo de 1968 el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC) aceptó una propuesta de Sveker Astrom, el embajador suizo ante las Naciones Unidas, para explorar la posibilidad de realizar una conferencia internacional sobre los seres humanos en el ambiente. Basados en las recomendaciones de ECOSOC, la Asamblea General de las Naciones Unidas del 6 de diciembre de 1968, autorizó al consejo conducir una conferencia.

Reportes subsecuentes por U Than, Secretaría General de las Naciones Unidas, subrayaron la urgente necesidad de nuevas concepciones y actitudes hacia el ambiente. Estos reportes formaron la base para la resolución, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas del 15 de septiembre de 1969, para patrocinar y ser el anfitrión de La Conferencia de las Naciones Unidas para el Ambiente Humano

La Conferencia de Estocolmo realizada del 5 al 16 de junio de 1972, incluyó la participación de 113 países y docenas de observadores, pero la Unión Soviética y algunos pocos países de Europa del Este boicotearon la conferencia en protesta ante estipulaciones que excluyeron algunos países de su región de participar en la conferencia en iguales términos que otros países.

Por resoluciones especiales, la Conferencia de Estocolmo designó el 5 de junio como el Día Mundial del Ambiente, declaró 26 principios para la conservación de la naturaleza, la protección de las especies y los derechos humanos; ampliamente estimuló una mejor integración de las políticas de desarrollo y ambiente para fomentar más formas sostenibles de desarrollo; y estableció el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Representantes a la primera conferencia del PNUMA al año siguiente, unánimemente acordaron que a los temas de ambiente y desarrollo se les debía asignar la prioridad más alta, exigiendo la integración central de consideraciones ambientales en todas las agendas.

La Estrategia Mundial para la Conservación (WCS), emitida por el Foro Mundial de Conservación (UICN) en 1980, contenía un enfoque sistemático hacia el desarrollo enfocado en el manejo ecológico de los recursos vivos, para asegurar la continuidad de la vida y biodiversidad para la satisfacción de las necesidades humanas del presente y futuro.

El reporte de la WCED (Nuestro Futuro Común / Brundtland Report), formó la fundación para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo (UNCED), también conocida como la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

Esta conferencia, a la que asistieron delegados de 197 países, dio como resultado el establecimiento y la ratificación de acuerdos internacionales, incluidos entre otros los siguientes:

1. Los principios de Río para el desarrollo sostenible.
2. La agenda 21 (LA21) – un escrito que define el marco para la legislación y la implementación del desarrollo sostenible.

3. La Convención sobre Bosques y otros acuerdos sobre conservación.
4. La Convención sobre Cambio Climático (UNFCCC)
5. La Convención sobre Biodiversidad (CBD)

La Cumbre de la Tierra de Río levantó la conciencia del mundo sobre la interdependencia y la influencia mutua de los factores social, económico y ambiental y el reconocimiento de que el éxito de cualquier programa o acción tomada para responder a la crisis ambiental, dependería de un esfuerzo continuo y concertado y debería ser proclamado para la sostenibilidad a largo plazo. De aquí nació el concepto de desarrollo sostenible como una forma de desarrollo que logra llenar las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de llenar sus propias necesidades.

La última Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD), se llevo a cabo en Johannesburgo, del 26 de Agosto al 4 de Septiembre del 2002, una década después de la Cumbre de la Tierra.

A la conferencia de Johannesburgo asistieron delegados de aproximadamente 190 países, incluyendo líderes gubernamentales y representantes de grupos ciudadanos y comunidades, instituciones de las Naciones Unidas, instituciones financieras internacionales y otras entidades que comparten el interés por el ambiente.

El WSSD trató de evaluar cuanto han avanzado las naciones en el camino del desarrollo sostenible para identificar los límites que hemos afrontado y formular los próximos pasos que debemos tomar para afrontar la situación mundial actual.

Adicionalmente, el propósito de la WSSD fue renovar los compromisos hechos por los líderes mundiales en Río diez años atrás y determinar prioridades de acción futura relacionadas con los temas tratados en reuniones anteriores, así como también temas que han surgido recientemente.

4.2.3) Normas Internacionales de Control Ambiental

a) ISO 14001

La ISO 14000 es una serie de normas internacionales para la gestión medio ambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medio ambientales y medir la actualización de acuerdo a los criterios aceptado internacionalmente.

La ISO 14001 es una norma voluntaria y fue desarrollada por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) en Ginebra. La ISO 14001 puede ser aplicable a organizaciones de todo tipo y dimensiones, además de albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales.

El objetivo general de la ISO 14001 así como todas las normas de la serie ISO 14000 es apoyar la protección medio ambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO 14001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación medio ambiental, mediante un sistema medioambiental certificado.

Las Normas ISO 14000 son básicamente de dos tipos: lineamientos y especificaciones; de las cuales solo la ISO 14001 es una norma de especificación que es un modelo de Sistema de Administración Ambiental.

Al implementa la norma ISO 14001 se consigue lo siguiente:

- Definir los aspectos e impactos ambientales significativos para la organización.
- Plantear objetivos y metas para demostrar desempeño ambiental.
- Establecer programas de administración ambiental.
- Definir la política ambiental de la organización.

Ventajas de la Certificación:

- Implementar, mantener y mejorar un Sistema de Administración Ambiental
- Demuestra ante la autoridad competente la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.
- Es la evidencia para la comunidad, o cualquier parte interesada, de un sano desempeño ambiental que respalda la imagen de la empresa.
- Actualmente, se ejerce presión y estímulo proveniente de las autoridades ambientales y otras comunidades, para lograr un desempeño ambiental sano y la conservación de los pocos recursos naturales que poseemos.

b) ISO 26000 (Responsabilidad Social)

Hasta hace una década atrás, el énfasis estaba centrado en los estándares de calidad de productos. Sin embargo, a partir de la ISO 14000 se incorpora la variable ambiental dentro de la categoría de estandarización. Con la ISO 26000 sobre Responsabilidad Social, cuyo objetivo integral es económico, ambiental y social, se entra a la tercera generación de estándares internacionales.

La Responsabilidad Social ha sido impulsada con mucha fuerza fundamentalmente por organismos multinacionales, en base a criterios desarrollados en Europa y Norteamérica, y se ha ido consolidando a partir de la difusión durante la década pasada del concepto de desarrollo sostenible.

Esta ley aun se encuentra en proceso de formulación. El desarrollo de esta norma es una decisión tomada y ya está lanzada; cuando se adoptó esta determinación, la ISO estableció un marco de referencia para su formulación, el cual en su mayor parte fue ratificado en la primera reunión plenaria efectuada en Brasil en marzo del 2005.

4.3) DECRETOS ESPECÍFICOS

4.3.1) Decretos en el Sub Sector Minero

- Plan de Implementación para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, Resolución Ministerial N° 030-2011-MEM/DM.
- Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.
- Ley de Estándares de Calidad de Agua (ECAs), Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.
- Resolución Directoral N° 440-2004-MEM/AAM: Aprobación de Formatos de Declaración de Impacto Ambiental
- Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Mineras, aprobado a través del D.S. 016-93-EM modificado por D.S. 059-93-EM .
- Modelo de Contrato de Estabilidad Administrativa Ambiental en base al PAMA de las Actividades Minero Metalúrgicas (Resolución Ministerial N° 292-97-EM/VMM).
- Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (Decreto Supremo N° 038-98-EM).
- Modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades Minero Metalúrgicas aprobado por Decreto Supremo N° 058-99-EM.
- Ley de Fiscalización Minera aprobada a través de la Ley N° 27474.

- Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM, aprueba los Niveles Máximos Permisibles de Emisiones de gases y partículas para las actividades minero metalúrgicas.
- Resolución Directoral N° 016-95-EM/DGAA Formulario de la Declaración Jurada PAMA, para pequeños productores mineros.
- Resolución Ministerial N° 353-2000-EM/VMM, Escala de Multas y Penalidades por incumplimiento del TUO de la Ley General de Minería y normas reglamentarias.
- 1993, 2003, Planes de Cierre para las operaciones de minado subterráneo y a cielo abierto (Ley N°28098).

Con respecto a las empresas consultoras:

- 1992, Registro de Entidades Autorizadas a realizar EIA (R.M. N° 143-92-EM/VMM).
- 1998, Registro de Entidades Autorizadas a realizar EIA (R.M. N°580-98-EM/VMM).
- 2003, Registro de Entidades Autorizadas a realizar Planes de Cierre (R.M. N°627-2003-MEM/DM).

4.3.2) Legislación en la Prevención de la Contaminación Minera

Las leyes, políticas y técnicas de gestión son fundamentales para hacer de la prevención un componente clave en las operaciones mineras sostenibles.

En ese sentido, muchas de las aproximaciones legales y de política existentes pueden requerir la identificación e integración de la prevención de la contaminación en las operaciones de minería metálica.

En esta parte del estudio, se identifica el universo de instrumentos y políticas a utilizar para fomentar dicha prevención. Asimismo, se explica las diversas funciones que cada tipo de instrumento legal, de diseñarse de manera apropiada, puede desempeñar como soporte de un programa de prevención de la contaminación.

Se tienen los siguientes Instrumentos Legales y Políticas:

a) *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*

Se adoptó a partir de 1993. Es el estudio de línea base que permite identificar las posibles fuentes de contaminación en un proyecto e implementar los procesos de mitigación de dichas fuentes contaminantes.

El propósito de llevar a cabo un EIA es establecer las condiciones ambientales existentes, dentro y en el ámbito de influencia del proyecto para evaluar posibles impactos que pueden ser ocasionados por el proyecto e identificar las medidas de mitigación necesarias que serán necesarios para eliminar o minimizar los impactos a niveles aceptables.

Un proceso de EIA se compone básicamente de los 5 pasos siguientes:

- Establecer las condiciones ambientales existentes
- Identificar anticipadamente los tipos de impactos, utilizando las metodologías más apropiadas al tipo de proyecto y a su naturaleza
- Estimar la extensión y magnitud de los impactos previstos
- Interpretar el significado de los impactos
- Comunicar los resultados a la autoridad pertinente

Las categorías ambientales de análisis y evaluación que pueden ser afectadas por las operaciones de beneficio y minería son:

- Ambiente Físico: aire, agua, tierra y recursos
- Ambiente Biológico: ecosistemas terrestres y acuáticos
- Ambientes Socio-Económicos
- Ambiente de Interés Humano

b) Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)

Se adoptó a partir de 1993. El Propósito del PAMA es mitigar y prevenir el deterioro ambiental futuro causado por las operaciones mineras y de beneficio existentes. La mitigación incluye el logro de la reducción en la concentración de los contaminantes liberados por las operaciones de minería y beneficio en el ambiente a niveles iguales o menores a los límites máximos permisibles (LMPs) ordenados y establecidos legalmente por el MEM (La Autoridad Competente).

Los PAMA deben desarrollarse en cinco años, con la excepción de algunas operaciones como las de fundición, para las que el plazo de adecuación es de diez años. Las empresas mineras deben realizar una inversión anual mínima del 1% de los ingresos del año respectivo para llevar a cabo el programa.

Las autoridades tienen un plazo de cuatro meses para aprobar un PAMA y su silencio se interpreta como aprobatorio. El proceso no ofrece al público posibilidades de participar ni en la elaboración ni en la aprobación.

Los planes de cierre son requeridos en Perú como parte del EIA o el PAMA. Sin embargo, las recomendaciones en las guías de gestión ambiental para dichos planes se concentran en el tratamiento y disposición de residuos y no exigen ninguna medida preventiva.

4.3.3) Integración de Instrumentos Legales en una estrategia de Prevención

a) En la Fase de Exploración

Los Instrumentos Legales, de Política y de Gestión son los siguientes:

- Evaluación de Impacto Ambiental para identificar los impactos potenciales de un proyecto antes de que se lleve a cabo.
- Estándares para prevenir el drenaje ácido y la clasificación de residuos.
- Estándares para regular la construcción de las instalaciones y la operación de las mismas, así como las unidades de manejo de residuos.
- Estándares regulatorios para la prevención.
- Sistemas de gestión ambiental que dispongan sobre la manipulación de sustancias tóxicas.
- Incentivos económicos y seguridades financieras que garanticen una completa restauración.
- Planificación para las etapas de explotación, cierre y post-cierre.
- Exigir monitoreo e información sobre los derrames.
- Restricciones en el uso de suelos, en base a la naturaleza y uso preexistente del terreno.

b) En la Fase de Explotación y de Cierre

- Uso de EIA's y requisitos de planificación y autorización para evitar la creación de problemas ambientales en el largo plazo.
- Incorporación de estándares para el cierre en el diseño del proyecto para establecer un tope clave en base al cual evaluar la conducta e imponer responsabilidades ante los incumplimientos.

- Implementar sistemas de gestión ambiental para contribuir a que los operadores cumplan sus obligaciones de cierre.
- Diseño de mecanismos de seguridad financiera que reflejen adecuadamente el costo de las obligaciones presentes y futuras generadas por el tratamiento y limpieza del sitio.
- Uso de información al público y transparencia para elevar la efectividad de los controles posteriores a la explotación, asegurando que las áreas de disposición queden desafectadas luego del cierre y no generen riesgos para la población local.
- Garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones de post-cierre a través de la participación de público en el procedimiento para levantar los mecanismos de seguridades financieras.

Los planes de Cierre de mina a nivel conceptual se establecieron a partir de 1993 y en el año 2003 se incorpora el concepto de garantía para el cumplimiento de Planes de Cierre así como medidas de cierre progresivo, cierre final y post cierre; la Política ambiental en los Planes de Cierre tiene un doble alcance:

- En primer lugar, reglamenta los planes de cierre de las nuevas operaciones, las cuales se encuentran sujetas a las provisiones de la Ley de Medio Ambiente.
- En segundo lugar, busca controlar o contener los actuales niveles de contaminación minera, producto de operaciones anteriores a la promulgación de la actual legislación. Las actividades de exploración y de pequeña minería cuyo impacto no sea significativo para el ambiente deben también adoptar medidas de cierre de operaciones y rehabilitación de terrenos e informar sobre las mismas.

5) GEOLOGÍA

5.1) GEOLOGÍA REGIONAL

5.1.1) Descripción

Desde el punto de vista geológico se puede señalar que la región estudiada en épocas pasadas constituyó una gran cuenca de sedimentación en donde se depositaron unidades litológicas de facies tanto marina como continental.

Posteriormente, éstas fueron deformadas tanto por el emplazamiento de plutones de magnitud batolítica como por movimientos orogénicos y epirogenéticos, que generaron esfuerzos de compresión, tensión y cizallamiento, testificados por el levantamiento de los Andes y por el desarrollo de un gran número de estructuras geológicas (fallas, pliegues y sobrecurrimientos), que han alcanzado su desarrollo en el sector oriental de la cuenca.

Las rocas que se presentan son sedimentarias, ígneas (intrusivas y extrusivas) y metamórficas. Las rocas sedimentarias están representadas principalmente por calizas, lutitas, areniscas y conglomerados.

Entre las rocas ígneas intrusivas, predominan las de composición granitoide (granitos, granodioritas, etc.) y forman parte de intrusiones batolíticas; además, existen intrusiones menores de composición aplítica, derrames y aglomerados de composición andesítica, riolítica y dacítica.

Las rocas metamórficas están conformadas principalmente por cuarcitas y pizarras destacando las cuarcitas por su morfología conspicua y coloración blanca a rojiza y su resistencia a la erosión.

La unidad geológica de mayor distribución en la cuenca es el Grupo Calipuy, compuesto por rocas volcánicas que conforman la Cordillera Negra llegando a prolongarse hacia el sur_este muy cerca de Cajatambo.

Las rocas volcánicas del Grupo Calipuy han recibido stocks graníticos y sub volcánicos porfiríticos que en algunos casos han originado yacimientos mineralizados.

5.1.2) Características Geológicas y Geoambientales

a) Geomorfología

En el área se reconocen tres principales unidades geomorfológicas las cuales son: la superficie Puna, la etapa valle de erosión y la etapa cañón de erosión.

a.1) Superficie Puna

Presenta una topografía suave y ondulada, y es reconocible en gran parte de la región, a pesar de haber sufrido una fuerte disección posterior. Esta superficie puna, por lo general se encuentra a una altitud de 4200 - 4400 msnm., aunque tiene variaciones locales.

Los mejores ejemplos de la superficie Puna, están en la Cordillera Occidental. Las pampas alrededor del Alto del Cóndor y el área al Oeste de los nevados de Rosko, en el cuadrángulo de Pallasca. En otras áreas la erosión posterior ha modificado fuertemente a esta superficie, encontrándose ahora como remanentes aislados.

No se ha reconocido la superficie Puna en la Cordillera Negra. Tampoco se la ha reconocido en la Cordillera Blanca, cuyas cumbres quedan de 1000 a 2000 m, arriba de los remanentes de la superficie que bordean su flanco Nororiental.

El hecho de que la cordillera consiste de rocas intrusivas resistentes a la erosión, da la impresión de que se trata de un relieve residual encima de la superficie Puna.

Sin embargo, el contraste brusco en una distancia corta, indican que esta posibilidad no es factible. Más bien se trata de un levantamiento de la cordillera, después del desarrollo de la superficie Puna.

a.2) Etapas de Valle y Cañón

El río Santa y sus tributarios respectivos, cortan ampliamente la superficie Puna; aunque los valles principales podrían haberse profundizado hasta cierto punto por factores tectónicos, ellos son mayormente productos de erosión.

En todos los valles de la región se reconoce en sección transversal. una parte alta ancha y abierta y una parte inferior encañonada, las cuales son denominadas: etapa valle y etapa cañón respectivamente.

En la cuenca del río Santa se nota un amplio desarrollo de ambas etapas. La etapa valle está representada por el terreno de pendiente suave que comúnmente forma una terraza, ubicada entre en el río Marañón y la superficie Puna.

La etapa valle, incluye principalmente al Callejón de Huaylas y el curso alto del río Santa; aunque la parte baja del Callejón de Huaylas, está localmente encañonada; la expresión típica de la etapa cañón, está ubicada en el cañón Del Pato y el curso del río Santa, aguas abajo de Huallanca.

La etapa valle del río Santa, está asociada con terrazas de erosión y terrazas de acumulación. Como ejemplo de las primeras, se tiene la plataforma, aprox. a 2900 msnm, ubicada en el flanco Occidental del cañón Del Pato.

Las terrazas de acumulación (gravas y conglomerados). son relativamente abundantes entre el río Santa y la Cordillera Blanca al Norte de Yungay, se encuentran a 3000 - 3300 msnm.

Se presenta un marcado contraste de pendiente entre las etapas valle y cañón. En la primera, la gradiente varía aproximadamente entre 0.9 % y 1.6 %, mientras en la etapa cañón generalmente no baja de 3.5 a 4.0 %.

b) Geología Estructural

Las zonas de vulnerabilidad están mostradas en el Plano N° 2. El área está comprendida por estructuras plegadas y sobre escurrimientos resaltándose que éstos se desarrollan exclusivamente en la facies de cuenca de los sedimentos del Jurásico superior y Cretáceo.

Los pliegues en esta área tienen orientación preferencial noroeste_sureste variando en forma y tamaño según la naturaleza de las rocas en que se han desarrollado; las formaciones Cretáceo_Jurásicas generan pliegues de hasta 20 km. de largo y 34 km. de ancho, comúnmente concéntricas, solo las arcillitas de la Formación Chicama tienden a producir pequeños pliegues disarmónicos.

Los sobreescurrecimientos principales se encuentran mayormente concentrados entre Pampas y Conchucos, están típicamente asociados con anticlinorios grandes llegando algunos a pasar los 100 km. de largo, buzando fundamentalmente hacia el Oeste.

Las estructuras geológicas en la cuenca revelan el fuerte tectonismo causado por la orogénesis del fin del Cretáceo y movimientos posteriores que dieron lugar a plegamientos y dislocamientos en bloques, mientras que las rocas volcánicas no presentan mayor deformación.

Con respecto al control estructural del drenaje; el resultado directo de movimientos posteriores a la Formación de la superficie Puna, como son el levantamiento de la Cordillera Blanca y probablemente de la Cordillera Negra, fue la formación del valle alto del río Santa, el cual fue profundizando más tarde por erosión.

En el resto de la región, el drenaje muestra un control estrecho por las estructuras pre-superficie Puna. Al producirse el levantamiento general andino, los ríos comenzaron a profundizar sus cauces, y las estructuras pre-existentes jugaron un papel importante en el desarrollo de sus valles.

c) Características Metalogénicas

La distribución de los yacimientos metálicos está comprendida dentro de la provincia metalogénica occidental, que abarca la subprovincia polimetálica de la Cordillera Occidental y el sector Intercordillerano.

Los distritos mineros comprenden fajas polimetálicas auríferas y depósitos de carbón asociadas a eventos magmáticos, relacionados al Batolito de la Cordillera Blanca.

En la faja polimetálica se puede distinguir una asociación mineralógica cobre, zinc, plomo, plata presentándose mayormente en estructura vetiformes con reservas de pequeña magnitud, existiendo reservas de carbón emplazadas en la Formación Chicama y en la base del Grupo Goyllarisquizga, presentándose mantos estratiformes de poco grosor de naturaleza antracítica.

Estos yacimientos no son explotados en forma industrial. Para el carbón, las áreas más prometedoras para el desarrollo están entre Caraz y Carhuaz, como entre Tarica y Sihuas (Corongo).

c.1) Características de la Mineralización

Las asociaciones mineralógicas de las áreas, mineralizadas son polimetálicas, siendo las principales de plomo_plata_zinc_cobre; tungsteno_cobre_plomo_plata y cobre_plomo_plata_hierro.

Las especies minerales que ocurren son las siguientes: de plomo_plata (galena argentífera), de zinc (esfalerita), de plata (argentita, pirargirita y proustita), de cobre (malaquita, crisocola, azurita, bornita, calcopirita, enargita y covelita) de antimonio (estibinita), de hierro (magnetita, hematita, arsenopirita, piritita y marcasita) y tungsteno (wolframita, hubnerita y wulfenita).

c.2) Distribución de los cuerpos mineralizados

En términos generales, los depósitos de minerales metálicos se localizan en zonas de fracturamiento desarrolladas tanto en rocas sedimentarias como volcánicas e intrusivas. Por lo regular, los depósitos son de relleno de fractura, de reemplazamiento y metasomáticos de contacto originados por soluciones hidrotermales procedente de magmas intermedios y/o ácidos.

El potencial minero metálico de la zona estudiada está circunscrito principalmente a lo largo de la Cordillera Negra, al sector de la cuenca del río Chuquicara y, en menor escala, a lo largo del flanco occidental andino, ocurriendo en cinco áreas mineralizadas: Recuay_Aija, Huaraz_Cerro Quellaycancha, Cerro Pajilla_Pallasca, Cerro Pucacruz_Cerro Patara y Lacramarca_Cerro Ichialicán.

De éstas, las tres primeras son las de mayor importancia porque de ellas provienen el mayor volumen de la producción, destacando en este sentido las minas Hércules, Tarugo, Jecanca, Santo Toribio, el agrupamiento de concesiones Pasto Bueno y Chuvilca.

c.3) Faja mineralizada de la Cordillera Negra

En esta se ubica la Cordillera Negra con un rumbo general de Noroeste Sureste con mineralización esencialmente polimetálica de plomo, plata, zinc y cobre presentándose en rocas sedimentarias mesozoicas y volcánicas terciarias (Grupo Calipuy), es muy común su asociación con pequeños stocks que en algún caso no afloran en superficie.

Los yacimientos generalmente se presentan en vetas tipos rellenos de fisuras u otros depósitos se presentan en diseminaciones y mantos, pero no son comunes en el área.

c.4) Faja mineralizada de la Cordillera Blanca

La mineralización característica de esta faja está constituida por plomo, plata, zinc y cobre; siendo característica su presencia en el contacto entre las rocas ígneas del Batolito de la Cordillera Blanca y la Formación Chicama, presentándose también en secuencias cretácicas como por ejemplo en las calizas de la Formación Santa.

Debe destacarse la presencia de Wolframio en la zona oriental de este Batolito que, se hace característico en la zona de Pallasca como por ejemplo en las minas "Mundo Nuevo" y "La Victoria", en donde se encuentra al Wolframio en asociación con el molibdeno.

Es importante anotar que en el flanco sur occidental del Batolito de la Cordillera Blanca, incluyendo gran parte del Callejón de Huaylas, existen grandes áreas que no evidencian mineralización superficial, lo cual no implica que sean zonas de menor importancia.

d) Glaciaciones y sus efectos

De acuerdo con Wilson y Reyes (1967), en esta región se reconocen dos principales glaciaciones: una Pleistocénica y la otra Holócenica. Los efectos de esta última, están mayormente restringidos a las partes altas de la Cordillera Blanca y el Macizo de Rosko, donde es común encontrar morrenas a altitudes de 4600 - 4800 msnm; ejemplo de ello, se encuentran en los flancos altos de los Nevados Huandoy y Matarrajo.

La glaciación Pleistocénica afectó grandes áreas de la Cordillera Occidental, especialmente a las Cordilleras Blanca y Negra, y toda la parte alta de la Cordillera Oriental.

En las partes altas de las Cordilleras Negra y Oriental se muestran abundantes ejemplos, relativamente pequeños de circos glaciares, valles en forma de "U", morrenas, lagunas y otros. En ambos casos, el límite inferior indicado por las morrenas, se encontraba cerca de 3400 msnm. En la Cordillera Blanca y sus alrededores, los efectos glaciares alcanzan su máximo desarrollo en cuanto a variedad y escala.

Los mayores efectos erosivos de los glaciares, son los valles profundos y estrechos que cortan esta cordillera, siendo los mejores ejemplos las quebradas Santa Cruz, Llanganuco y Honda.

El desnivel entre el fondo de estas quebradas y los picos de los nevados es de aproximadamente 2000 m. En algunos de estos valles, se encuentran lagunas llenando pequeñas cuencas erosionadas por los glaciares o represadas por morrenas. Los valles glaciares más importantes de la Cordillera Blanca, están asociados con fallas o zonas de fracturamiento.

El material derivado de la Cordillera Blanca, se depositó en los terrenos bajos adyacentes como morrenas y extensos mantos fluvio-glaciares. Las morrenas son abundantes al pie del flanco Occidental de la cordillera (Quebrada Honda, Llanganuco, etc.). Se aprecia el mismo fenómeno en menor escala, en el flanco Oriental.

Los mantos fluvio-glaciares están mayormente restringidos al pie de monte, entre la Cordillera Blanca y el río Santa, donde alcanzan un desarrollo extenso; consisten principalmente de gravas y arenas poco consolidadas.

e) Características Geoambientales

Los factores Geoambientales en esta cuenca son muy importante tenerlos en cuenta por el alto nivel de riesgo para el medio ambiente que ellos representan, tal es el caso de las condiciones geomórficas, procesos erosivos variados, composición litológica y alta sismicidad registrada en la región.

Las geoformas de la cuenca son fundamentalmente del tipo, cordilleras altas y un fondo de valle orientado de Nooeste a Sureste. La unidad de Cordillera presenta elevaciones sobre los 5000 msnm y pendientes altas que condicionan cualquier actividad especialmente a la actividad minera, ocasionado por el gran movimiento de recursos geológicos que en algunos casos llegan a originar inestabilidad de los terrenos.

Los procesos de erosión son de carácter variado e intenso principalmente en la zona alta debido a la presencia de depósitos morrénicos en la denominada Cordillera Blanca. También es de considerar la actividad erosiva del río Santa en el período lluvioso de diciembre a marzo, especialmente en el área baja e intermedia, afectando a sectores de litología inestable y fracturada por el tectonismo de la cuenca.

La sismicidad de la cuenca es considerada como un factor de alto riesgo para toda actividad minera que se involucre en el área si es que no se toman las precauciones del caso, especialmente en la infraestructura minera como es el caso específico de los depósitos de relaves abandonados e incluso los activos.

5.2) GEOLOGÍA LOCAL

La geología de la cuenca del Río Boca Cabana se muestra en el Plano N° 2, la columna estratigráfica del río Tablachaca (nivel regional) se observa en la Figura N° 5.1 y la columna estratigráfica del río Boca Cabana (nivel local) se muestra en la Figura N° 5.2.

5.2.1) Formaciones Geológicas

Los Grupos y Formaciones presentes en los cuadrángulos mencionados, pertenecientes a la cuenca del Río Boca Cabana son las siguientes:

a) Formación Chicama

La Formación pertenece al Titoniano. Esta Formación consiste en grosores considerables de lutitas y areniscas finas. No hay afloramientos de la base pero se supone discordantemente sobre el Grupo Pucará y formaciones más antiguas. Infrayace en discordancia paralela a la Formación Oyón. Es difícil medir su grosor verdadero debido a sus complicadas estructuras y los sobreescurrecimientos; pero se estima que esta entre 800m y 1000m.

Se considera estos afloramientos extensos, son productos de factores estructurales considerando la tectónica del área. Las lutitas de esta Formación que se intercalan con areniscas son piritosas con nódulos ferruginosos, siendo más arenosas en el sector oriental.

b) Formación Chimú

Se encuentra en el Neocomiano y Valanginiano. Conformado por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas, con mantos de carbón, sobreyaciendo a la Formación Oyón e infrayaciendo a la Formación Santa con una ligera discordancia.

El grosor variable es de 150m a 400m y esencialmente comprende dos miembros, el inferior que consiste en areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillita, con presencia de mantos de carbón; el miembro superior está compuesto de capas macizas de cuarcitas blancas grisáceas con escasas capas de arcillitas.

El miembro superior representa las unidades más prominentes de la región de 100m a 300m de cuarcitas blancas conteniendo en muchos casos, carbón antracítico.

c) Formación Santa

Esta Formación pertenece al Valanginiano. Consiste de 100m a 380m de calizas y arcillitas calcáreas que sobreyacen a la Formación Chimú e infrayacen a la Formación Carhuaz, ambos contactos con discordancia paralela.

d) Formación Carhuaz

Se encuentra en el Aptiano y el Albiano inferior. Consiste en aproximadamente 500m de arenisca y arcillitas en discordancia sobre la Fm. Santa y se encuentra infrayaciendo al Grupo Calipuy también de edad Cretácica

La litología de esta Formación consiste en areniscas y cuarcitas finas marrones en capas delgadas con abundantes intercalaciones de arcillitas, en algunas áreas se encuentran intercalaciones de conglomerados, principalmente en la parte superior de la Formación. Las intercalaciones de caliza y yeso son comunes en la base de la Formación.

e) Grupo Calipuy

El Grupo Calipuy pertenece al Cretáceo superior. Conocido también como volcánicos Calipuy, esta unidad suprayace a secuencias cretáceas en discordancia angular, estando el tope generalmente erosionado, su grosor se estima mayor a 2000 m.

Las rocas del Grupo Calipuy son mayormente tobas, piroclastos gruesos, aglomerados, lavas, cuerpos intrusivos subvolcánicos, su composición varía de andesítica-dacítica a riolítica.

Este Grupo presenta dos unidades:

e.1) Calipuy Inferior: Consiste en rocas piroclásticas gris verdosas, púrpuras a marrón rojizas, bien estratificadas y con niveles de limoarcillas grises.

e.2) Calipuy Superior: Son capas gruesas resistentes que corresponden a aglomerados, brechas de colores verde grisáceos, marrón rojizo y algunas lavas porfiríticas.

f) Depósitos Cuaternarios

Sobreyaciendo a todas las unidades descritas se encuentran depósitos cuaternarios siendo los más importantes los fluvioglaciares, en los que están incluidos las morrenas que son extensos mantos de arena y gravas, además de estos se puede encontrar depósitos aluviales, eluviales, coluviales, coluvio-aluviales y deluviales.

f.1) Depósitos Fluvioglaciares: están compuesta por fragmentos de rocas angulosas de diferente composición litológicas, se encuentran ubicados en la parte más alta de la cuenca.

f.2) Depósitos Aluviales: consisten en acumulaciones de cantos redondeados de composición litológica variable, puede encontrarse en varios lugares de la cuenca.

f.3) Depósitos Eluviales: estos depósitos son también denominados insitu, se originan por la meteorización de la roca, en el caso de esta cuenca pueden provenir de rocas volcánicas, intrusivas, clásticas y calcáreas.

f.4) Depósitos Coluviales: estos depósitos presentan material anguloso y se generan por acción de la gravedad, ubicándose en algunas laderas y colinas de mediana a alta pendiente.

f.5) Depósitos Coluvio-Aluviales: estos depósitos presentan materia heterogéneo y están ubicados en las quebradas de la cuenca.

f.6) Depósitos Deluviales: estos depósitos son generalmente de material fino y se encuentran tapizando varias laderas y colinas, generalmente en la parte media y baja de la cuenca.

5.2.2) Rocas Ígneas y Metamórficas

La exposición de rocas intrusivas abarca alrededor de 1500 Km², se caracteriza por presentar una topografía accidentada, sin embargo los cerros formado por rocas intrusivas, presentan contornos más suaves que los que se encuentran en rocas volcánicas.

La roca intrusiva ampliamente difundida es la granodiorita que se presenta como extensos plutones, además se encuentran granitos y diques de andesita.

a) Granodiorita

Un afloramiento de granodiorita se reconoce en la parte occidental del área, otra parte se encuentra al este de los pueblos, Tauca, Llapo y Cabana, este cuerpo intrusivo se prolonga hasta la Cordillera Blanca.

Además de estos afloramientos mayores existen pequeños stocks dispersos en la parte central del área, atravesando formaciones del Cretáceo superior y volcánicos Calipuy. En profundidad todos estos afloramientos de rocas intrusivas probablemente constituyen una unidad del Batolito Andino.

En roca fresca la fractura es de color gris claro textura equigranular holocristalina hipidiomórfica y de grano grueso a medio. Entre sus minerales esenciales se reconocen a simple vista cuarzo, plagioclasa y algo de ortosa, bastante hornblenda y poca biotita.

En algunos caso aflora con una estructura porfidítica, especialmente donde los fenocristales de plagioclasa alcanzan 5cm de longitud. La granodiorita en muchos casos presentan transiciones graduales tanto diorita y diorita cuarcífera como también a monzonita.

En algunas zonas la granodiorita se encuentra afectada por sistemas de fracturas que producen una disyunción tabular y en otros lugares presenta disyunción esferoidal.

b) Granito

Este tipo de roca se encuentra principalmente en forma de diques. Se han encontrado numerosos diques de granito cortando a la formación Chicama.

El granito es de color blanco grisáceo a rojizo de textura granular. El cuarzo y la ortosa se presentan algunas veces en cristales bien desarrollados y la biotita en agregados más pequeños, como accesorio presentan también granos de magnetita. Estos diques son cortos y de orientaciones variables.

c) Andesita

Los diques de andesita se encuentran a la granodiorita. Sistemas de diques de esta clase con orientación N-S se encuentran abundantemente esparcidos en el cuerpo del batolito en la parte sur de Santa Rosa.

d) Metamorfismo producido por las intrusiones

El emplazamiento de los intrusivos ha producido en las rocas huéspedes diversos grados de metamorfismo termal.

La aureola metamórfica tiene anchos variables según la naturaleza de la roca intruida y el tamaño de las intrusiones. Los efectos más pronunciados se manifiestan en las lutitas Chicama, las que se han transformado a pizarras chistólicas.

En otros casos estas pizarras se presentan sin relación visible con rocas intrusivas, lo cual hace suponer la existencia de masas ígneas cerca de la superficie, se hace notar por la presencia de los estratos en dichos lugares.

Las cuarcitas Chimú cerca al contacto de los intrusivos se presentan decoloradas y más duras, cerca al pueblo de Tauca.

Es probable que el magma haya afectado en cierto grado la composición y condiciones físicas de los mantos de carbón que se encuentran dentro de las cuarcitas Chimú.

El volcánico Calipuy a lo largo del contacto con los cuerpos intrusivos muestra una débil silicificación y piritización así como también decoloraciones. Las rocas volcánicas debido a la silicificación se han vuelto más densas y duras.

En algunos sitios se notan xenolitos de roca volcánica parcialmente digeridas por el magma así como núcleos de minerales básicos posiblemente originados por segregaciones del magma.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO TABLACHACA

Era	Sistema	Serie	Unidad	Espesor (m)		Litología	Descripción Litológica	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales, Coluviales y Fluvio Glaciares				Están compuestos principalmente por morrenas, terrazas fluvio-glaciares, además de extensos mantos de arena y gravas.	
	Terciario	Eoceno	Gpo. Calipuy	Roca Intrusiva	2000		Tobas, Piroclastos, lavas e intrusivos sub-volcánicos de composición andesítica-dacítica a riolítica.	
		Paleoceno	Fm. Huaylas		350		Conglomerados, areniscas grises y lodolitas gris verdosas a rojizas.	
Mesozoico	Cretaceo	Superior	Fm. Celendín	Fm. Chota	500	250		Areniscas, lutitas y conglomerados rojos
			Fm. Jumasha		800			
			Fm. Pariatambo		100		Margas y lutitas negras con intercalaciones de calizas y algunos derrames volcánicos de litología basáltica.	
			Fm. Chulec		50		Calizas en grosores medios, margas y lutitas calcáreas con abundante fauna fósil.	
			Fm. Pariahuanca		100		Calizas macizas en estratos medianos, lutitas y margas	
	Cretaceo	Medio Inferior	Fm. Farrat	Fm. Goyllarisquizga	200	350		Areniscas conglomerádicas intercaladas con lutitas
			Fm. Carhuaz		500			
			Fm. Santa		350			
			Fm. Chimú		400			
	Jurásico	Superior	Fm. Oyón		250		Areniscas gris a gris oscura, carbonosas, de grano fino a medio, intercalado con lutitas y limolitas gris oscuras.	
Gpo. Chicama			800		Grososores considerables de lutitas y areniscas finas; las lutitas son piritosas con nódulos ferruginosos.			

Figura N° 5.1

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA

Era	Sistema	Serie	Unidad	Espesor (m)	Litología	Descripción Litológica
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales y Coluviales			Están compuestos principalmente por morrenas, terrazas fluvioglaciares, además de extensos mantos de arena y gravas.
	Terciario	Paleógeno	Gpo. Calipuy	2000		Tobos, Piroclastos, lavas e intrusivos sub-volcánicos de composición andesítica-dacítica a riolítica.
Mesozoico	Cretáceo	Medio Inferior	Fm Carhuaz	500		Areniscas y cuarcitas finas marrones en capas delgadas con abundantes intercalaciones de lutitas.
			Fm. Santa	350		Principalmente esta compuesta de calizas y lutitas calcáreas.
			Fm. Chimú	400		Cuarcitas y areniscas con intercalaciones de lutitas y mantos de carbón.
	Jurásico	Superior	Gpo. Chicama	800		Grososores considerables de lutitas y areniscas finas; las lutitas son pirritosas con nódulos ferruginosos.

Afloramiento de Granodivrita

Figura N° 5.2

5.3) METALOGENIA

Las minas ubicadas en esta subcuenca se encuentran abandonadas, sin embargo podrían generar contaminación en el agua y en el suelo. El listado y la ubicación de las minas de la cuenca se presenta en la Tabla N° 5.1 y en el Plano N° 3.

(1) Mina Ogopito

Se localiza en el distrito de Bolognesi, en general se extraían minerales de: Wolframio. Presenta una forma irregular; se trata de tres estructuras principales emplazadas en rocas calizas y lutitas. La mineralización está constituida principalmente por cuarzo masivo que ha rellenado totalmente las estructuras. Las rocas dominantes en el área del yacimiento son estratos de calizas y lutitas que sobreyacen en un intrusivo granodiorítico.

(2) Mina Santísima Cruz de Pedro Urraca

Localizada en el distrito de Cabana, comúnmente se extraían minerales de: Oro y Plata. Presenta forma de vetas; la mina comprende una veta principal de cuarzo aurífero entre pizarras negras, la veta tiene un ancho variable entre 20 y 30 cm. En el área del yacimiento existen pizarras negras.

(3) Mina Huamayara

Se encuentra ubicada en el distrito de Cabana, principalmente se extraían minerales de: Oro y Plata. Presenta una forma irregular, como minerales de alteración presenta caolín y sericita. Se trata de tres fracturas preexistentes dentro de la intrusión granodiorítica cuyos afloramientos son escasamente observados, el relleno de las estructuras está constituido por la roca encajonante alterada, dentro del cual se observan lentes y vetillas. En la zona se aprecian afloramientos de granodiorita, mas al extremo norte se presenta una secuencia apreciable de lutitas pizarrosas pertenecientes a la Formación Chicama, también la sobrecarga de material aluvial, los pastos y arbustos naturales.

(4) Mina Sucará

Está ubicada es en el distrito de Cabana, principalmente se extraían minerales de: Oro y Plata. Muestra una forma irregular. Se encuentra en una zona de intrusivo granodiorítico.

(5) Mina Beatriz

Se encuentra ubicada en el distrito de Cabana, comúnmente se extraían minerales de: Cobre y Oro. La alteración principal es la oxidación; el yacimiento está formado por tres vetas principales: vetas Vista Alegre, Bandera y Rincón Piticocha, la primera tiene un rumbo de S80°W buzando 40°E y con potencia de 3.0 m. La zona está constituida por pizarras dispuestas en capas inclinadas hasta los 30°, por la ocurrencia de disturbios litológicos que ocasionaron plegamientos anticlinales y sinclinales, esta secuencia ha sufrido diferentes intrusiones de diques graníticos.

(6) Mina La Verde

Se encuentra ubicada en el distrito de Cabana, principalmente se extraían minerales de: Oro y Plata. Presenta forma tabular, la alteración principal es la silicificación. La roca predominante en la zona es la granodiorita.

(7) Mina Joya

Está ubicada en el distrito de Tauca, principalmente se extraían minerales como oro nativo, asociado a los sulfuros. Tiene una forma irregular, la alteración principal es la oxidación, el yacimiento tiene verticalmente dos zonas perfectamente definidas: la superior de oxidación y enriquecimiento y debajo la sulfurada o primaria. La mina se encuentra enclavada en el centro de un gran arco, formado por paquetes pizarrosos, al pie de Cabana, entre campos de cultivo; estas pizarras constituyen la roca predominante, extendiéndose desde Tauca hasta Cabana y prolongándose al norte.

(8) Mina Carolina

Se ubica en el distrito de Tauca, por lo común se extraían minerales de: Oro y Plata. Presenta forma de vetas, el yacimiento está formado por tres vetas mineralizadas llamadas: Montecristo, Berlin y Milagrosa; la veta Montecristo es una fisura de relleno en forma de manto caso horizontal, emplazada en rocas fuertemente alteradas (andesitas).

(9) Mina Montecristo

Se encuentra ubicada en el distrito de Tauca, generalmente se extraían minerales de: Oro, Plomo y Plata. Muestra una forma irregular, se trata de un manto cuyo relleno está formado por minerales oxidados de hierro y arsénico, arsenopirita y pirita en menor proporción, dentro de una ganga de cuarzo con caolín. La región está caracterizada por la existencia de potentes paquetes sedimentarios de pizarras generalmente negruscas, alternados con uno que otro manto de cuarcita.

(10) Mina Rosa

Se localiza en el distrito de Cabana, principalmente se extraían minerales de: Oro y Cobre. Presenta forma tabular, La alteración principal es la oxidación, el yacimiento está formado por tres vetas principales: vetas Vista Alegre, Bandera y Rincón Piticocha, la primera tiene un rumbo de S 80°W buzando 40°E y con potencia de 3.5 m. La zona está constituida por pizarras dispuestas en capas inclinadas hasta lo 30°, por la ocurrencia de disturbios litológicos que ocasionaron plegamientos anticlinales y sinclinales, esta secuencia ha sufrido diferentes intrusiones de diques graníticos.

(11) Depósito Río Negro

Se ubica en el distrito de Cabana, principalmente se extraían minerales de: Carbono. Tiene forma de mantos; el yacimiento consta de 4 mantos denominados localmente "El Rey", "La Reina", "La Princesa", "El Príncipe".

MINAS DE LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA

N°	E-UTM WGS-84	N-UTM WGS - 84	ZONA WGS - 84	NOMBRE	UBICACIÓN - DISTRITO	ELEMENTO
1	163730	9076552	18 S	MINA OGOPITO	BOLOGNESI	W
2	173147	9076660	18 S	MINA SANTISIMA CRUZ DE PEDRO URRACA	CABANA	AU, AG
3	170213	9075350	18 S	MINA HUAMAYARA	CABANA	AU, AG
4	176352	9075687	18 S	MINA SUCARA	CABANA	AU, AG
5	182792	9074412	18 S	MINA BEATRIZ	CABANA	CU, AU
6	179403	9074087	18 S	MINA LA VERDE	CABANA	AU, AG
7	176656	9067704	18 S	MINA JOYA	TAUCA	AU
8	170391	9067626	18 S	MINA CAROLINA	TAUCA	AU, AG
9	168967	9068676	18 S	MINA MONTECRISTO	TAUCA	AU, AG, PB
10	171526	9067740	18 S	MINA ROSA	TAUCA	AU, CU
11	164795	9069710	18 S	DEPÓSITO RÍO NEGRO	TAUCA	C

Estas minas actualmente se encuentran abandonadas.

6) HIDROLOGÍA Y PLUVIOMETRÍA

6.1) HIDROLOGÍA

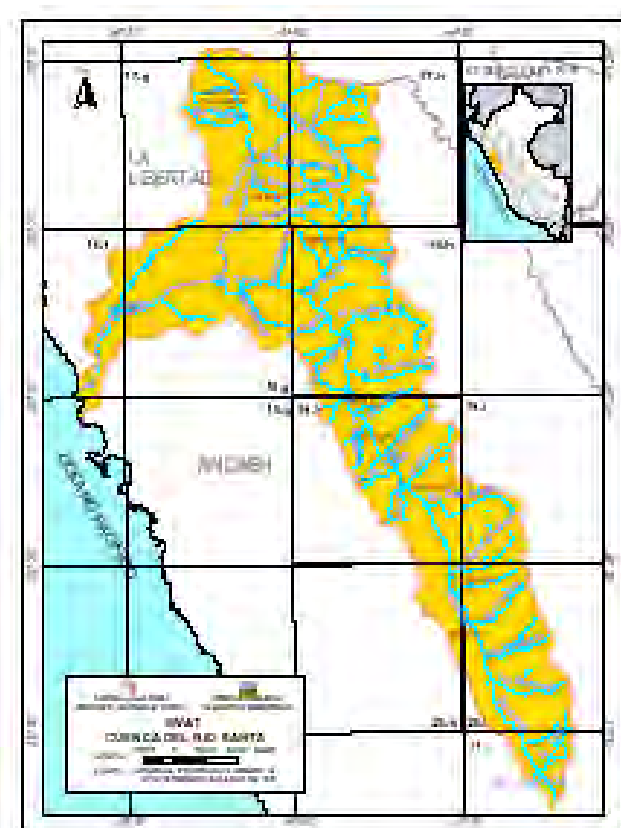
El Río Boca Cabana es uno de los principales afluentes del Río Tablachaca, el cual a su vez es afluente del Río Santa, una de los ríos más grandes de la cuenca del Pacífico. Los ríos regionalmente más importantes, son aquellos que pertenecen tanto a la cuenca del Río Santa como a la cuenca del Río Tablachaca.

6.1.1) Río Santa

El río Santa, lugar donde desemboca el río Tablachaca, se puede observar en la Figura N° 6.1. El río Santa nace en la laguna de Conococha a 4100 msnm, recorre el Callejón de Huaylas, cruza la cordillera negra a través del Cañón del Pato, para dirigirse al encuentro del río Tablachaca, llegando posteriormente al distrito de Santa y desembocar en el Océano Pacífico, en la zona del río Tablachaca tiene un caudal medio anual de 142.9 m³/seg. El río Santa tiene los siguientes afluentes:

- Río Qda. De Tuco
- Río Pachacoto
- Río Yanayaru
- Río Olleros
- Río Quebrada Quellcayhuanca
- Río Ampu
- Río Buin
- Río Quebrada Santo Toribio
- Río Ranrahirca
- Río Quebrada Huashca
- Río Llullan
- Río Quebrada de Santa Cruz
- Río Quebrada Huaylas
- Río Quitaracsca
- Río Tambo
- Río Manta
- Río Chunyay
- Río Quihuay
- Río Tablachaca

Figura N° 6.1
Cuenca del Río Santa



6.1.2) Río Tablachaca

El río Tablachaca conocido también como río Chuquicara por los lugareños, debido a que en este lugar se encuentra la desembocadura de este río al río Santa y conocido también como río Negro, el cual es su color característico; este río se ubica en la parte norte de la cuenca del río Santa, su cuenca abarca los territorios de las provincias de Pallasca y Santiago de Chuco, desde una altitud que va de los 4250 msnm en su parte más alta, hasta 750 msnm en su desembocadura. Tiene un caudal medio anual de 22.05 m³/seg.

Tiene su origen en la laguna Pelagatos, aunque se le llama también río Pampas desde la laguna Pelagatos hasta el encuentro con el río Conchucos, posterior a este cruce si mantiene el nombre de río Tablachaca hasta su desembocadura en el río Santa.

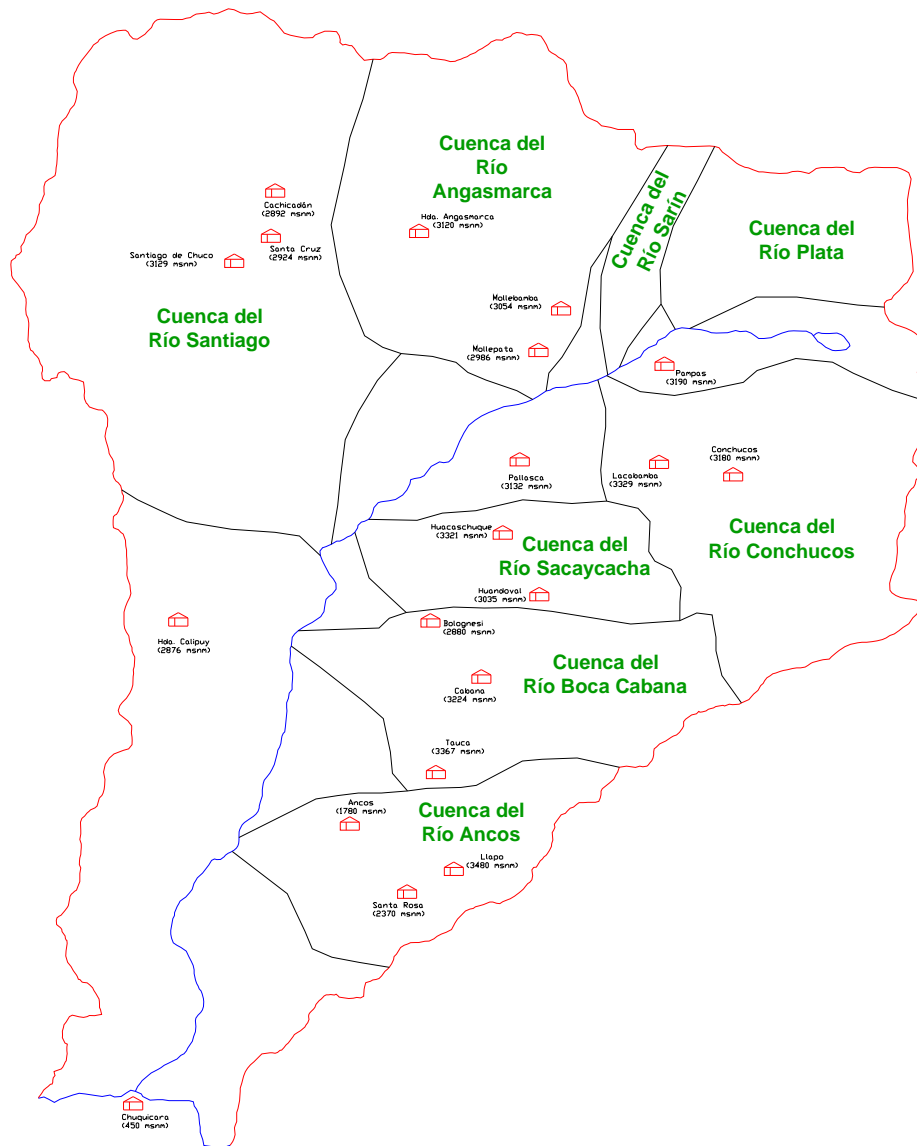
Al río Tablachaca se le considera contaminado porque en sus nacientes se tienen gran cantidad de mineras que producen Tungsteno, como también recuperan oro por lixiviación. a partir de su cauce medio presenta actividad minera aluvial pequeña escala y solo en épocas posteriores a la precipitación pluvial; a estos pequeños mineros se les llama " Playeros ". Se instalan por tramos lavando las gravas en canaletas (Stuicas), el concentrado final es procesado usando amalgama (Hg).

En esta cuenca existen también yacimientos carboníferos paralizados como Cocabal y la Galgada; aunque la Galgada actualmente se encuentra realizando actividades de extracción. A continuación se tienen sus principales afluentes con su ubicación con respecto al río Tablachaca, desde su inicio hasta Chuquicara (lugar donde el río Tablachaca desemboca en el río Santa).

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - Río Plata (mg. izquierda) | - Río Santiago (mg. derecha) |
| - Río Sarín (mg. derecha) | - Río Chorobal (mg. derecha) |
| - Río Conchucos (mg. izquierda) | - Río boca de Cabana (mg. izquierda) |
| - Qda. Pato Seco (mg. izquierda) | - Qda. Morín (mg. derecha) |
| - Río de Angosmarca (mg. derecha) | - Río Ancos (mg. izquierda) |
| - Qda. Huacangoy (mg. derecha) | - Qda. de la Fila Morada (mg. derecha) |
| - Qda. Carhuachique (mg. derecha) | - Qda. de los Callejones (mg. izquierda) |
| - Río Sacaycacha (mg. izquierda) | - Qda. de Los Algarrobitos (mg. izquierda) |

Las subcuencas del río Tablachaca se muestran en la Figura N° 6.2. En la Tabla N° 6.1, la Figura N° 6.3 y la Figura N° 6.4; se observan datos geográficos de las subcuencas, así como también los caudales medios anuales.

Figura N° 6.2
Cuenca del río Tablachaca y sus subcuencas



DATOS GEOGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL RÍO TABLACHACA

Afluente	Caudal Medio Anual (metros ³ / Seg)	Longitud (Km)	Área de la Cuenca (Km ²)	Cota Superior (msnm)	Cota Inferior (msnm)
Laguna de Pelagatos	0	0	23.4	4250	4250
Río Plata	1	20	121	4400	3100
Río Sarín	0.8	16	60	4100	2180
Río Conchucos	3.1	28	365	4260	2150
Río Angasmarca	3.2	30	332	4100	1950
Río Sacaycacha	1.2	25	182	4150	1550
Río Santiago	7.3	42	707	4070	1450
Río Boca Cabana	1.5	35	271	4600	1300
Río Ancos	0.5	26	173	4500	1050
Río Tablachaca	22.05	90	3073	4250	750

DATOS GEOGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL RÍO TABLACHACA

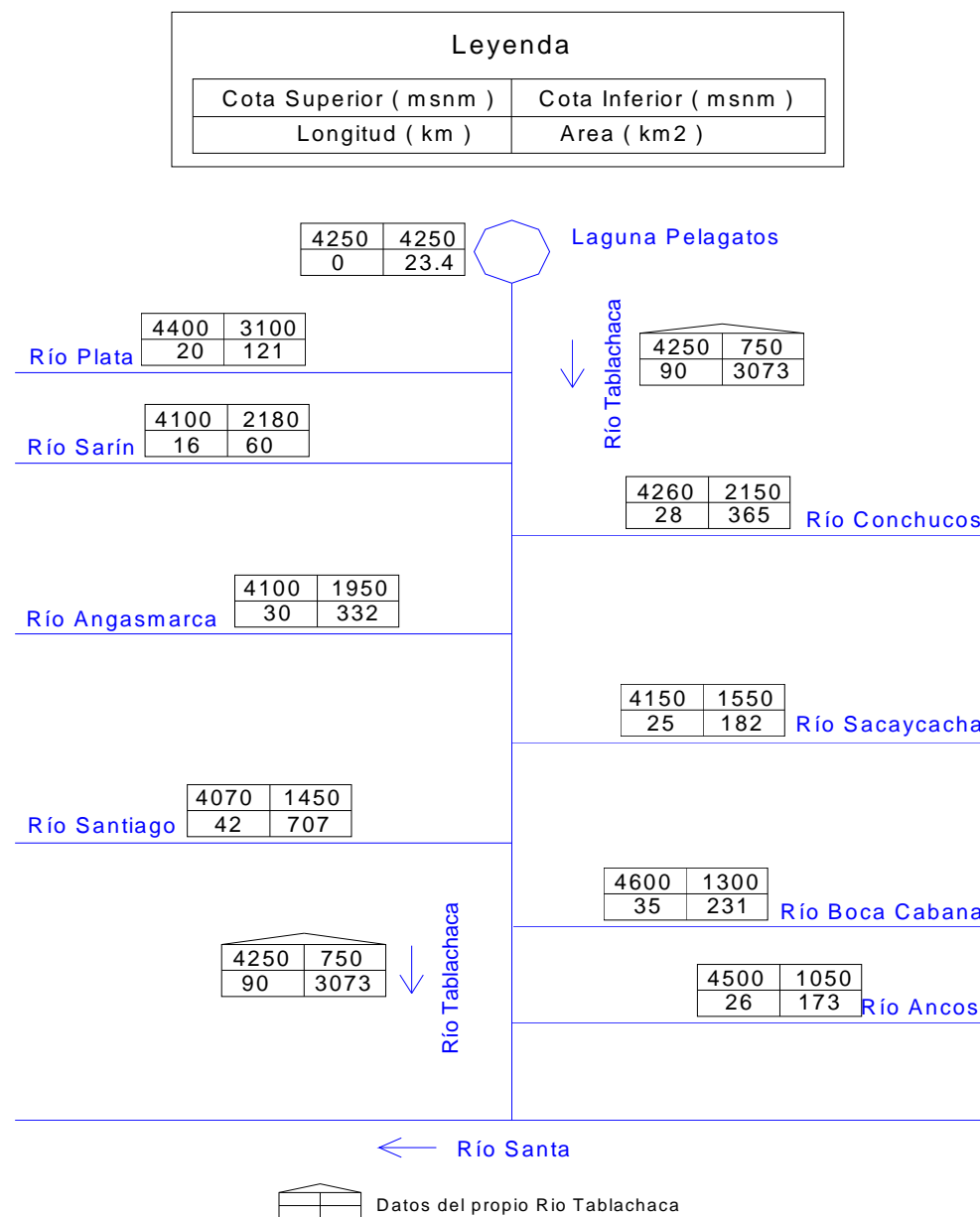


Figura N° 6.3

CAUDALES MEDIOS ANUALES DE LA CUENCA DEL RÍO TABLACHACA

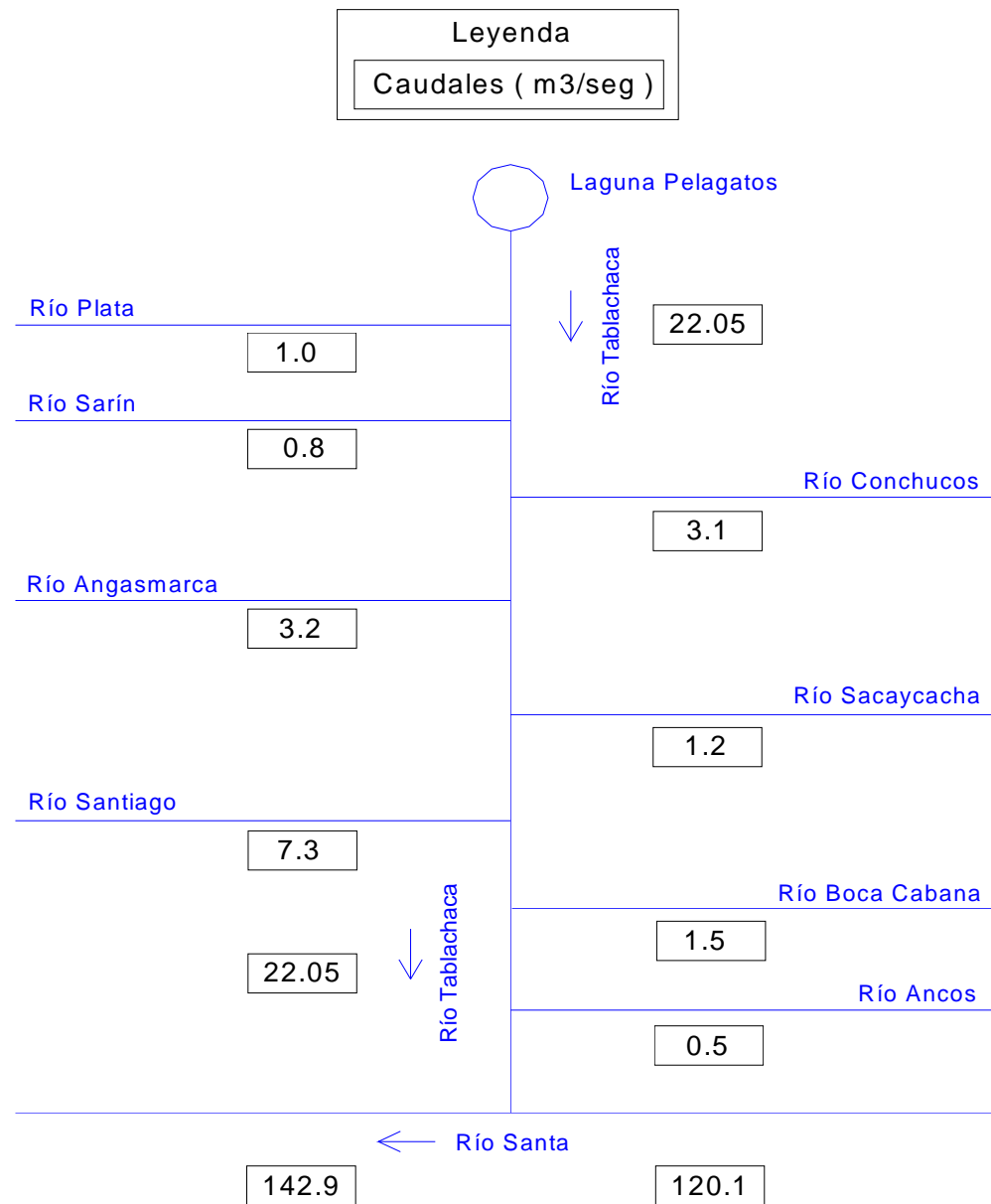
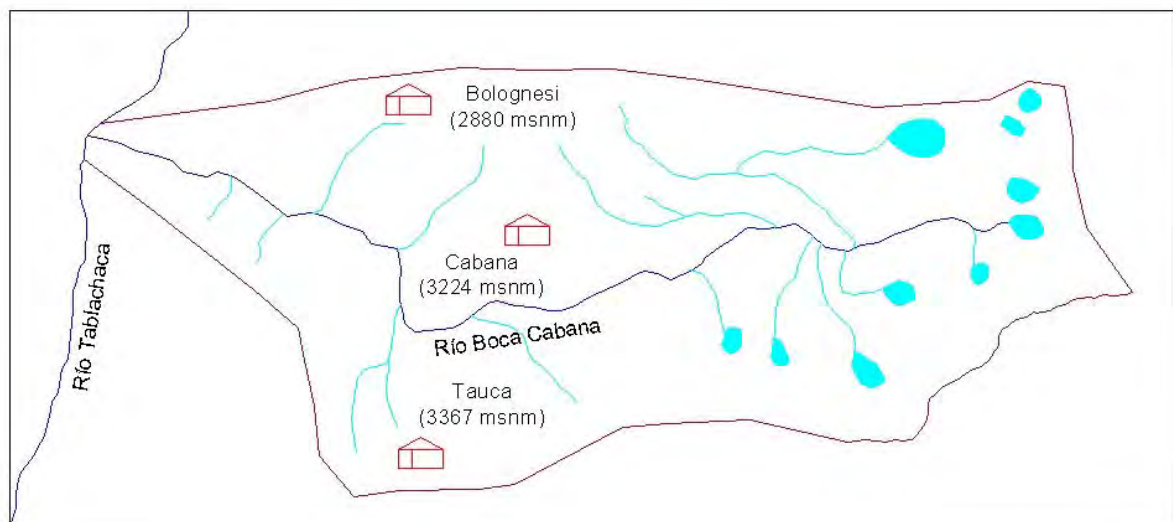


Figura N° 6.4

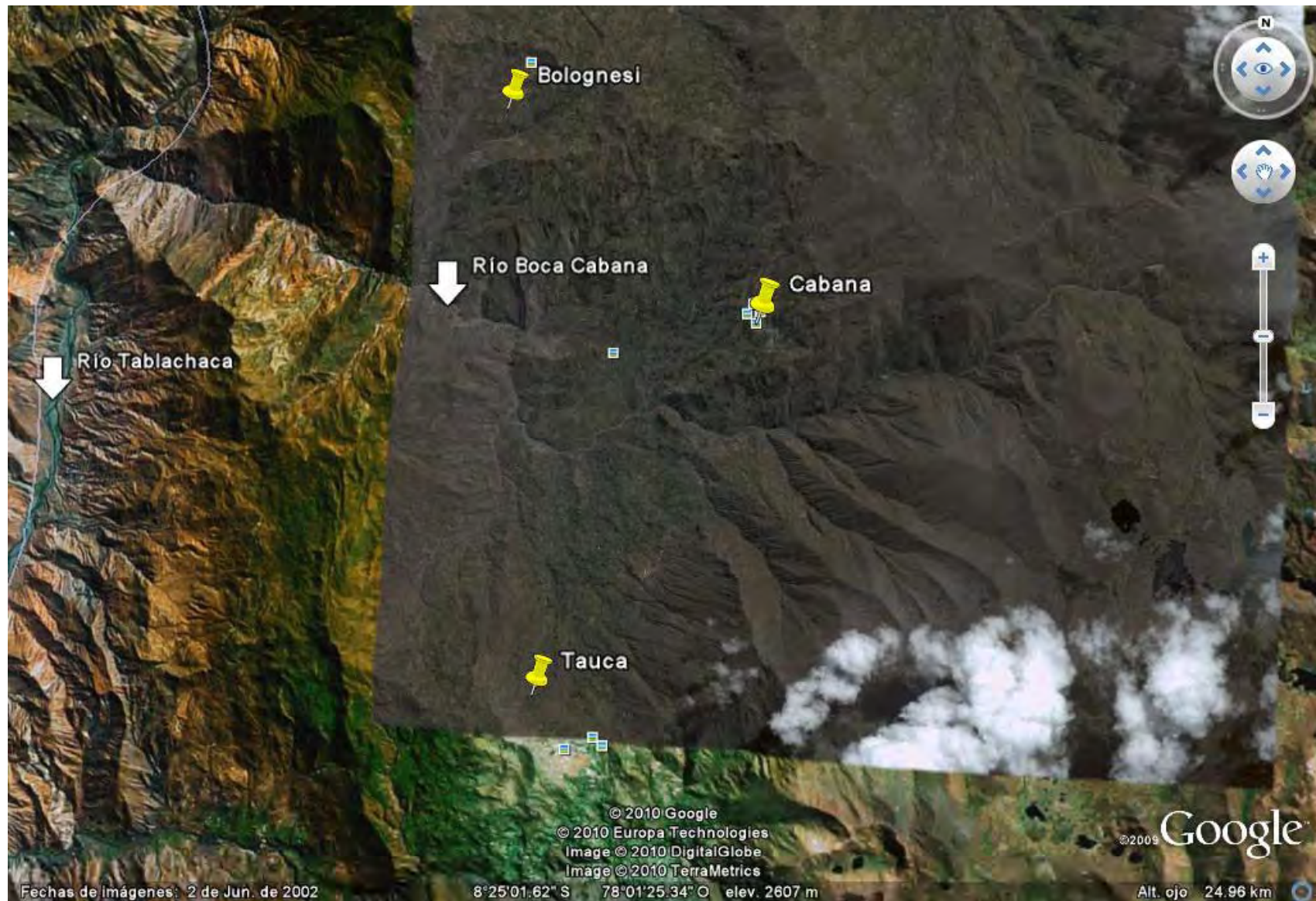
6.1.3) Río Boca Cabana

La cuenca del Río Boca Cabana se encuentra en la provincia de Pallasca, tiene un área aproximada de 231 km² y una longitud de 35 km. Sus cotas van desde 4600 msnm en su origen, hasta 1300 msnm en su desembocadura en el Río Tablachaca. Los principales lugares poblados de la zona son Bolognesi, Cabana y Tauca. Tiene un caudal medio anual de 1.5 m³/seg. La cuenca del río Boca Cabana se puede observar en la Figura N° 6.5 y en la Fotografía N° 6.1; además la hidrografía de la cuenca puede ser observada en el Plano N° 4.

Figura N° 6.5
Cuenca de Río Boca Cabana



Fotografía Satelital de la Cuenca del Río Boca Cabana



Fotografía N° 6.1

6.2) PLUVIOMETRÍA

La precipitación, entendida como toda forma de humedad que llega a la superficie terrestre, constituye la principal fuente de alimentación hídrica de una cuenca. La variación cuantitativa en el tiempo y en el espacio está fuertemente condicionada por las condiciones climáticas de la zona y el cambio climático, en tal sentido el análisis pluviométrico se centra en la caracterización de su evolución en el tiempo (mensual, anual y multianual) y en el espacio.

Regionalmente se encuentran 3 estaciones pluviométricas las cuales se ubican en los distritos de Santiago de Chuco, Cachicadán y Mollepata, todas ellas pertenecientes a la provincia de Santiago de Chuco, en el departamento de La Libertad. Los datos de estas 3 estaciones se ubicadas en la cuenca del Río Tablachaca se encuentran en la Tabla N° 6.2, Figura N° 6.6, Figura N° 6.7 y Figura N° 6.8.

Tabla N° 6.2
Estaciones Pluviométricas

Estación	Altitud	Este UTM	Norte UTM	Zona
Santiago de Chuco /000436/DRE-03	3129 msnm	812251	9099868	17
Cachicadán /154103	2901 msnm	814115	9103545	17
Mollepata /154106/DRE-03	2726 msnm	173082	9094228	18

Estación Pluviométrica de Santiago de Chuco

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1971	64.4	107.7	236.3	43.2	10.7	22.7	5.8	6.2	7.0	61.3	53.5	139.8
1980	62.9	18.0	100.9	24.3	5.0	3.2	0.0	10.6	0.0	101.4	76.7	76.4
1986	154.0	54.6	114.5	110.1	28.4	1.3	8.4	13.0	10.4	8.8	49.9	115.2

Precipitación Total Mensual (mm), Fuente: Senamhi.

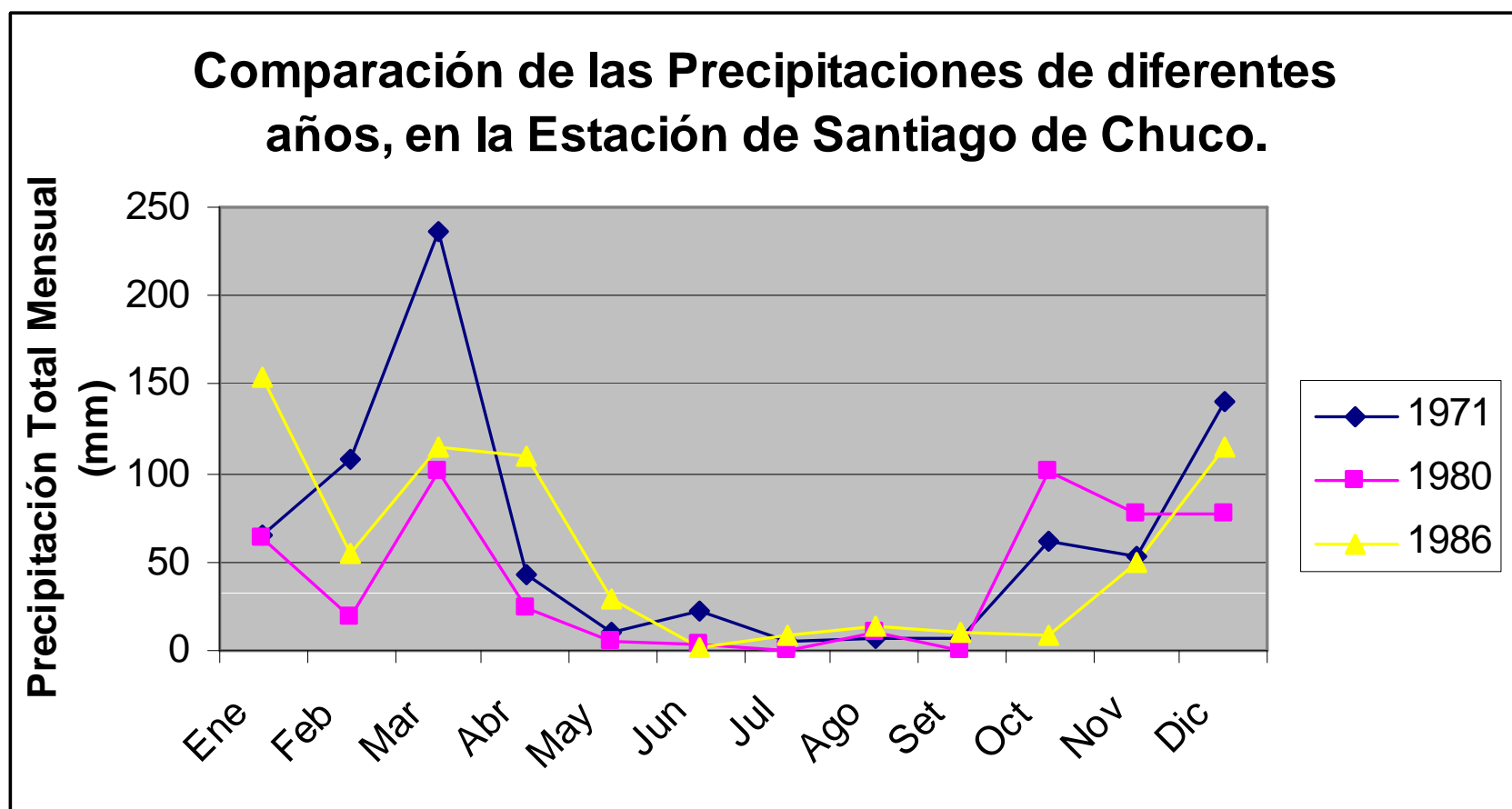


Figura N° 6.6

Estación Pluviométrica de Cachicadán

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1985	101.2	119.0	144.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.6	104.8	44.0	71.2
1996	232.1	242.5	214.7	133.9	13.5	11.4	2.4	0.0	13.0	90.0	31.9	59.6
2005	88.9	98.3	246.9	108.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0	25.5	76.6

Precipitación Total Mensual (mm), Fuente: Senamhi.

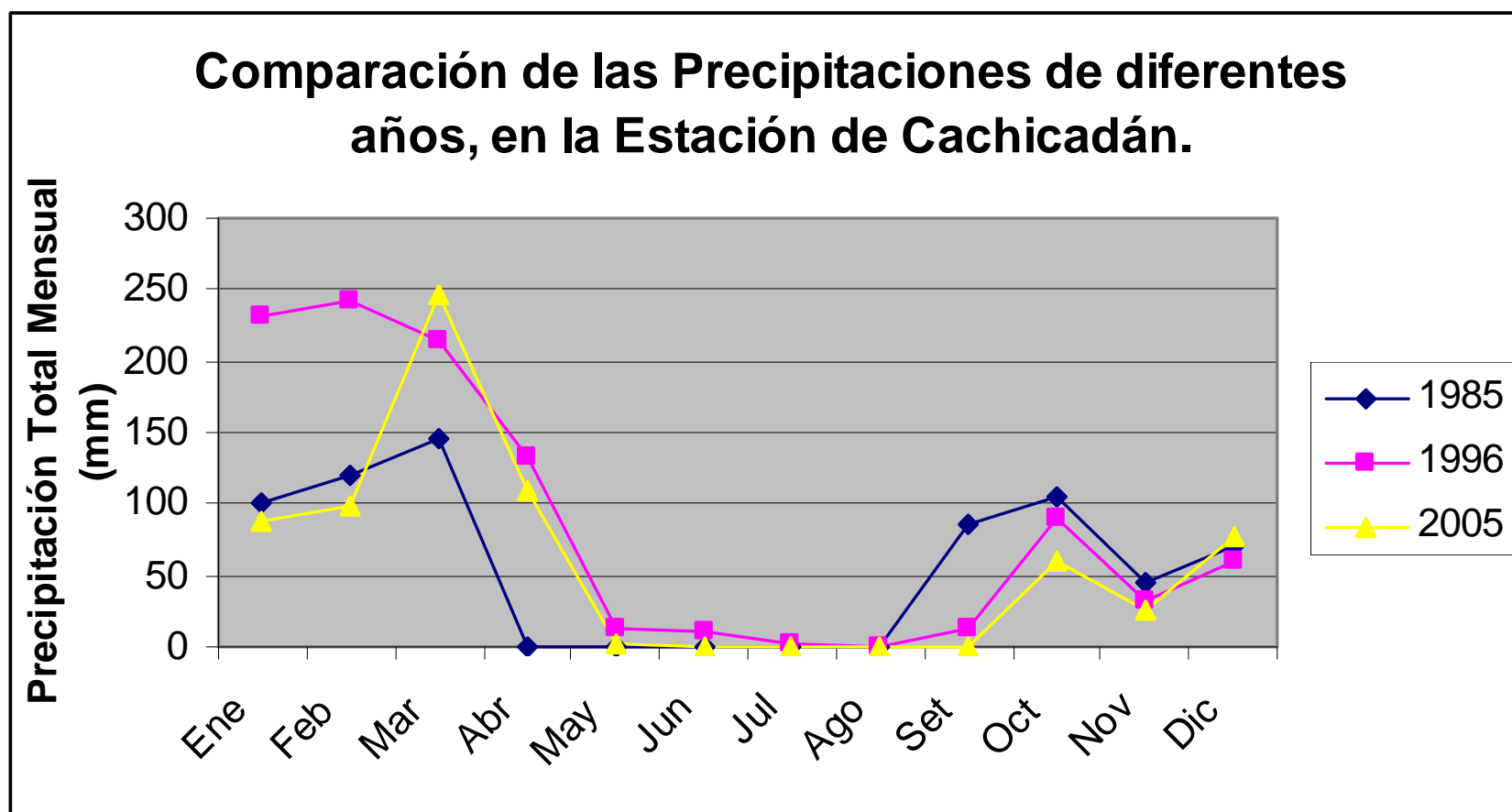


Figura N° 6.7

Estación Pluviométrica de Mollepata

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1971	86.7	36.7	0.0	45.3	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	94.7	90.5	31.6	44.5	3.9	7.0	0.0	0.0	21.7	15.0	66.5	146.9
1986	48.0	86.7	85.1	41.2	10.2	7.4	1.8	0.0	13.0	19.9	33.4	94.7

Precipitación Total Mensual (mm), Fuente: Senamhi.

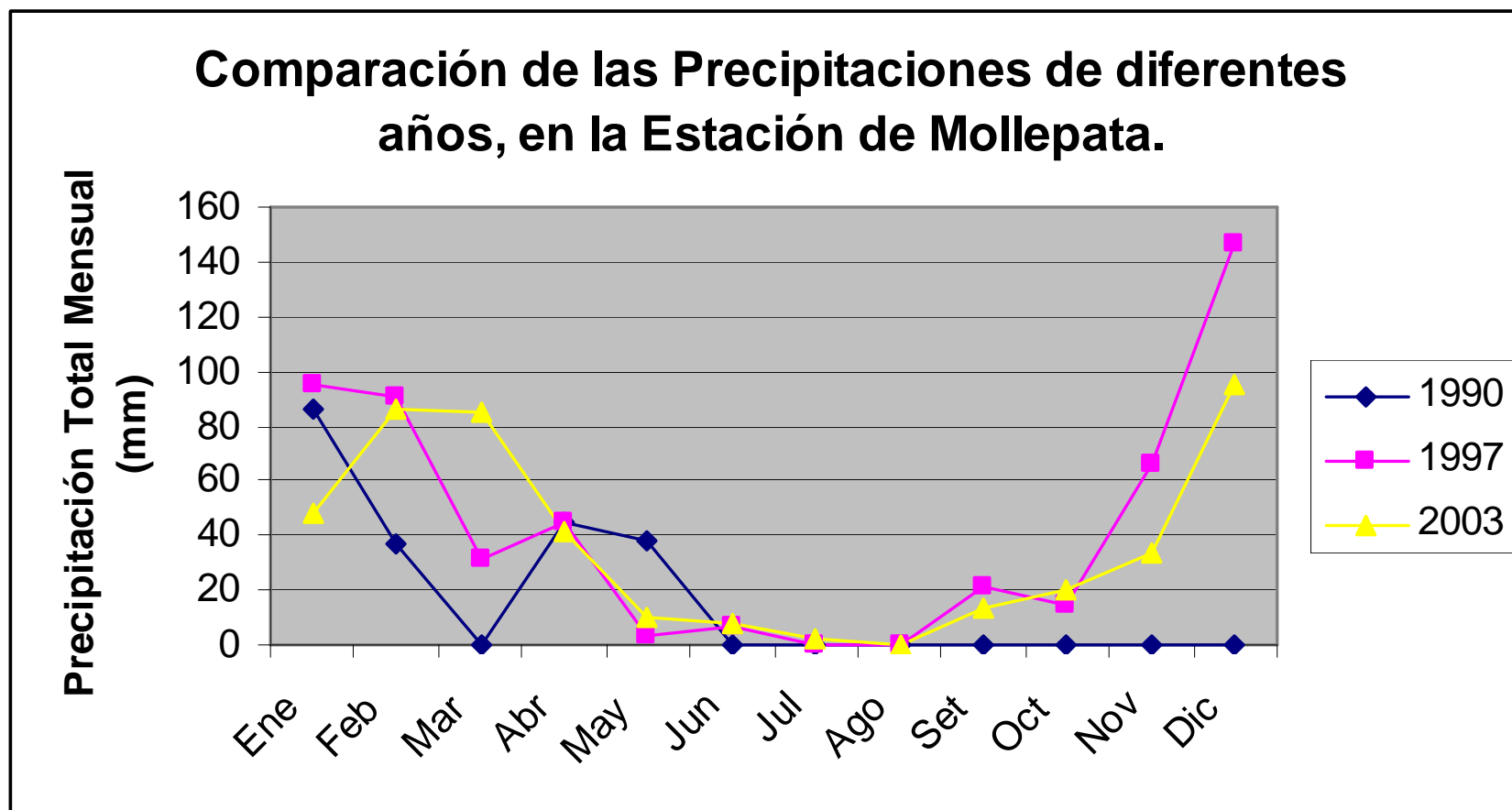


Figura N° 6.8

6.3) BALANCE HÍDRICO

Para realizar el balance hídrico es necesario tener en cuenta cuatro parámetros los cuales son: la precipitación, la escorrentía, la evapotranspiración y la infiltración; a continuación se indica la manera de calculara estos parámetros y realizar el balance hídrico.

6.3.1) Cálculo de la Precipitación

La precipitación (P) se evaluará a partir de las estaciones pluviométricas de Santiago de Chuco, Cachicadán y Mollepata.

La precipitación anual promedio en la estación de Santiago de Chuco es: 635.53 mm/año. La precipitación anual promedio en la estación de Cachicadán es: 807.9 mm/año. La precipitación anual promedio en la estación de Mollepata es: 481.85 mm/año.

Por lo que la precipitación (P) anual promedio, será el promedio de estos tres valores: **P = 641.76 mm/año.**

6.3.2) Cálculo de la Escorrentía

La escorrentía (ESC) es dependiente del caudal promedio anual y del área de la cuenca ($271 \text{ km}^2 = 271\,000\,000 \text{ m}^2$), es decir:

Caudal = $1.5 \text{ m}^3/\text{seg} = 47\,304\,000 \text{ m}^3/\text{año}$, por lo tanto la escorrentía (ESC) es:

ESC = Caudal / Área, entonces, **ESC = 172.16 mm/año.**

6.3.3) Cálculo de la Evapotranspiración

Para la evapotranspiración (ETP) se usará la fórmula de Turc:

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$ y $T=10^\circ\text{C}$ (Temperatura media anual de la cuenca).

Realizando los cálculos de acuerdo a la fórmula el valor promedio de la evapotranspiración es: **ETP = 457.28 mm/año.**

6.3.4) Cálculo de la Infiltración

Para determinar infiltración se utilizará la fórmula global con los datos ya calculados, como son la precipitación, la escorrentía y la evapotranspiración.

$$P = ETP + ESC + I$$

Realizando los cálculos de acuerdo a la fórmula el valor promedio de la infiltración es: **I = 12.32 mm/año.**

7) MONITOREO AMBIENTAL

El monitoreo nos permite tomar muestras de aguas, gases , material particulado, suelos, relaves, desmontes, plantas, plancton, etc; identificando el lugar con sus coordenadas UTM y altura, además de algunas emisiones insitu como pH, T°C, conductividad, potencial redox en aguas, dirección y velocidad del aire para monitoreo de gases y material particulado, etc.

7.1) PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

Son las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales que se realizan para obtener objetivos definidos.

En el diseño se deben considerar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las etapas del proceso?
- ¿Cuáles son los objetivos del Plan de Monitoreo?
- ¿Qué parámetros se deben medir?
- ¿Qué equipos se deben seleccionar?
- ¿Cuándo y con qué frecuencia se deben efectuar las mediciones?
- ¿Dónde tomar las muestras?
- ¿Qué mediciones in situ se deben hacer?
- ¿Qué métodos analíticos se deben seleccionar?
- ¿Cómo y donde se deben seleccionar los análisis de las muestras?
- ¿Cómo evaluar los posibles errores?
- ¿Cuál es el tiempo requerido?
- ¿Cómo interpretar y reportar los resultados?

La Figura N° 7.1 nos explica las consideraciones para realizar un Programa de Monitoreo Ambiental.

Consideraciones y Lugares de Monitoreo

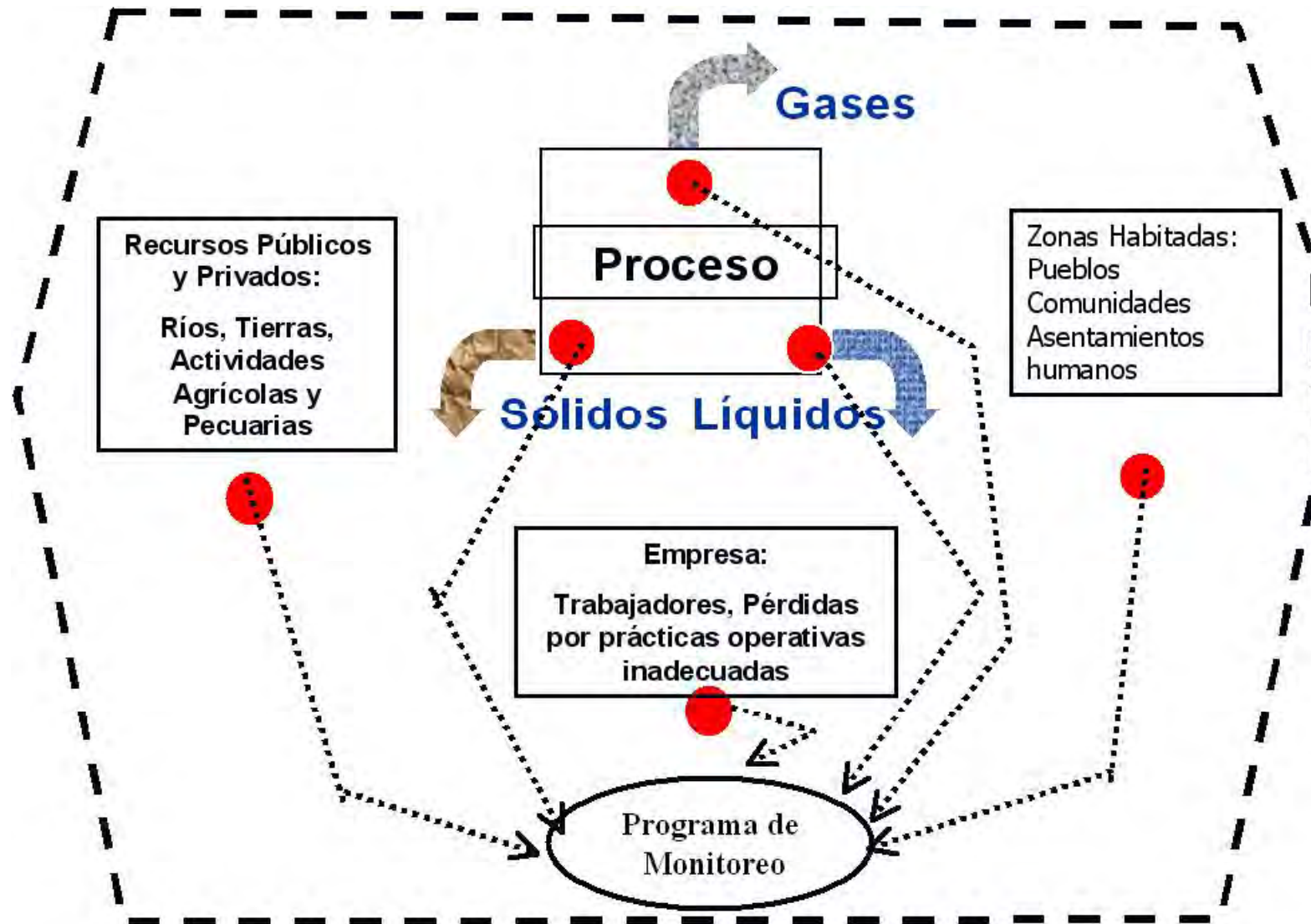


Figura N° 7.1

7.1.1) Organización del plan de monitoreo

El procedimiento se muestra en la Tabla N° 7.1:

Tabla N° 7.1
Organización del Plan de Monitoreo

	Actividad	Objetivo principal
(1)1	Identificar a la institución o grupo que se encargará de diseñar y llevar a cabo el plan de monitoreo ambiental	Asegurar que el equipo encargado del plan de monitoreo sea el idóneo y tenga el respaldo social y político del caso
2	Definir y pre-diagnosticar el área de monitoreo	Delimitar el área geográfica de estudio e identificar los problemas ambientales más relevantes
3	Establecer los objetivos del plan de monitoreo	Precisar para qué se va a realizar el plan de monitoreo ambiental
4	Diseñar el plan de monitoreo ambiental y su respectivo plan operativo	Establecer las herramientas que se emplearán, los parámetros, frecuencias y lugares de medición
5	Implementar el plan de monitoreo ambiental	Medir el estado del ambiente
6	Procesar e interpretar la información recabada.	Arribar a conclusiones y recomendaciones sobre el estado del ambiente

7.1.2) Selección e Identificación de los parámetros a analizar

a) Con respecto a la selección de los parámetros

Los parámetros y la frecuencia de muestreo dependen de:

- Geología, tipo de mina y mineral, proceso
- La variabilidad del parámetro en la muestra
- Magnitud del problema asociado al parámetro
- Componente muestreado

El procedimiento para la selección del parámetro es el siguiente:

- Identificar todos los parámetros en base a datos y literatura existente de las minas, identificar (para el caso de agua) el uso aguas abajo: consumo humano, agrícola, vida acuática, recreación, etc
- Identificar potencial de generación de ácido y todos los metales contenidos en minerales y desechos
- Listar todos los químicos y reactivos utilizados en procesamiento: CN, sulfato, acidez, metales

b) Con respecto a la identificación de los parámetros

Identificar las actividades industriales extractivas o productivas dentro del área de influencia de la zona a evaluar. Las dimensiones del área de influencia a evaluar son extremadamente variables y dependerán de las características propias, topografía, clima, ecoregión, etc. del lugar.

Identificar potenciales contaminantes propios de la actividad en los tres componentes ambientales: agua, suelo y aire, de la zona de estudio.

Cuando sea posible, identificar la presencia de contaminantes in situ por características simples como olor, apariencia, color, efecto en plantas y animales.

Los potenciales contaminantes identificados son los parámetros que se deberán evaluar en el Plan de Monitoreo.

7.1.3) Frecuencia del muestreo y presentación del reporte (cuando se trata de efluentes de una mina en particular)

El procedimiento se muestra en la Tabla N° 7.2.

Tabla N° 7.2
Frecuencia del muestreo y el reporte del monitoreo

Vol. Total de efluente	Frecuencia de Muestreo	Frec. De presentación reporte
Mayor que 300m ³ /día	Semanal	Trimestral
50 a 300m ³ /día	Trimestral	Semestral
Menor que 50m ³ /día	Semestral	Anual

7.2) CRITERIOS Y CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EL MONITOREO

La toma de muestra nos da datos operacionales de rutina sobre el desempeño general de la planta; estos datos pueden usarse para documentar el desempeño de un determinado proceso u operación. Al mismo tiempo los datos obtenidos pueden usarse para implementar programas nuevos propuestos, además son necesarios para reportar cumplimiento de las normas.

7.2.1) Criterios generales para el Monitoreo

- Ubicación de la estación de muestreo
- Selección de parámetros de medición
- Tipo de muestra a coleccionar y frecuencia de medición
- Instrumentos y equipos
- Métodos de preservación de la muestra
- Métodos de análisis
- Reporte de resultados y validación
- QA/QC (Controles de calidad)

7.2.2) Consideraciones prácticas

- Muestra en turbulencia y bien mezcladas.
- Al menos 25 metros aguas debajo de perturbaciones
- Evitar muestras no representativas.
- Muestrear después de cada etapa, y después del proceso o tratamiento.
- Número de muestras 95% confiables.
- Muestras discretas y compuestas.

7.2.3) Instrumentación

- PHmetros
- Conductímetros
- Medidores de O disuelto
- Turbidímetros
- Colorímetros
- Espectrofotómetros
- Espectroscopía de absorción atómica
- Cromatografía
- Fotómetro de flama
- Celdas electroquímicas

7.2.4) Criterios para establecer estaciones de monitoreo

En base al reconocimiento de los factores ambientales se establecen las estaciones de monitoreo que permitan evaluar el estado ambiental en una unidad minera o a una cuenca hidrográfica a escala regional.

Por lo cual se tienen estaciones de monitoreo que nos permitan evaluar agua de entrada y de salida de una unidad minera, los drenajes de bocaminas o tajos abiertos, drenajes de relaveras, desmontes, aguas industriales, aguas servidas en cuerpos receptores como ríos y lagunas, etc; también permiten evaluar material particulado y gases en el entorno de la planta metalúrgica, laboratorio químico, fundición, grupos de generación eléctrica, además de suelos y sedimentos, etc.

7.2.5) Características de los datos recolectados

Los datos recolectados deben ser:

- Representativos: Los datos deben representar el agua residual o el ambiente muestreado
- Reproducibles: Los datos obtenidos deben poder ser reproducidos por otros siguiendo el mismo muestreo analítico.
- Sustentados: la documentación debe estar disponible para validar el plan de muestreo. Los datos deben tener un grado conocido de exactitud y precisión.
- Útiles: Los datos deben poder usarse para encontrar los objetivos del plan de monitoreo

7.2.6) Tipo de muestras

El sistema de muestreo de agua, varía según el origen del agua, en el caso de un río, lago, acuífero abierto, cisterna, etc; el frasco para muestreo se sumergirá a una distancia prudencial de la superficie generalmente 50 centímetros y bastante lejos de las orillas o de los bordes, así como de los obstáculos naturales o superficiales evitando poner en suspensión partículas que pudieran estar sedimentadas. La toma de muestras variará dependiendo del tipo de agua y el uso al cual este destinada

a) Muestras Simples

- Se recogen de una sola vez y reflejan las condiciones en un momento concreto.
- Parámetros como pH, Oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez, que precisen una determinación rápida y que proporcionen una información preliminar para posterior estudio.
- Si el muestreo es constante en el tiempo.
- Cuando ocurre una descarga ocasional y se desea conocer el impacto de la misma.
- Cuando se tiene un efluente que solo se descarga de forma intermitente.

b) Muestras Compuestas

- Una muestra compuesta esta formada por varias muestras simples recogidas a lo largo de un periodo de tiempo y combinadas en proporciones concretas referidas a parámetros de interés tales como el caudal. Este tipo de muestras nos da información de las condiciones medias de flujo del efluente en un tiempo determinado.

- La muestra compuesta puede ser de un volumen fijo o proporcional al flujo. En las muestras de volumen fijo tanto el intervalo de tiempo entre muestras como el volumen recogido en cada toma permanece constante. En las muestras compuestas proporcionales al flujo, el volumen de las muestras recogidas se mezclan en cantidades proporcionales a los flujos del efluente

c) Recolección, preservación y almacenamiento de muestras

El procedimiento se muestra en la Tabla N° 7.3 y la Tabla N° 7.4

Tabla N° 7.3

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras (1ra parte)

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Temperatura	-	-	-	Registro inmediato
pH	100 ml	P o V	-	Ninguno
Conductividad electrica	500 ml	P o V	Refrigerar	28 dias
Turbidez	100 ml	P o V	Refrigerar	24/48 hrs.
Alcalinidad Total	50 ml	P o V	Refrigerar	24/48 hrs.
Solidos Totales	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 dias
Solidos Sedimentables	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 dias
Solidos Suspendidos Totales	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 dias
DBO5	100 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.
DQO	100 ml	P o V	Refrigerar H ₂ SO ₄ , pH <2	28 dias
Oxigeno Disuelto	30 ml	V	*	Analisis inmediato
Sodio	100 ml	P	Refrigerar	7 dias
Potasio	100 ml	P	HNO ₃ , pH <2	7 dias
Calcio	100 ml	P o V	Refrigerar	7 dias
Sulfato	100 ml	P	Refrigerar	25 dias
Cloruro	100 ml	P o V	Refrigerar	7 dias
Cloro Residual	500 ml	P o V	Refrigerar	Analisis inmediato
Fenol	500 ml	P	H ₂ SO ₄ , pH <2	4 semanas
Grasa y Aceites	500 ml	V	Refrigerar HCl a pH <2	7 dias
Detergentes	500 ml	V		
Hidrocarburos	500 ml	V ámbar	Refrigerar, HCl	6 dias

P = Polietileno, V = Vidrio

* Preservar con sulfato manganoso y yoduro alcalino. Tiempo de almacenamiento: 7 dias

NUTRIENTES	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Nitrogeno Total	250 ml	P o V	Refrigerar	24/48 hrs.
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Nitrogeno Amoniacal	50 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Nitrogeno Organico	250 ml	P o V	Refrigerar	24/48 hrs.
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Nitrato	100 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Nitrito	100 ml	P o V	Refrigerar	24/48 hrs.
Fosforo Total	100 ml	P o V	Refrigerar, H ₂ SO ₄	24 hrs.
Fosforo Soluble	100 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.
Fosforo Hidrolizable	100 ml	V	Refrigerar	24 hrs.
Fosfato	100 ml	V	Hg Cl ₂ , Refrigerar	24 hrs.

P = Polietileno, V = Vidrio

Tabla N° 7.4

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras (2da parte)

OLIGOELEMENTOS Y METALES	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Hierro	100 ml	P o V	Refrigerar HNO ₃ , pH <2	28 dias
Manganeso	100 ml	P o V	idem	28 dias
Zinc	100 ml	P o V	idem	28 dias
Boro	100 ml	P o V	idem	28 dias
Cobre	100 ml	P o V	idem	28 dias
Molibdeno	100 ml	P o V	idem	28 dias
Plomo	100 ml	P o V	idem	28 dias
Cadmio	100 ml	P o V	idem	28 dias
Arsenico	100 ml	P o V	idem	28 dias
Cromo	100 ml	V	idem	6 meses
Mercurio	100 ml	P o V	Refrigerar	28 dias
		P o V	H ₂ SO ₄ , pH <2	
Cianuro	100 ml	P o V	NaOH, pH = 10-12	24 hrs.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Coliformes Totales	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Maximo 6 horas
Coliformes Fecales	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Maximo 6 horas
Recuento Total (Bacterias Heterotroficas)	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Maximo 24 horas

* Se añade Tiosulfato de Sodio solo si el agua contiene cloro residual

EXAMEN ORGANOLEPTICO	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVANTE	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Olor	100 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.
Color	500 ml	P o V	Refrigerar	24 hrs.

P = Polietileno, V = Vidrio

7.3) PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS

Las muestras han sido tomadas tanto en agua como en sedimento, dicho procedimiento es detallado a continuación:

7.3.1) Para Agua

Se tomo 2 muestras de agua en cada estación de muestro en frascos de polietileno de 500 ml y 1 litro respectivamente. A las muestras de 500 ml se le añadió 2 ml de HNO₃ concentrado para su conservación, esta muestra se usará para el análisis de metales Cu, Zn, Cd, Pb, As, Hg, Fe y Mn.

A la muestra de 1 litro se le trae intacta, a esta muestra se le medirá en el laboratorio la turbidez y los sulfatos. A ambas muestras se les pone en un cooler con hielo para que se mantengan a baja temperatura.

En el campo también se recogió adicionalmente una cubeta de agua a la cual se midió insito la temperatura, el pH, la conductividad y el potencial Redox. Se calculó además el caudal aproximado del río en esa estación.

7.3.2) Para Sedimento

Se tomo aproximadamente 1 kilo de sedimentos por cada estación de muestreo y fue colocada en bolsas Ziploc para una mejor conservación. A las muestras de sedimento se les mide en laboratorio los metales Cu, Zn, Cd, Pb, As y Hg, además se les tamizará y se observara la mineralogía microscópicamente.

7.4) ESTACIONES DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA

Las estaciones de monitoreo referentes a la cuenca del Río Boca Cabana están basadas en la Tesis de Ingeniero realizada por mi persona (Ing. Miguel Angel Salvá Berenz), entre los años 2005 y 2006 sobre toda la cuenca del río Tablachaca, el cual contó con 21 puntos de monitoreo, correspondiendo al área de la desembocadura del río Boca Cabana las estaciones 15, 16 y 17 (Tabla N° 7.5 y Figura N° 7.2). Durante el desarrollo de esta tesis se realizó el monitoreo de dos nuevas estaciones A y B, con el fin de evaluar la calidad de agua y de los sedimentos en el área donde se plantea emplazar la presa. Ver Plano N° 5.

Estación 15: Esta estación se encuentra en el río Tablachaca antes de la desembocadura del río Boca Cabana, el agua es ligeramente negra con un caudal fuerte, la forma de acceder es similar a la de la estación 16, la presenta bastante vegetación, aunque en la desembocadura al Tablachaca disminuye. (Fotografía N° 7.1, Fotografía N° 7.2 y Fotografía N° 7.3).

Estación 16: Esta estación se encuentra en el río Boca Cabana, presenta un color negro, llegar a esta estación al igual que a la estación 15 es relativamente fácil, cada estación se encuentra aproximadamente a 2 minutos de la carretera. Este río abastece de agua a los distritos de Tauca, Cabana y Bolognesi en la provincia de Pallasca en Ancash. (Fotografía N° 7.1, Fotografía N° 7.2 y Fotografía N° 7.4).

Estación 17: Esta estación se presenta como una referencia, se encuentra en el río Tablachaca antes de la confluencia con el río Ancos, aproximadamente a 15 km. después de la desembocadura del Río Boca Cabana, el agua es de color negro, este río se encuentra en un valle amplio y con fuerte caudal. En el recorrido de la estación 16 a la estación 17 se aprecian afloramientos de Carbón. (Fotografía N° 7.1 y Fotografía N° 7.5).

Puntos de Monitoreo en la Cuenca del Río Boca Cabana

Estaciones	Este UTM	Norte UTM	Zona	Observaciones
1	0'190918	9095546	18	
2*			18	Inaccesible
3*			18	Inaccesible
4	0'176930	9093102	18	
5	0'176895	9093072	18	
6	0'176015	9092646	18	
7	0'176054	9092456	18	
8*			18	Inaccesible
9*			18	Inaccesible
10	0'171785	9091282	18	
11	0'821209	9082930	17	
12	0'820797	9081710	17	
13*			17	Inaccesible
14*			17	Inaccesible
15	0'815933	9074396	17	
16	0'815905	9074260	17	
17	0'811745	9060262	17	
18	0'811728	9059508	17	
19	0'804890	9043362	17	
20	0'804701	9042250	17	
21	0'798824	9041722	17	

Tabla N° 7.5

Puntos de Monitoreo en Coordenadas UTM

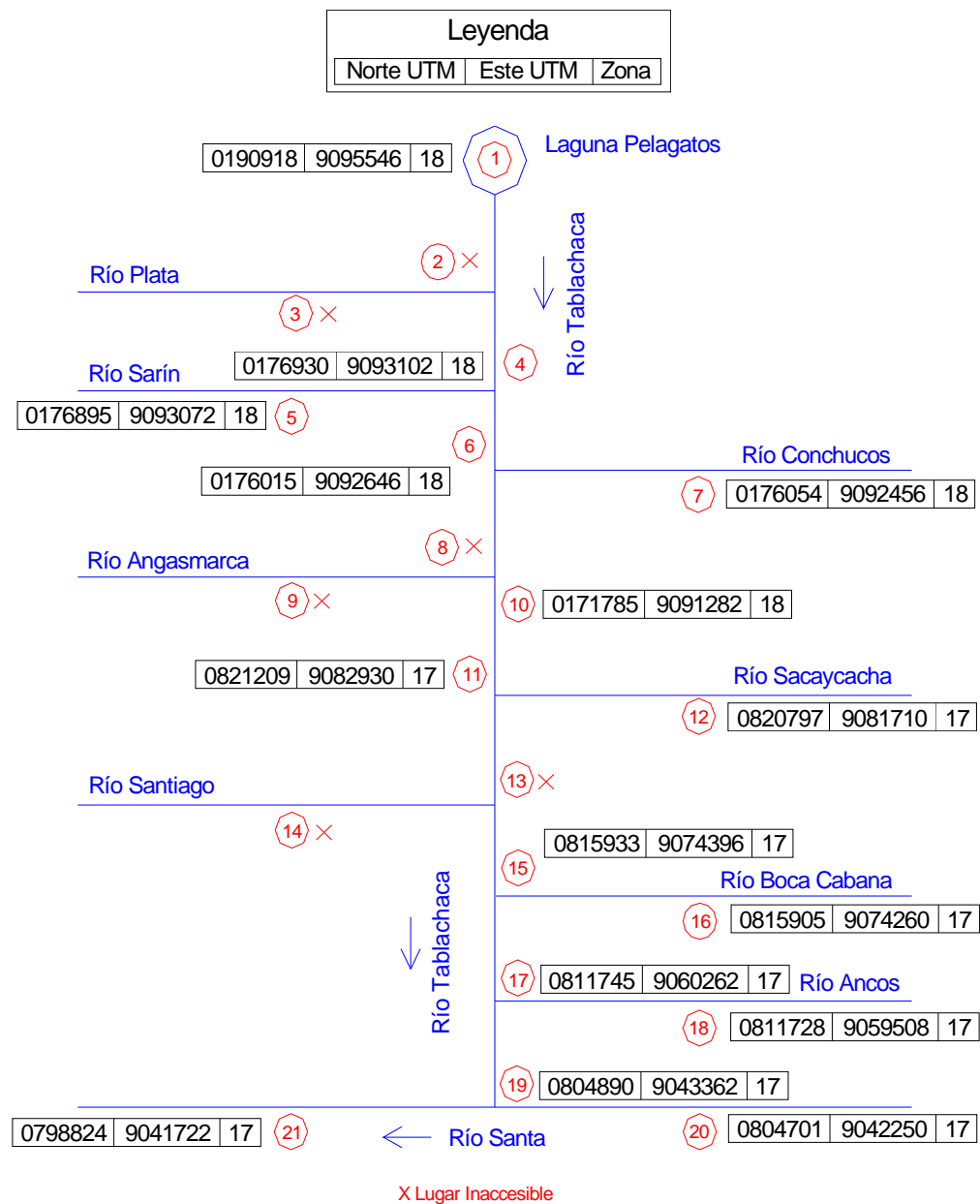
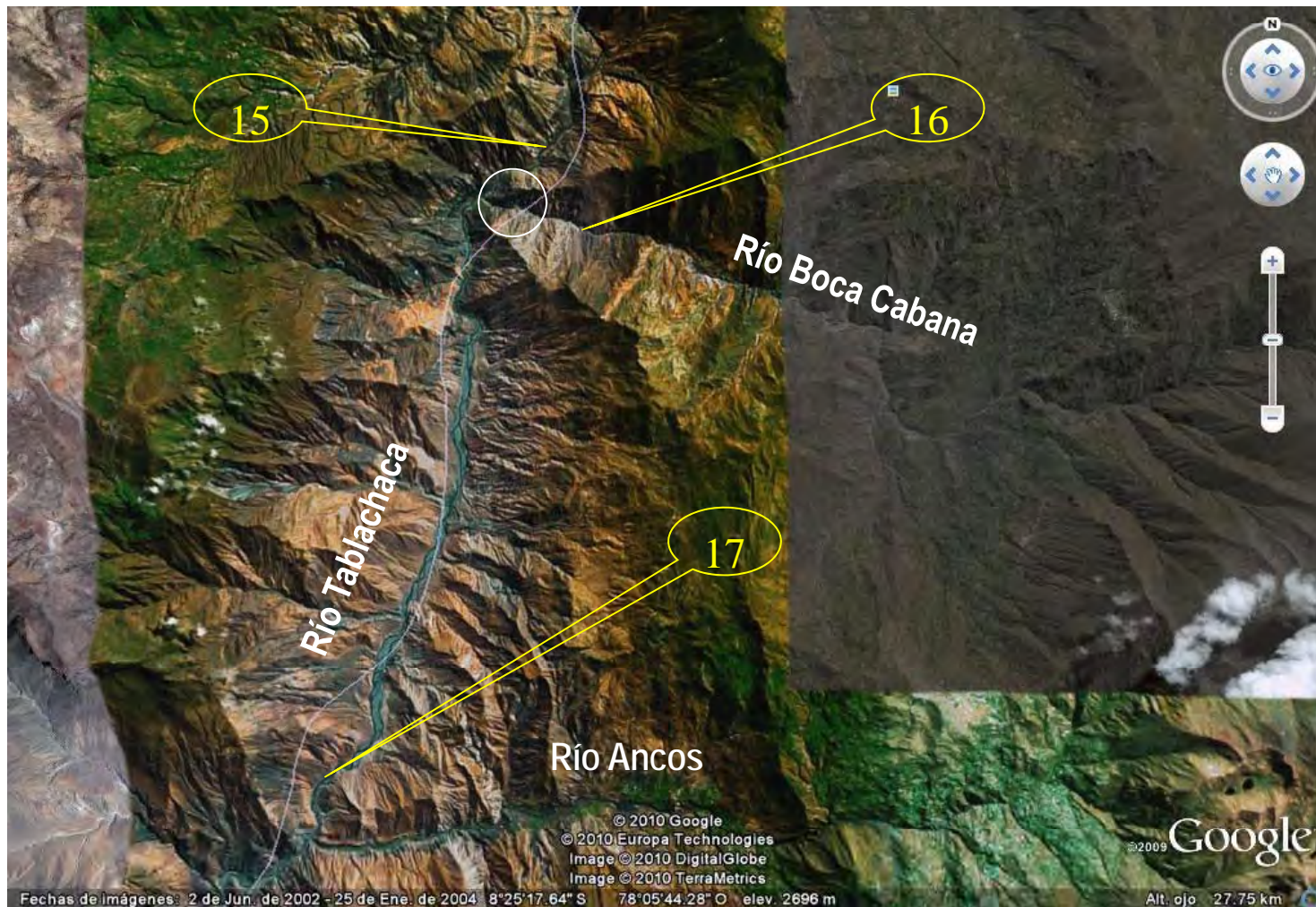


Figura N° 7.2

Fotografía Satelital: Estación 15, Estación 16 y Estación 17



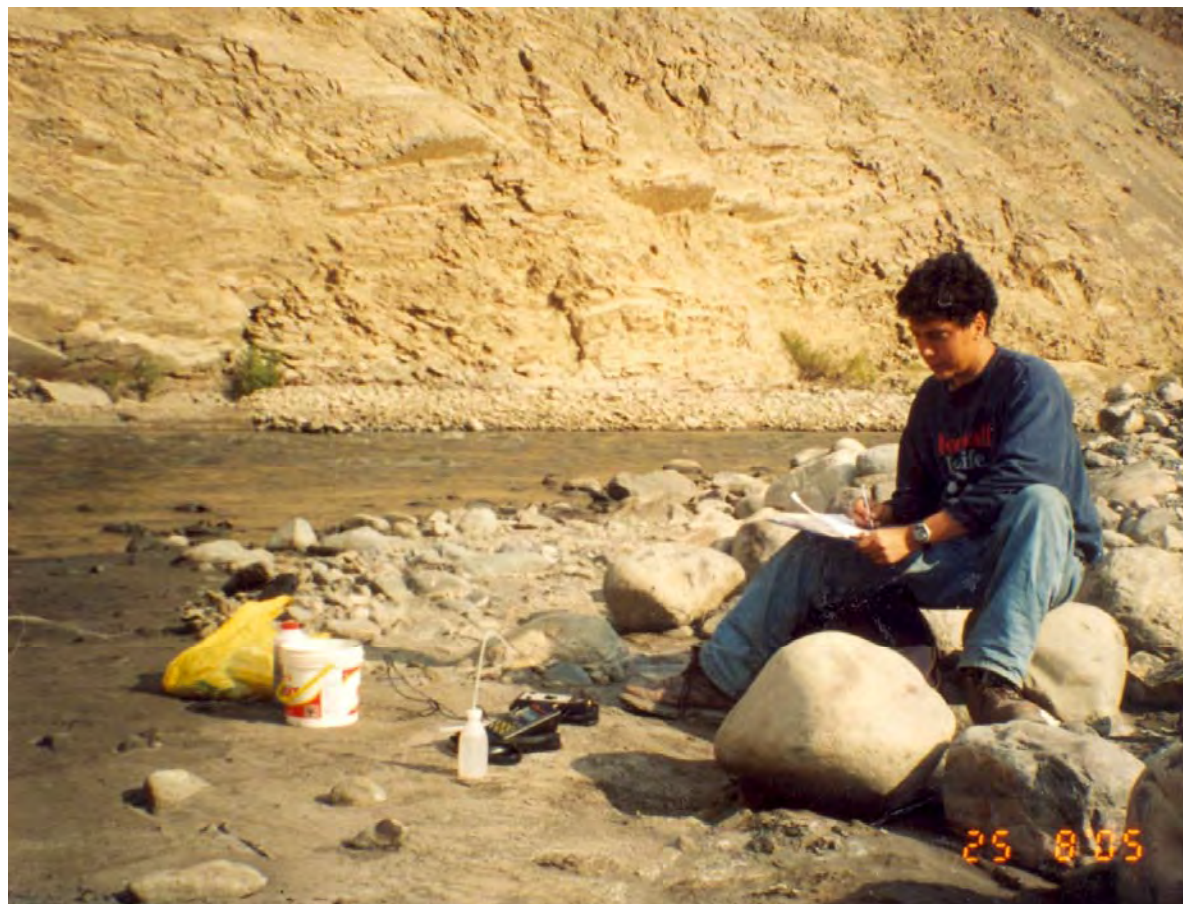
La confluencia se localiza a 1300 msnm, las rocas en la zona son mayormente volcánicas de consistencia andesítica dacítica. La subcuenca del río Boca Cabana presenta conglomerados, arenisca con mantos de carbón, cuarcitas y en algunas zonas calizas, margas. Escala 1 / 25000.

Confluencia del Río Boca Cabana y el Río Tablachaca



En el lado izquierdo se muestra la confluencia en la época de estiaje y en el lado derecho la confluencia en la época de lluvias. La zona de la confluencia no presenta vegetación en época seca, y es muy escasa en la época de lluvias. El río Boca Cabana tiene un color negro intenso en ambas épocas del año. Las rocas que se en la zona son volcánicas generalmente.

Estación 15: Río Tablachaca, antes del Río Boca Cabana



Se aprecia el río Tablachaca en esta zona en la época de estiaje, casi no tiene vegetación en sus márgenes en esta época del año, las rocas en la zona son particularmente volcánicas y depósitos aluviales.

Estación 16: Río Boca Cabana



En el lado izquierdo se aprecia el río Boca Cabana en la época de estiaje y en el lado derecho en la época de lluvias. Se observa en el río en ambas épocas del año un color negro intenso. La turbidez se incrementa considerablemente en la época de lluvias debido a la erosión de las rocas. Este río es el más contaminado en la época de estiaje. Solo presenta vegetación escasa en la época de lluvias.

Estación 17: Río Tablachaca, después del Río Boca Cabana



Se aprecia el río Tablachaca en esta zona en la época de lluvias, muestra una escasa vegetación en sus márgenes pero solo en esta época del año, las rocas en la zona son en general cuarcitas y areniscas.

Estación A: El monitoreo de esta estación se llevo a cabo durante el desarrollo de esta tesis, se encuentra en el río Boca Cabana aproximadamente a 6 km. de la desembocadura de este río al río Tablachaca, en el lugar donde se plantea emplazar la presa. (Ver Tabla 7.6 y Fotografía N° 7.6).

Estación B: El monitoreo de esta estación también se realizó durante el desarrollo de esta tesis, se encuentra en un canal de drenaje ubicado cerca a la quebrada por donde desaguan los efluentes mineros de varias minas abandonadas del área hacia el río Boca Cabana, estas minas mencionadas produjeron antes de su abandono oro, plata, cobre y carbón. (Ver Tabla 7.6 y Fotografía N° 7.7).

Tabla N° 7.6

Puntos de monitoreo para el estudio de la presa

Estaciones	Este UTM	Norte UTM	Zona
A	162633	9073421	18
B	167684	9070140	18

Estación A: Río Boca Cabana, en la zona del dique



Se aprecia el río Boca Cabana, después de pasar la zona del dique, a unos 6 km de la desembocadura al río Tablachaca.

Estación B: Canal de drenajes, el cual desemboca al Río Boca Cabana



Se aprecia un canal de drenajes ubicado cerca a la quebrada por donde desaguan los efluentes de varias minas abandonadas hacia el río Boca Cabana.

7.5) MONITOREO EN AGUAS SUPERFICIALES

Para el caso de aguas superficiales se debe tener muy en cuenta, si el agua que se necesita monitorear es un efluente o un cuerpo receptor, ya que los estándares son muy diferentes.

7.5.1) Efluentes y Cuerpos Receptores

a) Efluentes

Son aguas residuales, domésticas, de relaveras, drenajes de mina, aguas de plantas metalúrgicas, etc; provenientes del lugar de la operación minera. Para medir la calidad de agua de los efluentes se usan los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas y son controlados por el MINAM, según el DS-010-2010 y su plan de implementación se lleva a cabo según la RM-030-2011. Esta información se muestra en la Tabla N° 7.7 y en los Anexos 1 y 2.

Tabla N° 7.7
Límites máximos permisibles para la descarga de
efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
PH		6 a 9	6 a 9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	50	25
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.08

b) Cuerpos Receptores

Los cuerpos receptores son los lugares a donde llegan los efluentes como son los ríos, las lagunas, puquiales, lagos, el mar, etc. Para medir la calidad de agua en los cuerpos receptores existen varios estándares, los principales son los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas en todas sus categorías.

Por otro lado, se puede considerar también como cuerpos receptores a las comunidades aledañas, la flora, la fauna, el aire, el suelo, entre otros. En este estudio los cuerpos receptores analizados fueron las aguas superficiales y los sedimentos de la cuenca del río Boca Cabana.

7.5.2) Toma de muestras en ríos

- Se puede obtener una muestra compuesta, formada por varias tomas en múltiples estaciones a lo largo de un río, si este tiene siempre el mismo caudal o bien se elige una zona de mezcla completa.
- No se deben tomar demasiado cerca de la orilla, sino lo mas cerca de la corriente principal, para evitar que las condiciones especiales de temperatura y de concentración de oxígeno influyan debido a la presencia de vegetación y de algas.
- Cuando se quiere conocer los efectos causados por un vertimiento, se deben tomar muestras aguas arriba del vertido, en el foco mismo y aguas abajo en una estación tal que se garantice la mezcla homogénea.
- Los resultados de las muestras recogidas en un río variarán de acuerdo a la profundidad y a la velocidad de la corriente en la estación en la cual fueron tomadas.
- Es recomendable tomar la muestra en el centro de la corriente y a una profundidad media. La frecuencia de muestreo deberían decidirse según las condiciones del cuerpo de agua bajo estudio.

7.5.3) Toma de muestras en lagos y embalses

- Las notables variaciones motivadas por factores como la cantidad de lluvia, vientos, volumen de agua embalsada y la estratificación son las que condicionan la ubicación de la estación de muestreo, cantidad y tipo de muestra.
- En el caso de lagos y embalses se recomienda escoger varias estaciones de toma y en cada uno de ellos tomar varias muestras a diferentes profundidades.
- En general se deberá evitar áreas de turbulencia por la posible pérdida de componentes volátiles, Se debe muestrear desde la superficie descendiendo progresivamente.

7.5.4) Toma de muestras en canales

- En las canalizaciones se deben diferenciar las que llevan aguas para consumo humano, aguas para refrigeración y aguas de vertido urbano e industrial.
- Existen dos tipos de canalizaciones, de paso interrumpido y de paso continuo en ambos casos es necesario tener en cuenta el diámetro y la longitud de la canalización y la velocidad del flujo.
- En las canalizaciones con el paso interrumpido la forma mas adecuada de tomar la muestra será dejar pasar bastante agua para que la muestra sea representativa del suministro.

7.5.5) Tablas usadas en la evaluación de aguas superficiales

a) Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECAs)

El Ministerio de Energía y Minas según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM ha establecido los nuevos estándares de calidad ambiental para aguas reemplazando a la Ley de Aguas. En estos nuevos estándares la clasificación se ha realizado de la siguiente manera:

Categoría 1: Agua para uso poblacional y recreacional

Categoría 2: Actividades Marino Costeras

Categoría 3: Riego Vegetal y Bebida de Animales

Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático

Para el caso particular del río Boca Cabana y el río Tablachaca, los parámetros medidos han sido evaluados según la Categoría 3, ya que el uso de esta agua es para riego vegetal y bebida de animales.

Los parámetros que se evaluaron en agua para este estudio fueron: ph, conductividad, potencial Redox, turbidez, sulfatos, cobre, plomo, cadmio, arsénico, mercurio, hierro y manganeso, para los cuales se hizo uso de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) en su Categoría 3, referido al riego de vegetales y bebida de animales (uso principal de las aguas del río Boca Cabana), estos valores mencionados se muestran en la Tabla N° 7.8.

Tabla N° 7.8
Parámetros Evaluados según los ECAs en la Cat. 3

Parámetro	Unidad	Riego de Vegetales	Bebida de Animales
PH		6.5 a 8.5	6.5 a 8.4
Conductividad	us	2000	5000
Sulfatos	mg/L	300	500
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Zinc	mg/L	2	24
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Cadmio	mg/L	0.005	0.01
Arsénico	mg/L	0.05	0.1
Mercurio	mg/L	0.001	0.001
Hierro	mg/L	1	1
Manganeso	mg/L	0.2	0.2

Obs: Los ECAs en su Categoría 3, no determinan concentraciones máximas tanto para el potencial Redox como para la turbidez.

En lo que respecta al potencial Redox, se considera un medio oxidante cuando el Eh es mayor que 200 mv y un medio reductor si el Eh va de 0 a 200 mv.

De acuerdo a los estudios de cuencas. La turbidez en la parte alta de la cuenca de un río debe ser menor que 5 NTU y en la parte baja de la cuenca debe ser menor que 50 NTU.

La turbidez tiene relación directa con los sólidos suspendidos totales mediante la siguiente fórmula:

$$\text{SST (mg/L)} = (0.62) \times \text{Turbidez (NTU)} + 10.7$$

Los sólidos suspendidos totales tampoco tienen una concentración límite según los ECAs en su Categoría 3; sin embargo la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations – ONU) establece una concentración máxima de 50 mg/L para el riego de vegetales.

Las concentraciones establecidas por los ECAs en todas sus categorías y parámetros se encuentran en las tablas mostradas en el Anexo 3, las cuales fueron presentadas en el Diario Oficial El Peruano el día Jueves 31 de Julio del año 2008.

b) Otras tablas usadas

Las tablas que se usan adicionalmente en la evaluación de aguas superficiales son las siguientes: Tabla N° 7.9, Tabla N° 7.10, Tabla N° 7.11, Tabla N° 7.12, Tabla N° 7.13 y Tabla N° 7.14.

Tabla N° 7.9
Criterios de la calidad de agua propuesto por
La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

En la Salud Humana (ug/l)

Sustancia Química	Agua y Alimento	Solo Alimento	Observaciones
Arsénico	0.0022	0.018	(a)
Cadmio	10	n/a	(b)
Cobre	n/a	n/a	
Mercurio	0.144	0.146	
Plomo	50		(b)
Zinc	n/a		

(a) Estimaciones de la concentraciones que pueden resultar en un mayor incremento de los riesgos de cáncer sobre un tiempo de vida estimado en 10^{-6} .

(b) Estándares de agua de bebida.

n/a Insuficientes datos disponibles para determinar un criterio.

Tabla N° 7.10
Criterios de la OMS para la calidad de Agua de Abastecimiento (mg/l)

Constituyente	Valor de la Guia	Observaciones
Arsénico	0.05	(c)
Cadmio	0.005	(c)
Cobre		
Mercurio	0.001	(c)
Plomo	0.05	(c)
Zinc		

(c) Natural o adicionado deliberadamente; puede necesitar adaptación a las condiciones locales o climáticas

Tabla N° 7.11

Valores guía extraídos de la legislación Norteamericana (MADEP/EPA) y Canadiense

Parámetro investigado	Unidad	Uso para Irrigación (1)	Uso para cría de ganado (1)	Uso para consumo humano (2)
SDT	mg/l	500/3500	3000	250
Cloruros	mg/l	100/700	NE	
Bario	mg/l	NE	NE	2
Arsénico	mg/l	0.100	0.025	0.05
Cadmio	mg/l	0.005	0.080	0.005
Cromo	mg/l	0.0049	0.050	0.1
Plomo	mg/l	0.200	0.100	0.015
Mercurio	mg/l	NE	0.003	0.002
Níquel	mg/l	0.200	1	0.1
Zinc	mg/l	5	50	NE
Cianuros	mg/l	NE	NE	0.2
Hidrocarburos tot	mg/l	NE	NE	0.2

(1): Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agriculture Water Uses / Valores Guía para la protección de aguas de uso agrícola)

(2):. Massachusetts Drinking Water Standards /Estándares para agua de bebida (Regional EPA)

NE: No se especifica valor.

Tabla N° 7.12

Guía de calidad del agua potable en Canadá en la Salud Humana (mg/l)

Sustancia	Concentración Máx. permisible
Arsénico	0.05
Cadmio	0.005
Cobre	(d)
Mercurio	0.001
Plomo	0.05
Zinc	(d)

(d) No es tóxico.

Tabla N° 7.13

Calidad de Agua para Lagos y Lagunas según las leyes Estado Unidenses

Constituyente	Concent. Max.	Unidad	Medio	Protección
Arsénico	50	ug/l	Agua	(a)
Cadmio	0.2	ug/l	Agua	(b)
Cobre	5	ug/l	Agua	(b)
Mercurio	0.2	ug/l	Agua	(c)
	0.5	ug/g	Pez	(d)
Plomo	(*)			
Zinc	30	ug/l	Agua	(b)

(*) Por debajo de los niveles de detección cuando se determinan por la mejor metodología científica disponible.

(a) Para abastecimiento de agua potable.

(b) Para vida acuática.

(c) Para vida acuática y aves.

(d) Para el consumo de pescado.

Tabla N° 7.14
Calidad de Agua para la vida acuática en agua dulce

Parámetros	Concent. Máx	Unid.	Observaciones
Arsénico	0.05	mg/l	(b)
Cadmio	0.20	ug/l	Dureza de 0-60 mg/l
	0.8	ug/l	Dureza de 60-120 mg/l
	1.3	ug/l	Dureza de 120-180 mg/l
	1.8	ug/l	Dureza > 180 mg/l
Cobre	2	ug/l	Dureza de 0-60 mg/l
	2	ug/l	Dureza de 60-120 mg/l
	3	ug/l	Dureza de 120-180 mg/l
	4	ug/l	Dureza > 180 mg/l
Mercurio	0.1	ug/l	
Plomo	1	ug/l	Dureza de 0-60 mg/l
	2	ug/l	Dureza de 60-120 mg/l
	4	ug/l	Dureza de 120-180 mg/l
	7	ug/l	Dureza > 180 mg/l
Zinc	0.03 (a)	ug/l	
pH	6.5 - 9.0		
Sólidos Susp.	Incremento de 10.0	mg/l	

(a) Criterio Tentativo

(b) La Dureza es con respecto a la concentración de CaCO₃

7.6) MONITOREO EN SEDIMENTOS

El monitoreo permite tomar muestras para evaluaciones químicas y físicas las cuales pueden ser superficiales, laterales, de calicatas y perforaciones. Los análisis que se realizan están orientados en base a establecer la estabilidad física y química de estos depósitos.

Se monitorean los suelos ya que se pueden producir la generación de drenaje ácido, para lo cual se debe evaluar el Potencial Neto de Neutralización (PNN) y la dispersión por acción del viento y del agua, contaminando agua y campos de cultivos (granulometría). Las evaluaciones y análisis químicos corresponden:

- Determinación del potencial neto de neutralización, esto es la evaluación del potencial de neutralización y potencial de acidez, correspondiente a pruebas estáticas, que nos ayuden a predecir la posibilidad de generación de drenaje ácido de estos depósitos.
- PH en pasta, que nos da la información respecto al grado de alteración del material y pH de las sustancias o minerales solubilizados.
- Evaluación de la composición química total de los sedimentos en especial de los elementos tóxicos As, Pb, Hg, Cd, etc.
- Evaluaciones petromineralógicas, para determinar los fragmentos de rocas y minerales que lo constituyen.
- Análisis granulométricos
- Evaluaciones de permeabilidad

El Potencial Neto de Neutralización (PNN) se calcula mediante el siguiente procedimiento:

- * Tomar una muestra de relaves de 5 kg y llevarlo a malla -60
- * Proceder al coneado y cuarteo hasta obtener 2 gramos de muestra

- * Echar la muestra en un vaso de precipitado y añadirle 50 ml de HCl (0,5N)
- * Calentarlo hasta antes de su ebullición
- * Añadir agua destilada hasta que llegue el contenido a 100 ml.
- * Calentarlo nuevamente hasta antes de su ebullición
- * Sacar el vaso del calentador y enfriarlo a temperatura ambiente
- * Filtrar el contenido.
- * Titulación con NaOH (0,5N), utilizar como indicador el anaranjado de metilo o fenofaleina

El Potencial Neto de Neutralización (PNN) está representado por la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PNN = PN - PA}$$

PNN: Potencial Neto de Neutralización (Kg CaCO₃ / Tm)

PN: Potencial de Neutralización (Kg CaCO₃ / Tm)

PA: Potencial de Acidez (Kg CaCO₃ / Tm)

$$\mathbf{PN = V_{(ac - bs)} \times N_{bs} \times 50 / W_{(muestra)}}$$

$$\mathbf{PA = 31.25 \times \%S}$$

$V_{(ac - bs)}$: Volumen del ácido – Volumen de la base

N_{bs} : Normalidad de la base

$W_{(muestra)}$: Peso de Muestra

%S: Porcentaje de Azufre como sulfuro.

Si PNN >20: No genera DAM

Si -20 < PNN < 20: Intervalo de incertidumbre de generación de DAM

Si PNN < -20: Genera DAM

Este tipo de monitoreo debe ser realizado en forma trimestral. Se presentará a continuación las tablas correspondiente a monitoreo de suelos y sedimentos, mostrando los límites máximos permisibles según el uso y también en forma general. (Tabla N° 7.15 y Tabla N° 7.16).

Tabla N° 7.15
Calidad de suelos y sedimentos según la legislación Canadiense

Parámetro Investigado	Unidad	Uso agrícola	Uso residencial	Uso industrial
pH	UpH	6/8	6/8	6/8
Conductividad	ms/cm	2	2	4
Arsénico	mg/kg	12	12	12
Cadmio	mg/kg	1.4	10	22
Cromo	mg/kg	64	64	87
Plomo	mg/kg	70	140	600
Mercurio	mg/kg	6.6	6.6	50
Níquel	mg/kg	50	50	50
Sulfuros	mg/kg	500	NE	NE
Zinc	mg/kg	200	200	360
Cianuros	mg/kg	0.9	0.9	8.0
VOC'S (1)	mg/kg	0.05	0.5	5

(1) Expresado como Benceno

Esta tabla corresponde a los valores guía extraídos de la legislación Canadiense para la calidad de suelos (Canadian Soil Quality Guidelines for Protection of Environmental and Human Health)

Tabla N° 7.16
Límites máximos permisibles en sedimentos

Elemento	Límite máximo permisible
Pb (mg / Kg)	600
Cu (mg / Kg)	500
Zn (mg / Kg)	3000
As (mg / Kg)	50
Cd (mg / Kg)	20
Hg (mg / Kg)	10
Cr (mg / Kg)	800

Esta tabla holandesa (Ministerie VROM-1983) de límites máximos permisibles en sedimentos es la más utilizada en América y Europa para evaluar el grado de contaminación de los sedimentos y los riesgos asociados para la salud humana, así como también para decidir la aplicación de medidas correctivas.

8) CONDICIONES ACTUALES DE LA CUENCA

Las condiciones actuales de la cuenca del río Boca Cabana están basadas en la Tesis de Ingeniero realizada por mi persona (Ing. Miguel Angel Salvá Berenz) entre los años 2005 y 2006 sobre toda la cuenca del río Tablachaca, el cual contó con 21 puntos de monitoreo, correspondiendo al área de la desembocadura del río Boca Cabana las estaciones 15, 16 y 17. Estas estaciones se encuentran descritas detalladamente en el Capítulo 7, referido al Monitoreo Ambiental.

8.1) SEGÚN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, SULFATOS, TURBIDEZ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Los datos correspondientes a los parámetros Físico-Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales tanto en época de estiaje como en época de lluvias se muestran en la Tabla N° 8.1, Tabla N° 8.2, Tabla N° 8.3 y Tabla N° 8.4; la interpretación de estos datos según los ECAs (Uso 3) y otros estándares ambientales se muestran en la Figura N° 8.1, Figura N° 8.2, Figura N° 8.3, Figura N° 8.4, Figura N° 8.5 y Figura N° 8.6.

8.2) SEGÚN LOS METALES EN AGUA

Los datos correspondientes a los análisis de metales en agua tanto en época de estiaje como en época de lluvias se muestran en la Tabla N° 8.5 y Tabla N° 8.6; la interpretación de estos datos según los ECAs (Uso 3) se muestran en la Figura N° 8.7, Figura N° 8.8, Figura N° 8.9, Figura N° 8.10 y Figura N° 8.11.

8.3) SEGÚN LA MINERALOGÍA, GRANULOMETRÍA Y METALES EN SEDIMENTOS

Los datos correspondientes a los análisis mineralógicos y granulométricos tanto en época de estiaje como en época de lluvia se muestran en la Tabla N° 8.7, Tabla N° 8.8, Tabla N° 8.9, Tabla N° 8.10, Tabla N° 8.15 y Tabla N° 8.16; el análisis y la interpretación de estos datos se muestran en la Figura N° 8.12, Figura N° 8.13, Figura N° 8.14, Figura N° 8.15, Figura N° 8.16, Figura N° 8.17, Figura N° 8.18, Figura N° 8.19, Figura N° 8.20, Figura N° 8.21, Figura N° 8.22, Figura N° 8.23, Tabla N° 8.11, Tabla N° 8.12, Tabla N° 8.13 y Tabla N° 8.14.

8.4) SEGÚN LOS ENSAYOS DE BIOTOXICIDAD

El objetivo de estos ensayos es determinar la Concentración Letal Media (CL50) del agua del río Boca Cabana. Esta concentración se define como la concentración del agua en estudio que es capaz de matar a la mitad de los organismos evaluados en un tiempo determinado, generalmente 96 horas.

Una vez realizados los ensayos se dibuja en un papel logarítmico la Curva Probit; en un eje se coloca la concentración de los efluentes y en el otro eje se coloca el porcentaje de los organismos que van muriendo, en un tiempo determinado. Se plotean los datos y se traza una línea. La concentración que coincide con el 50% es la CL50

Para este ensayo de biotoxicidad se utilizó el agua de la Estación 16 (río Boca Cabana), en época de estiaje, presentando las siguientes características.

- pH: 5.45
- Conductividad: 1492 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- Potencial Redox: 227 mv
- Sulfatos: 108.4 mg/L
- Sólidos Suspendidos Totales: 2927.8 mg/L
- Metales: **Cu:** 0.154 mg/L ; **Pb:** 0.181 mg/L ; **Cd:** 0.0094 mg/L;
As: 0.2375 mg/L ; **Hg:** 0.00082 mg/L.

La Fotografía N° 8.1, nos muestra los recipientes con las diferentes concentraciones para cada ensayo. Los datos correspondientes a los análisis de Biotoxicidad se muestran en la Tabla N° 8.17, Tabla N° 8.18 y Tabla N° 8.19.

Según el primer y segundo ensayo de BT, la Curva Probit nos indica que el CL50 es: 43% (entre 40% y 60%) de concentración del agua del río. (Figura N° 8.24); según el tercer ensayo de mayor exactitud de BT, la Curva Probit nos indica que el CL50 es: 59% de concentración del agua del río. (Figura N° 8.25).

Se concluye que la concentración del agua de este afluente, que es capaz de matar a la mitad de daphnias es 59%. Es decir para matar a la mitad de Daphnias el agua del río Boca Cabana en época de estiaje, debe estar concentrada en un 59%. (Agua destilada = 41% y Agua del río = 59%).

8.5) CUERPOS RECEPTORES EN LA CUENCA

8.5.1) Agricultura

En la parte alta de la cuenca del río Boca Cabana se encuentra principalmente constituida por lchu, la mayor parte de sembríos se encuentran en la parte media de la cuenca, mientras en la parte baja la agricultura se presenta en menor cantidad que en la parte media, es posible que la contaminación haya llegado hasta el agua del subsuelo en muchas zonas, reduciendo de esta manera el desarrollo de la agricultura en la cuenca, como es el caso de la cuenca baja.

8.5.2) Ganadería

La ganadería de la cuenca es escasa al igual que la agricultura, casi la totalidad de la ganadería que presenta la cuenca, se encuentra cerca de los lugares poblados.

Gran parte de la fauna toma el agua principalmente de acequias cercana a los lugares poblados y no de los ríos en sí, razón por la cual, gran parte de la fauna no recibe los efectos dañinos de los elementos contaminantes presentes en el río Boca Cabana.

8.5.3) Comunidades

Las comunidades prácticamente no se encuentra afectada por la contaminación de los ríos de la zona, ya que al igual que el caso de la ganadería, gran parte de la población usa el agua proveniente de represas y acequias ubicadas en las zonas más altas de la cuenca, cerca de nevados; esta agua llega a los hogares, es hervida y bebida por los pobladores. El agua desechada por los pobladores recién es vertida al río Boca Cabana.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Época de Estiaje (Agosto)

Punto de Muestreo	Temperatura (C°)	Conductividad (μ S/cm)	pH	Redox (mv)	Caudal (m3/s)
15	16,5	540	5.56	228	7.1
16	16	1492	5.45	227	0.55
17	18	712	5.8	139	7.8

Tabla N° 8.1

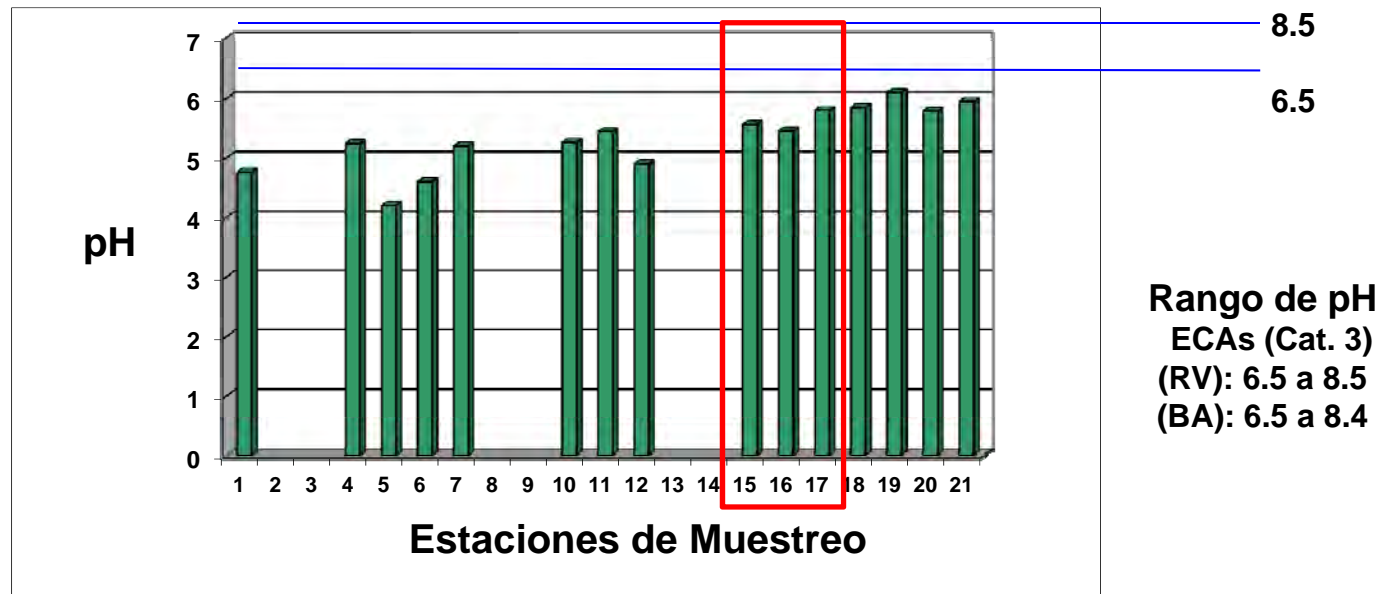
Época de Lluvias (Marzo)

Punto de Muestreo	Temperatura (C°)	Conductividad (μ S/cm)	pH	Redox (mv)	Caudal (m3/s)
15	20	230	7.4	115	46.86
16	21	532	7	124	3.63
17	24	258	6.8	105	51.48

Tabla N° 8.2

VARIACIÓN DE PH (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

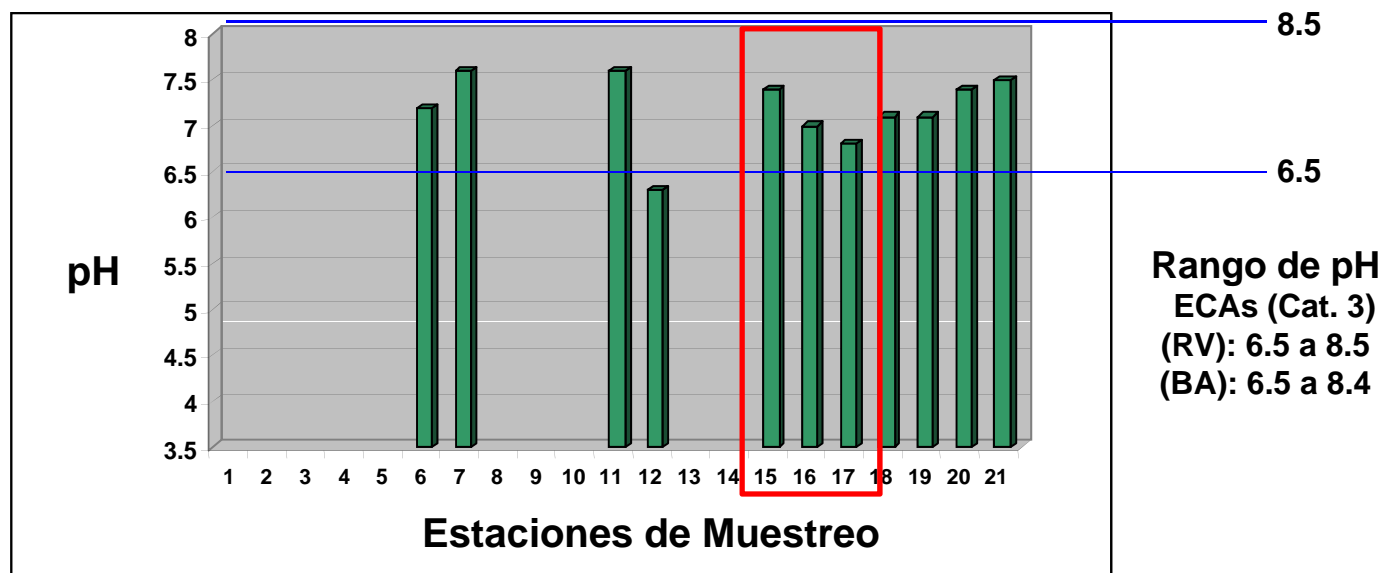
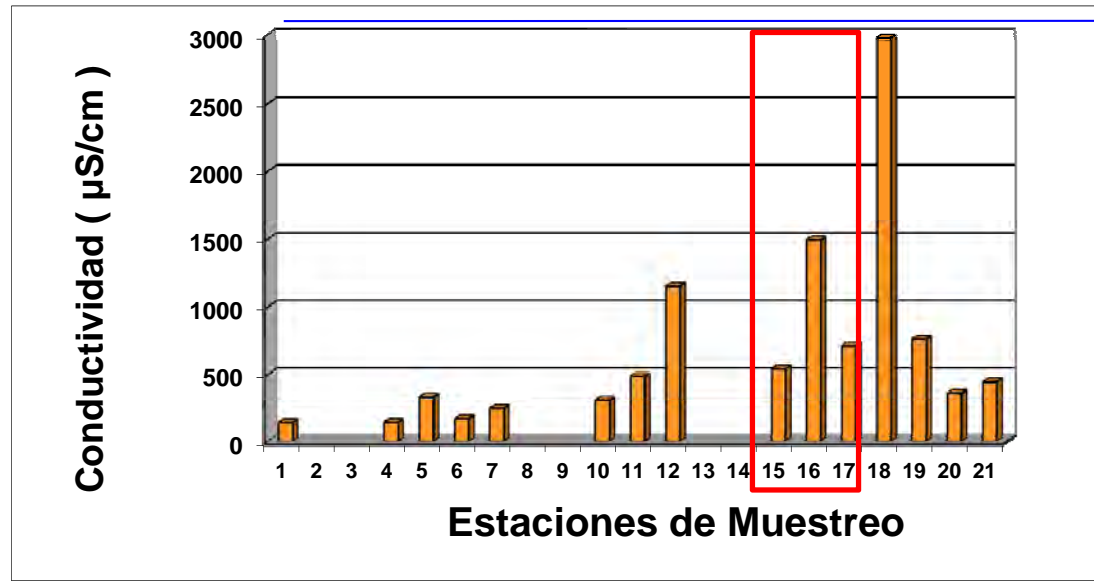


Figura N° 8.1

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD (ESTIAJE Y LLUVIAS)

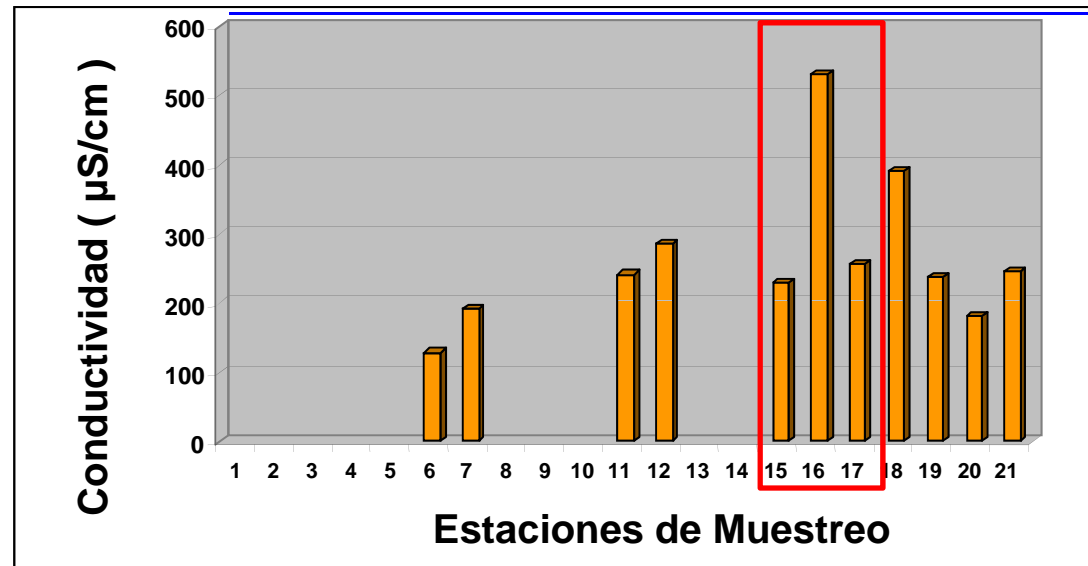
Agosto
(Estiaje)



5000 µS/cm
2000 µS/cm

Conductividad
ECAs (Cat. 3)
(RV): 2000 us
(BA): 5000 us

Marzo
(Lluvia)



5000 µS/cm
2000 µS/cm

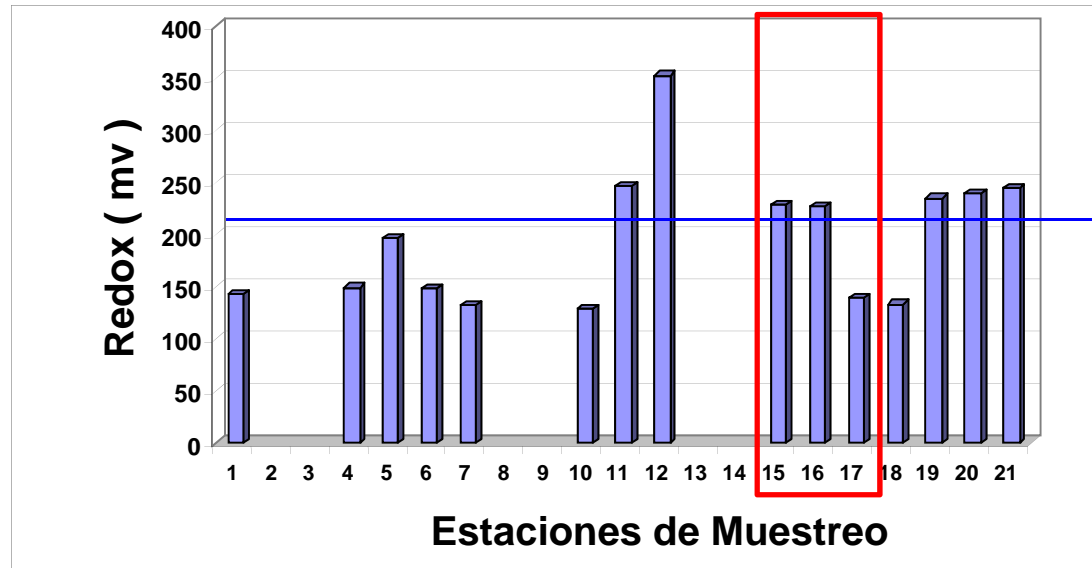
Conductividad
ECAs (Cat. 3)
(RV): 2000 us
(BA): 5000 us

Figura N° 8.2

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE REDOX (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

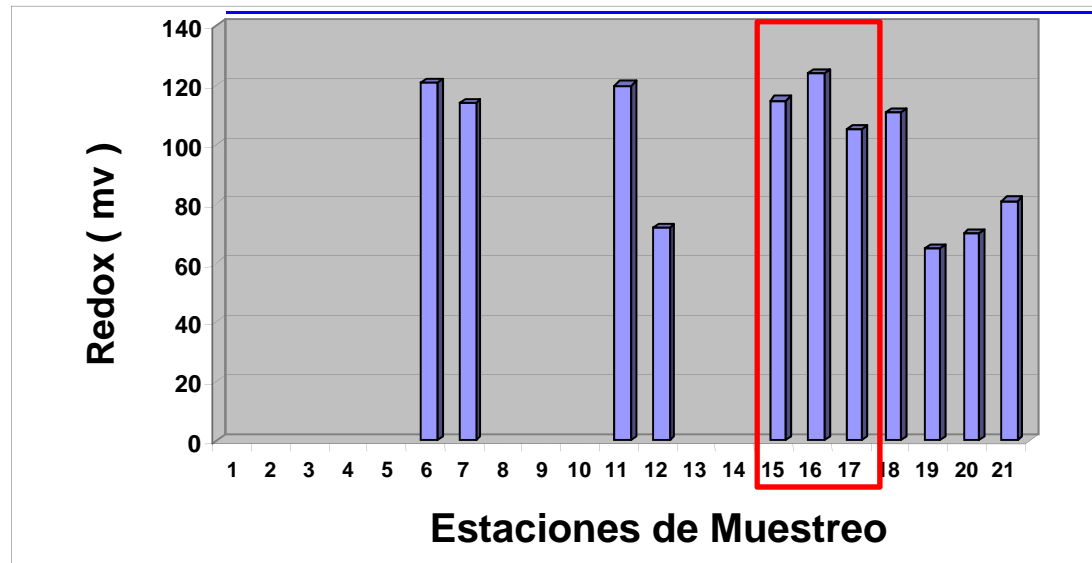


Figura N° 8.3

SULFATOS, TURBIDEZ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Época de Estiaje (Agosto)

Punto	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)
15	32.120	143	99.36
16	108.400	4705	2927.80
17	24.180	585	373.40

Tabla N° 8.3

Época de Lluvias (Marzo)

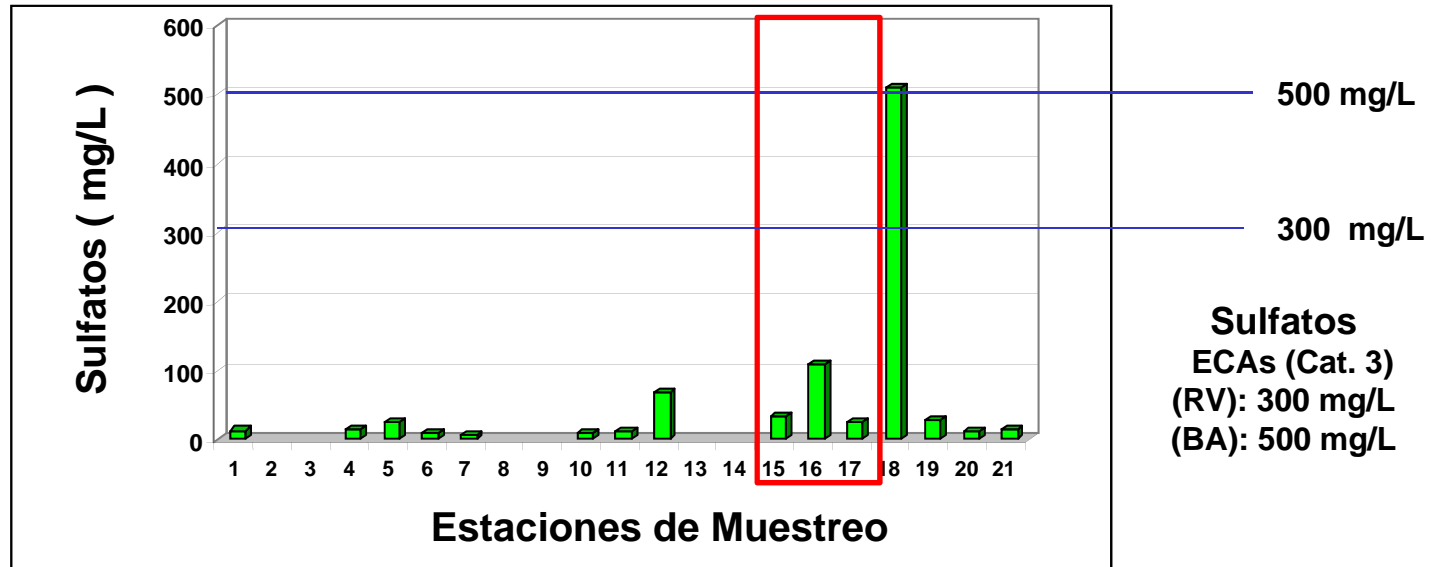
Punto	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)
15	13.47	6310	3922.9
16	30.63	9400	5838.7
17	31.62	8167	5074.24

Tabla N° 8.4

Obs. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

VARIACIÓN DE SULFATOS (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

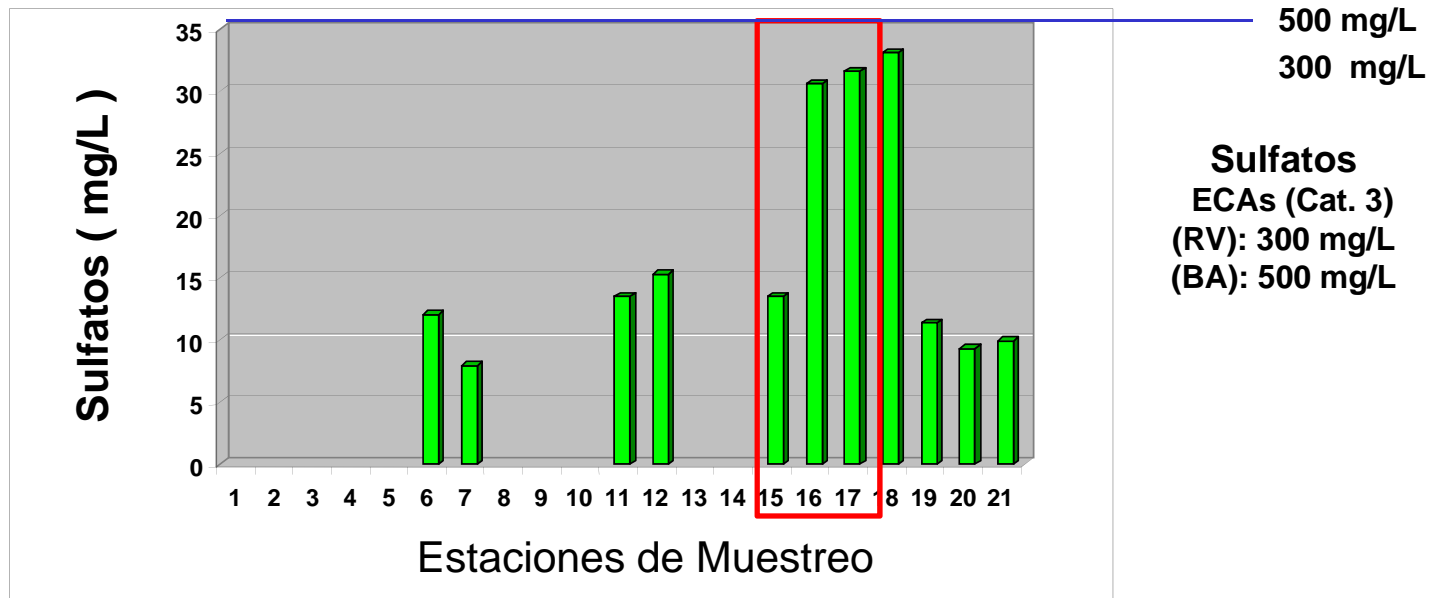
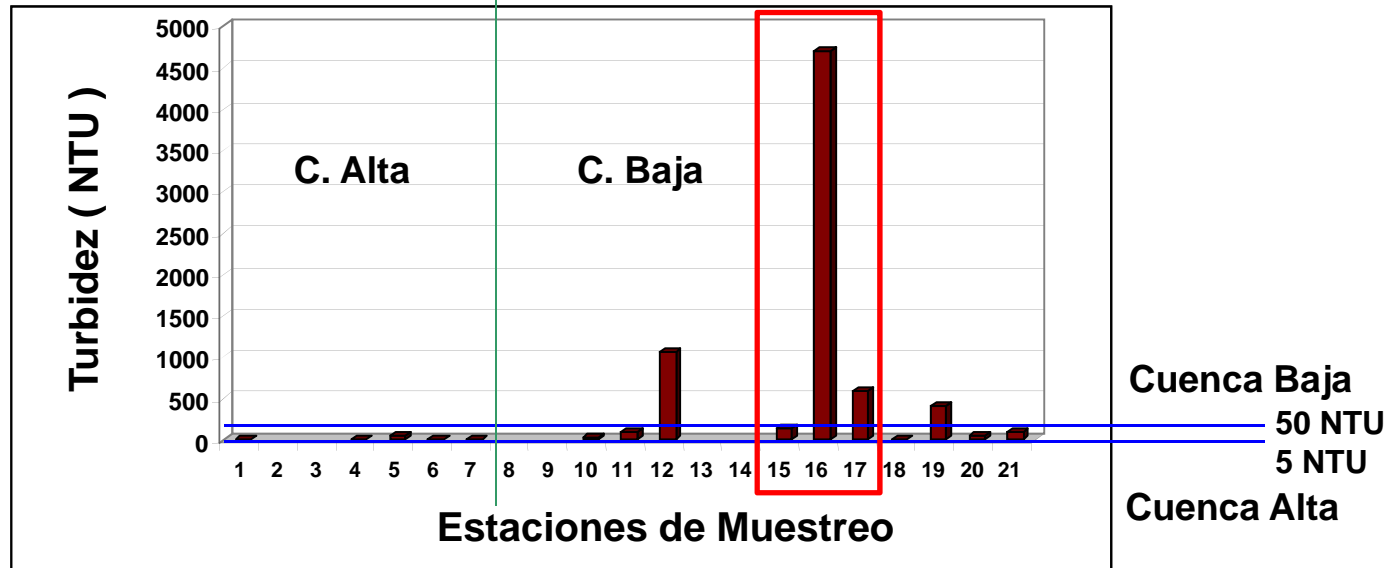


Figura N° 8.4

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE TURBIDEZ (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

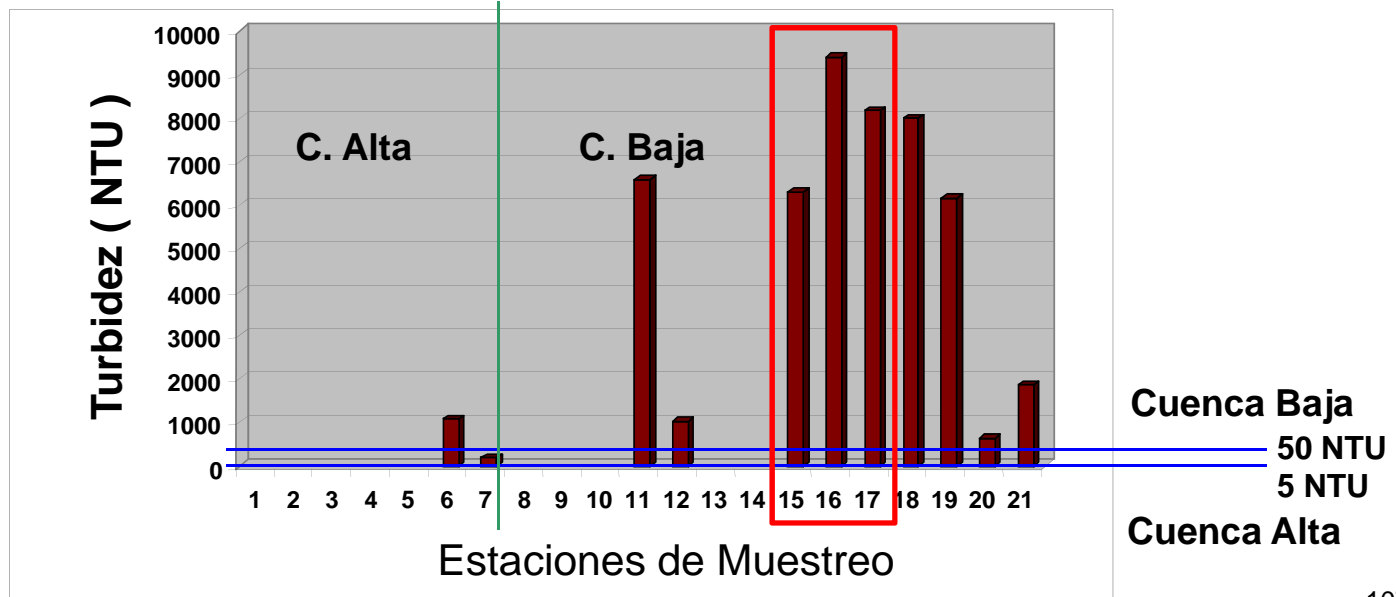
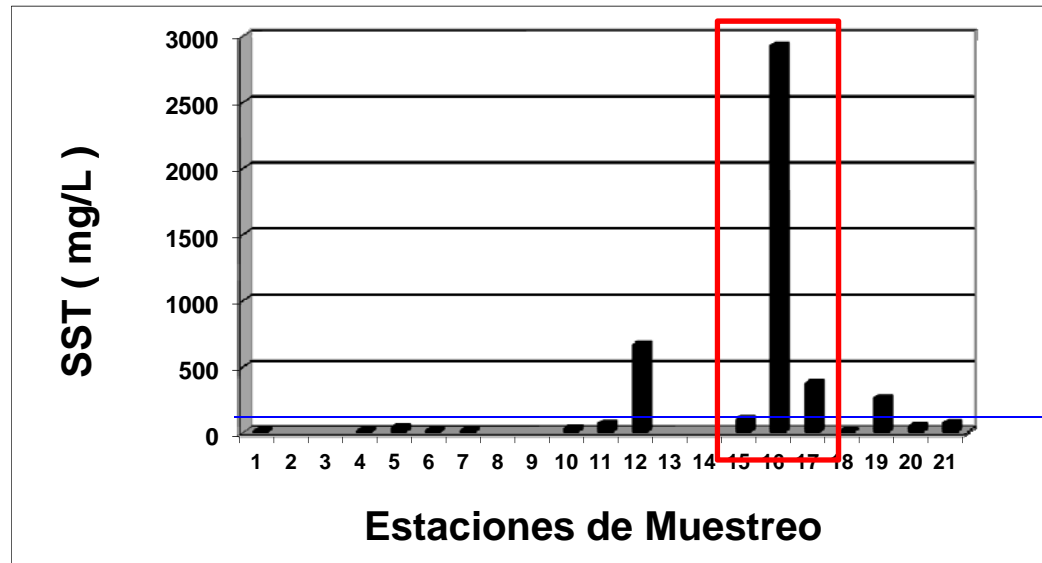


Figura N° 8.5

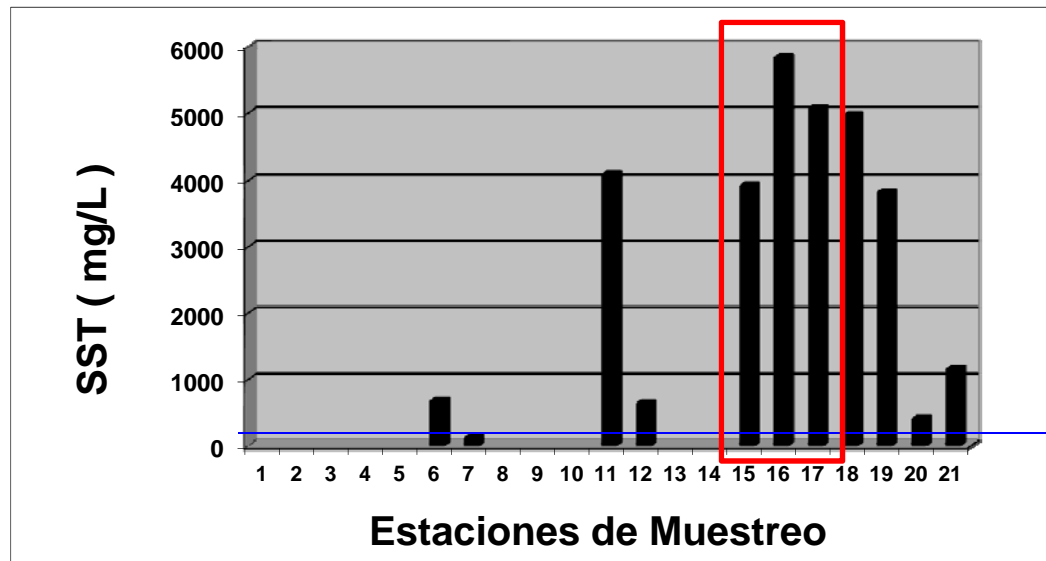
VARIACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



FAO - Riego
50 mg/L

Marzo
(Lluvia)



FAO - Riego
50 mg/L

Figura N° 8.6

Obs. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

ANÁLISIS DE METALES EN AGUA

Época de Estiaje (Agosto)

Punto	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Hg (mg/l)
15	0.017	0.020	0.0003	0.0342	0.00060
16	0.154	0.181	0.0094	0.2375	0.00082
17	0.028	0.039	0.0009	0.0879	0.00065

Tabla N° 8.5

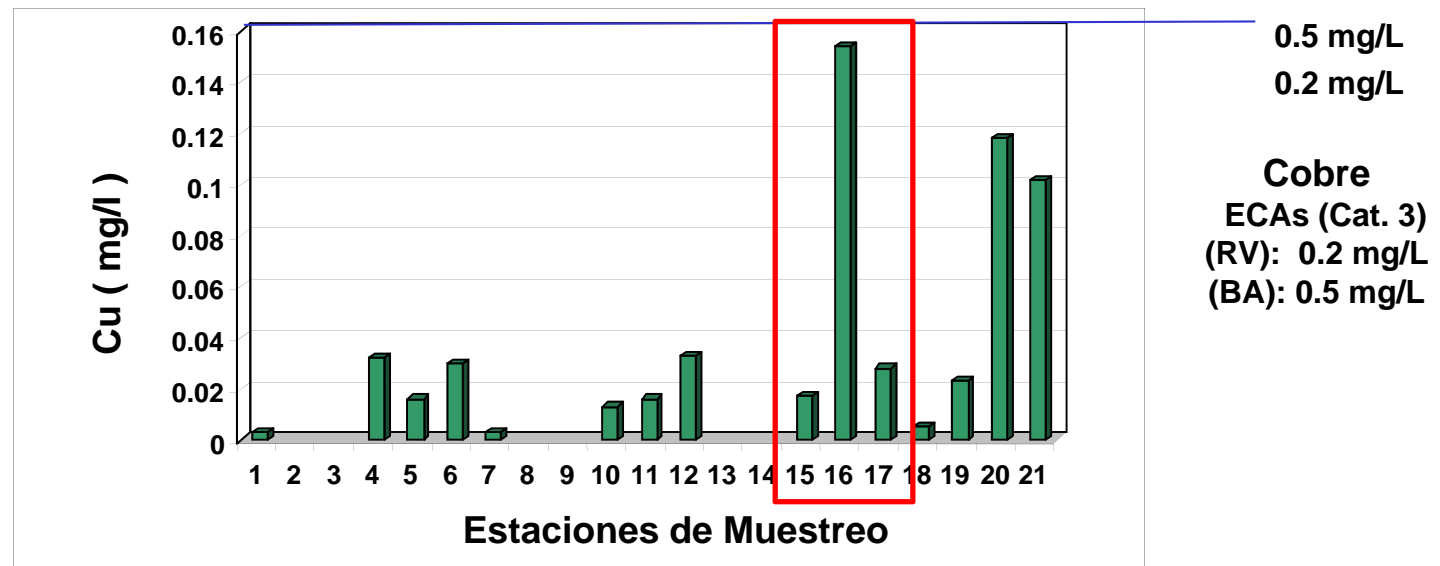
Época de Lluvias (Marzo)

Punto	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Hg (mg/l)
15	0.370	0.264	0.0013	0.3570	0.00137
16	0.318	0.274	0.0014	0.1606	0.00125
17	0.447	0.304	0.0024	0.4550	0.00224

Tabla N° 8.6

VARIACIÓN DE COBRE EN AGUA (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

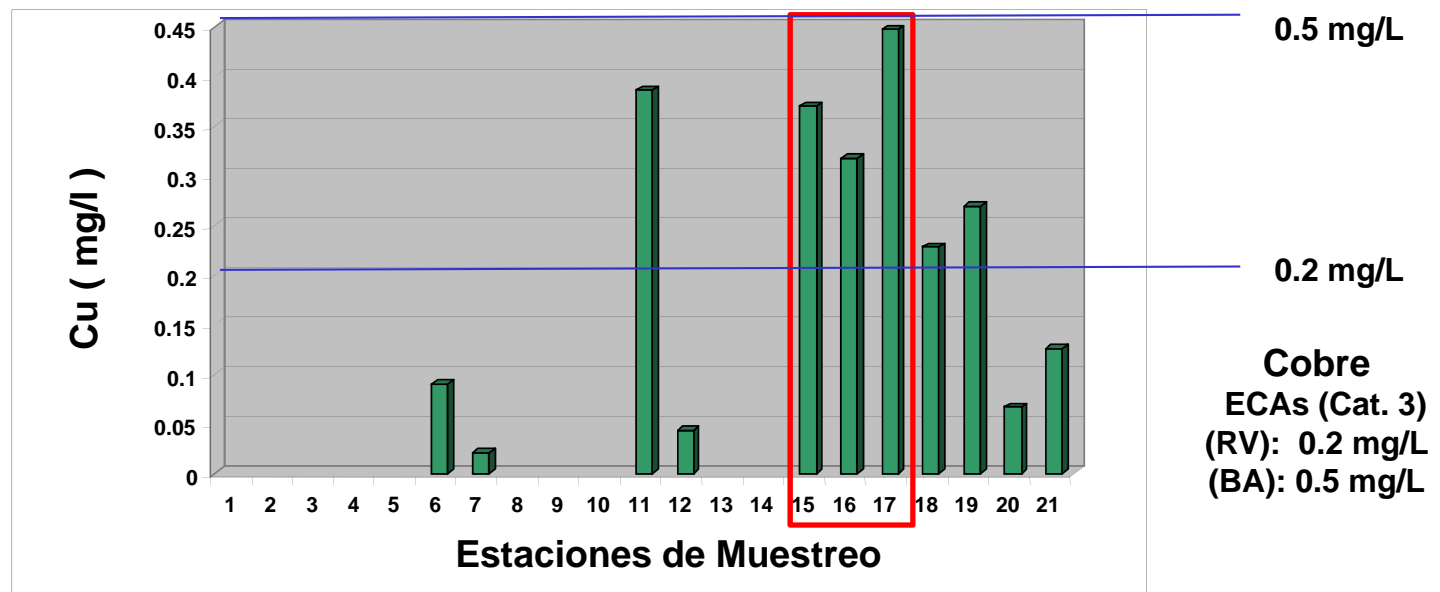
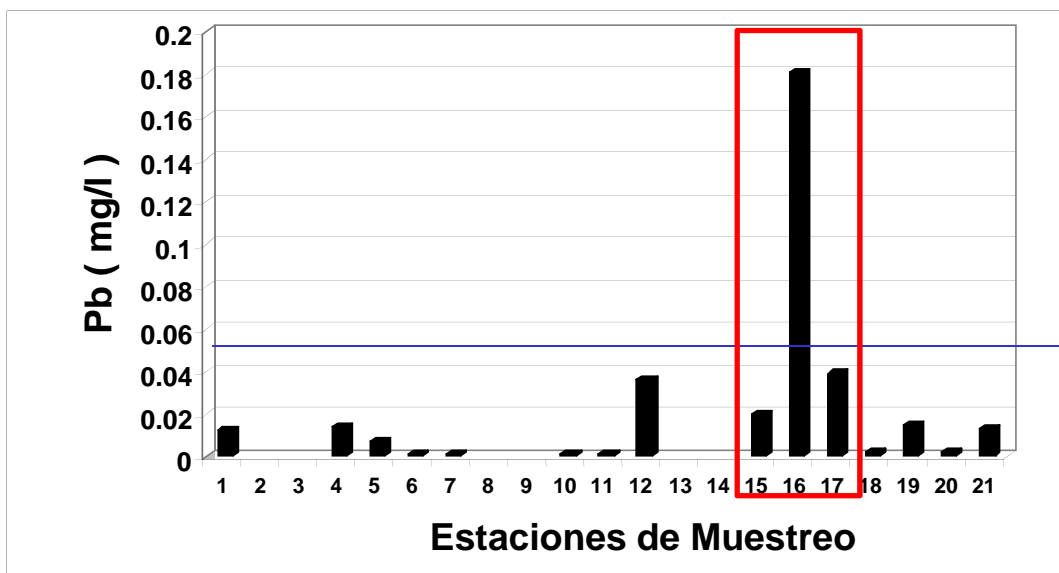


Figura N° 8.7

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE PLOMO EN AGUA (ESTIAJE Y LLUVIAS)

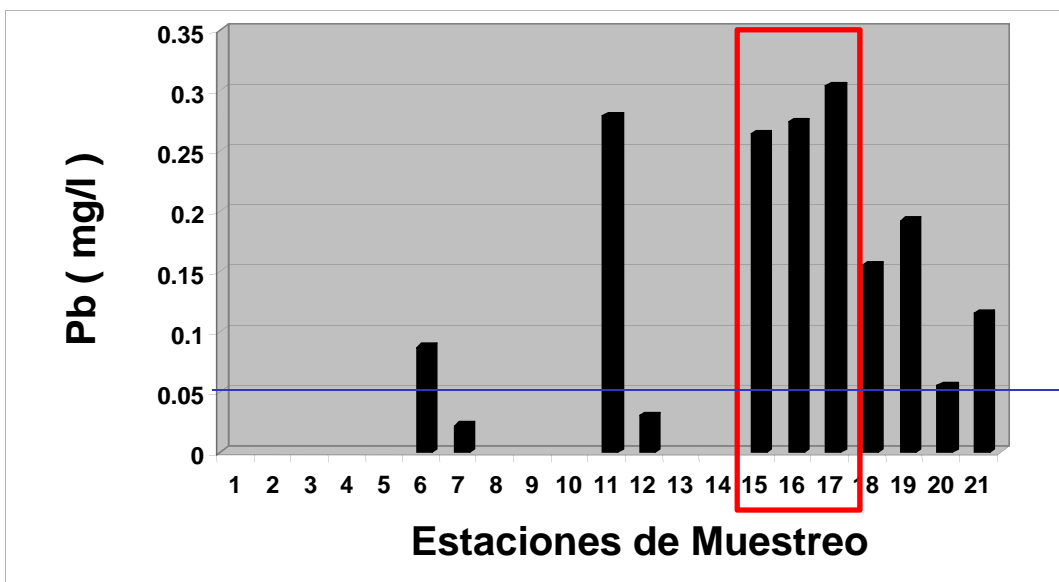
Agosto
(Estiaje)



Plomo
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.05 mg/L
(BA): 0.05 mg/L

0.05 mg/L

Marzo
(Lluvia)



Plomo
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.05 mg/L
(BA): 0.05 mg/L

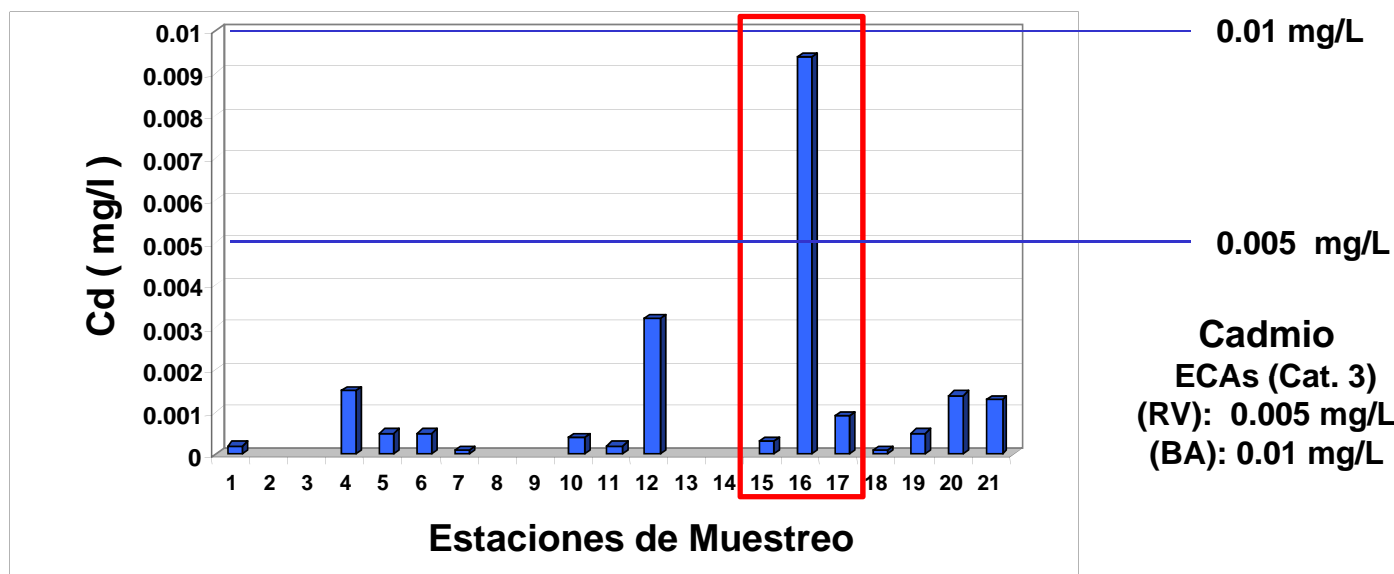
0.05 mg/L

Figura N° 8.8

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE CADMIO EN AGUA (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

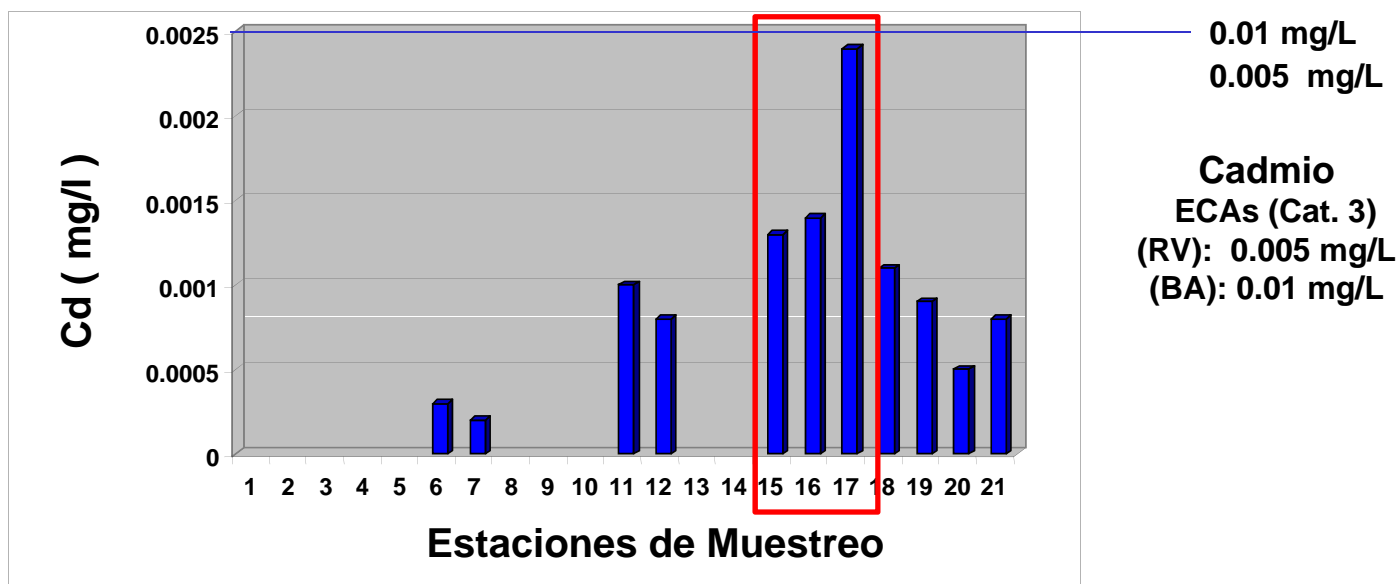
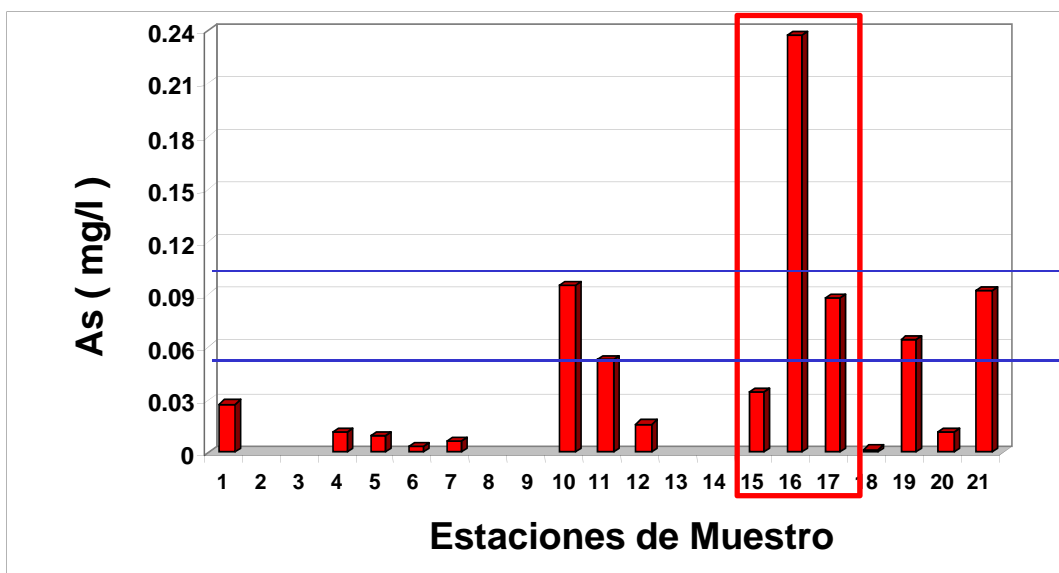


Figura N° 8.9

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)

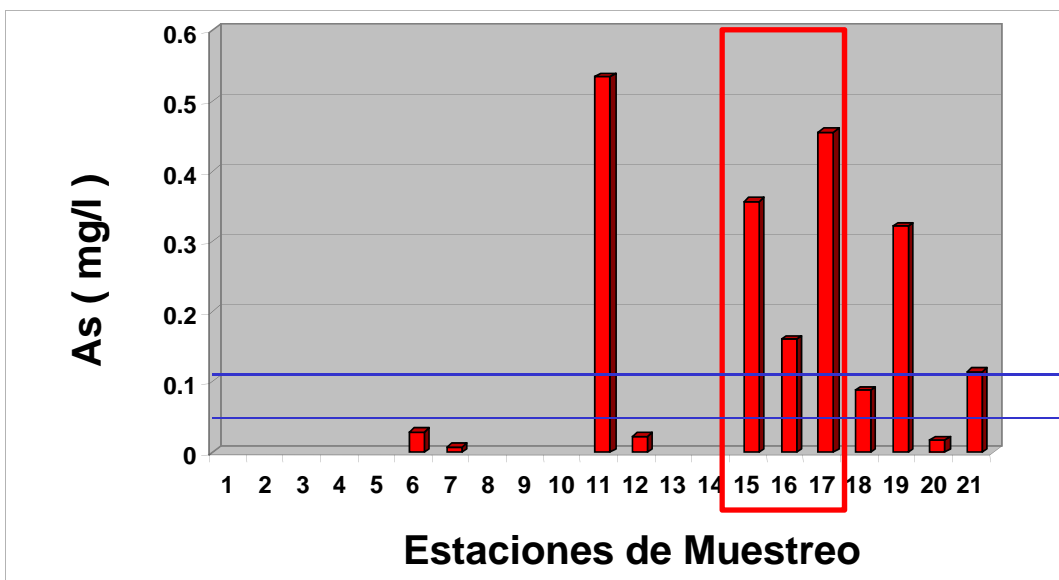


Arsénico
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.05 mg/L
(BA): 0.1 mg/L

0.1 mg/L

0.05 mg/L

Marzo
(Lluvia)



Arsénico
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.05 mg/L
(BA): 0.1 mg/L

0.1 mg/L

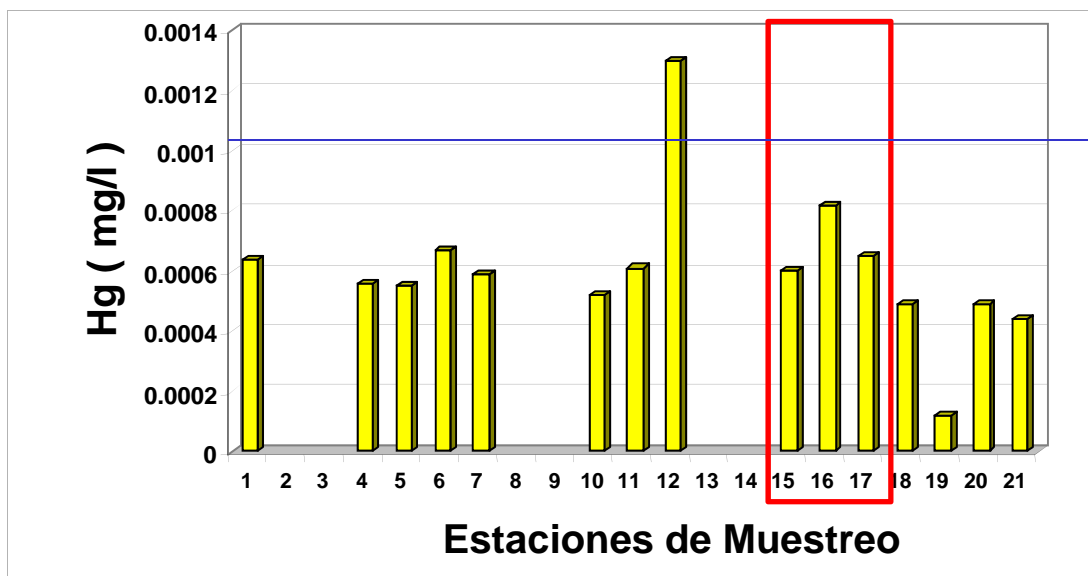
0.05 mg/L

Figura N° 8.10

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE MERCURIO EN AGUA (ESTIAJE Y LLUVIAS)

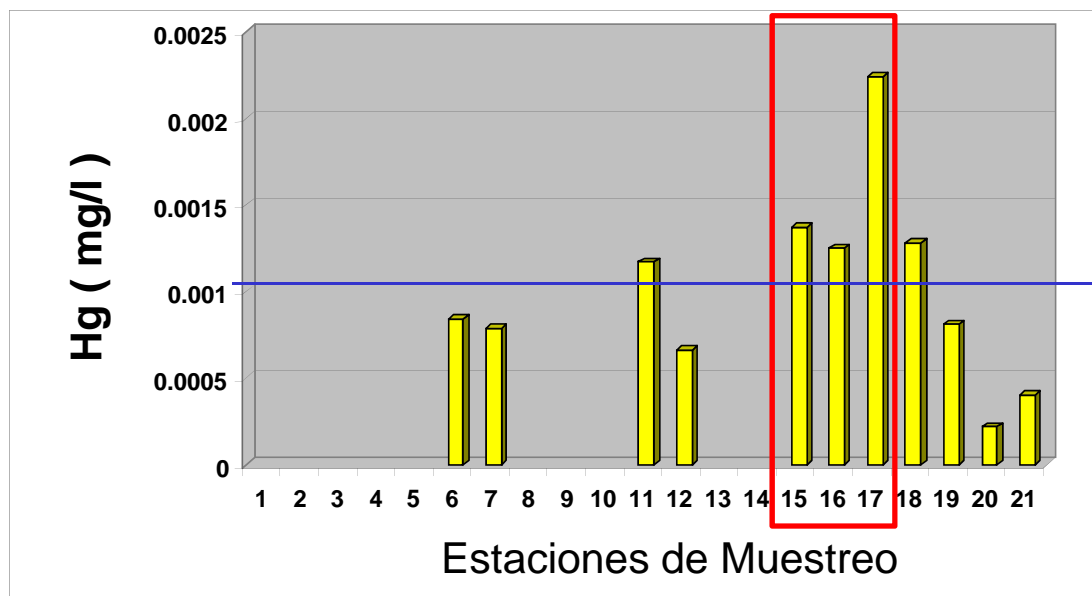
Agosto
(Estiaje)



0.001 mg/L

Mercurio
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.001 mg/L
(BA): 0.001 mg/L

Marzo
(Lluvia)



0.001 mg/L

Mercurio
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.001 mg/L
(BA): 0.001 mg/L

Figura N° 8.11

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

ANÁLISIS MINERALÓGICO

Época de Estiaje (Agosto)

Estación 15 (Agosto)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Alto contenido de cuarzo, micas, ortosa, rutilo, oxidación media.
Malla -80	Abundante cuarzo, ortosa, micas, esfalerita, rutilo, arcillas, muy poca cantidad de carbonatos.

Estación 16 (Agosto)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, rutilo, ortosa, micas, ilmenita, oxidación media.
Malla -80	Cuarzo, ilmenita, micas, rutilo, arcillas, ligera oxidación, muy poca cantidad de carbonatos.

Estación 17 (Agosto)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, ilmenita, esfalerita, micas, magnetita, ligera oxidación, carbonatos en muy poca cantidad.
Malla -80	Magnetita, ilmenita, cuarzo, micas, zircones, arcillas, carbonatos en poca cantidad.

Tabla N° 8.7

Época de Lluvias (Marzo)

Estación 15 (Marzo)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Fragmentos de roca, cuarzo, micas, ilmenita, carbonatos en poca cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, rutilo, esfalerita, ilmenita, oxidación media, carbonatos en mediana cantidad.

Estación 16 (Marzo)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Fragmentos de roca, cuarzo, micas, magnetita, ilmenita, esfalerita, ligera oxidación, carbonatos en mediana cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, esfalerita, arcillas, ilmenita, magnetita, ligera oxidación, carbonatos en alta cantidad.

Estación 17 (Marzo)	
Malla +6	Fragmentos de roca, cuarzo, pirita.
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, micas, pirita, magnetita, ilmenita, carbonatos en mediana cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, rutilo, arcillas, ilmenita, mediana oxidación, carbonatos en alta cantidad.

Tabla N° 8.8

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Época de Estiaje (Agosto)

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Punto 15	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	98.6%	87.5%	43.6%	15.7%
Punto 16	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	98.6%	92.7%	66.7%	30.2%
Punto 17	100%	100%	100%	100%	100%	99.6%	99.1%	98.7%	97.9%	95.3%	76.8%	47.6%

Tabla N° 8.9

Época de Lluvias (Marzo)

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Punto 15	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	83.2%	35.7%	12.0%
Punto 16	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	98.8%	96.8%	92.7%	81.7%	60.5%	31.0%
Punto 17	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.4%	99.1%	98.8%	98.6%	94.9%	56.8%	23.4%

Tabla N° 8.10

ESTACIÓN 15 (ESTIAJE)

Mineralogía

	Estación 15 (Agosto)
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Alto contenido de cuarzo, micas, ortosa, rutilo, oxidación media.
Malla -80	Abundante cuarzo, ortosa, micas, esfalerita, rutilo, arcillas, muy poca cantidad de carbonatos.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 15	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	98.6%	87.5%	43.6%	15.7%

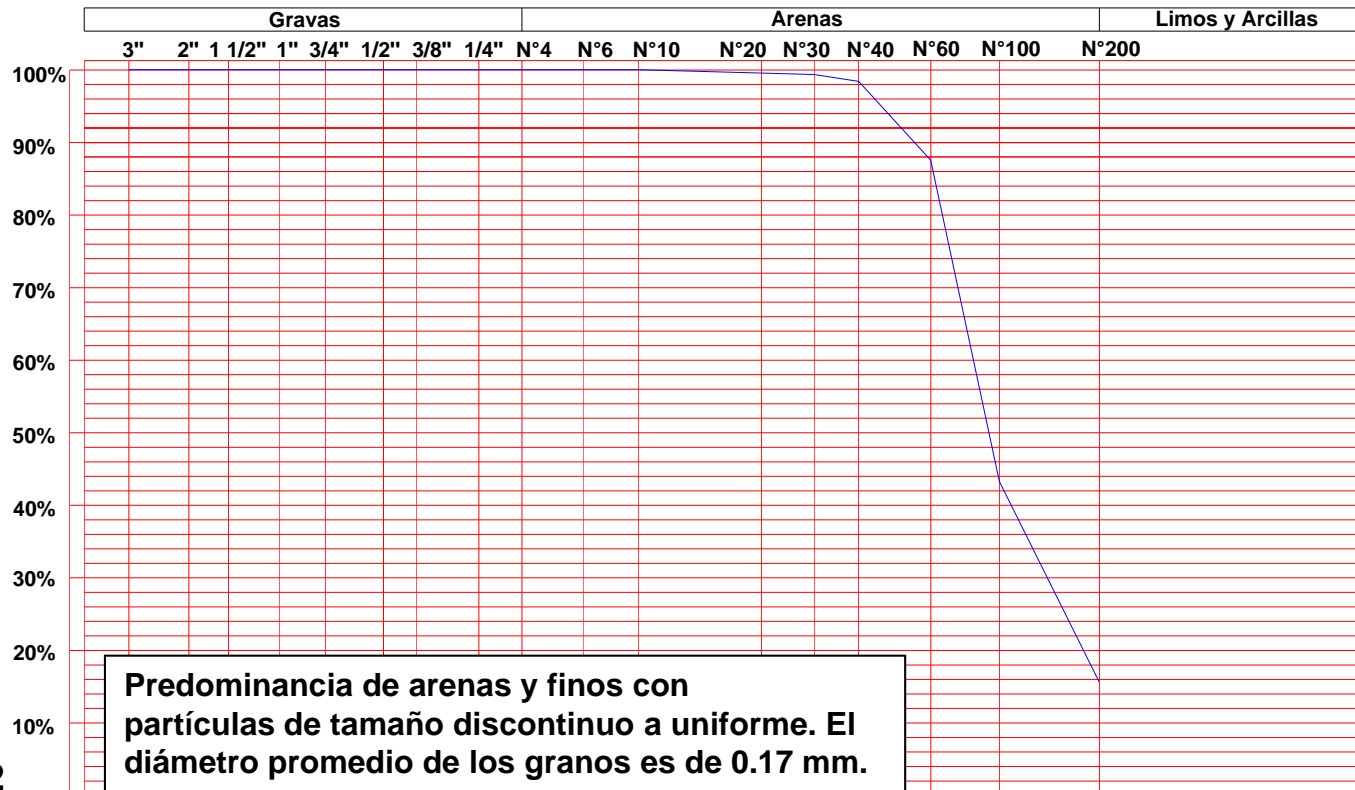


Figura N° 8.12

ESTACIÓN 15 (LLUVIAS)

Mineralogía

Estación 15 (Marzo)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Fragmentos de roca, cuarzo, micas, ilmenita, carbonatos en poca cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, rutilo, esfalerita, ilmenita, oxidación media, carbonatos en mediana cantidad.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 15	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	83.2%	35.7%	12.0%

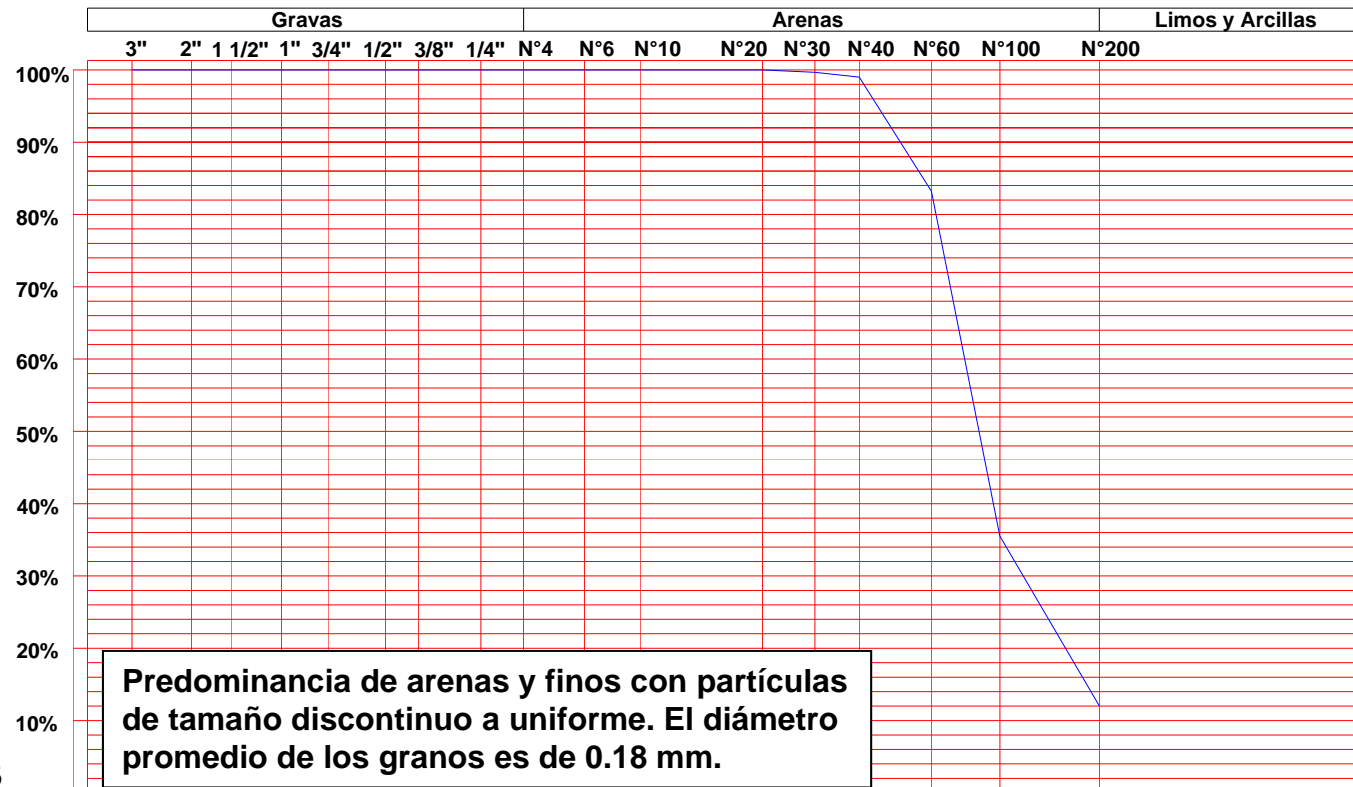


Figura N° 8.13

ESTACIÓN 16 (ESTIAJE)

Mineralogía

	Estación 16 (Agosto)
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, rutilo, ortosa, micas, ilmenita, oxidación media.
Malla -80	Cuarzo, ilmenita, micas, rutilo, arcillas, ligera oxidación, muy poca cantidad de carbonatos.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 16	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.3%	98.6%	92.7%	66.7%	30.2%

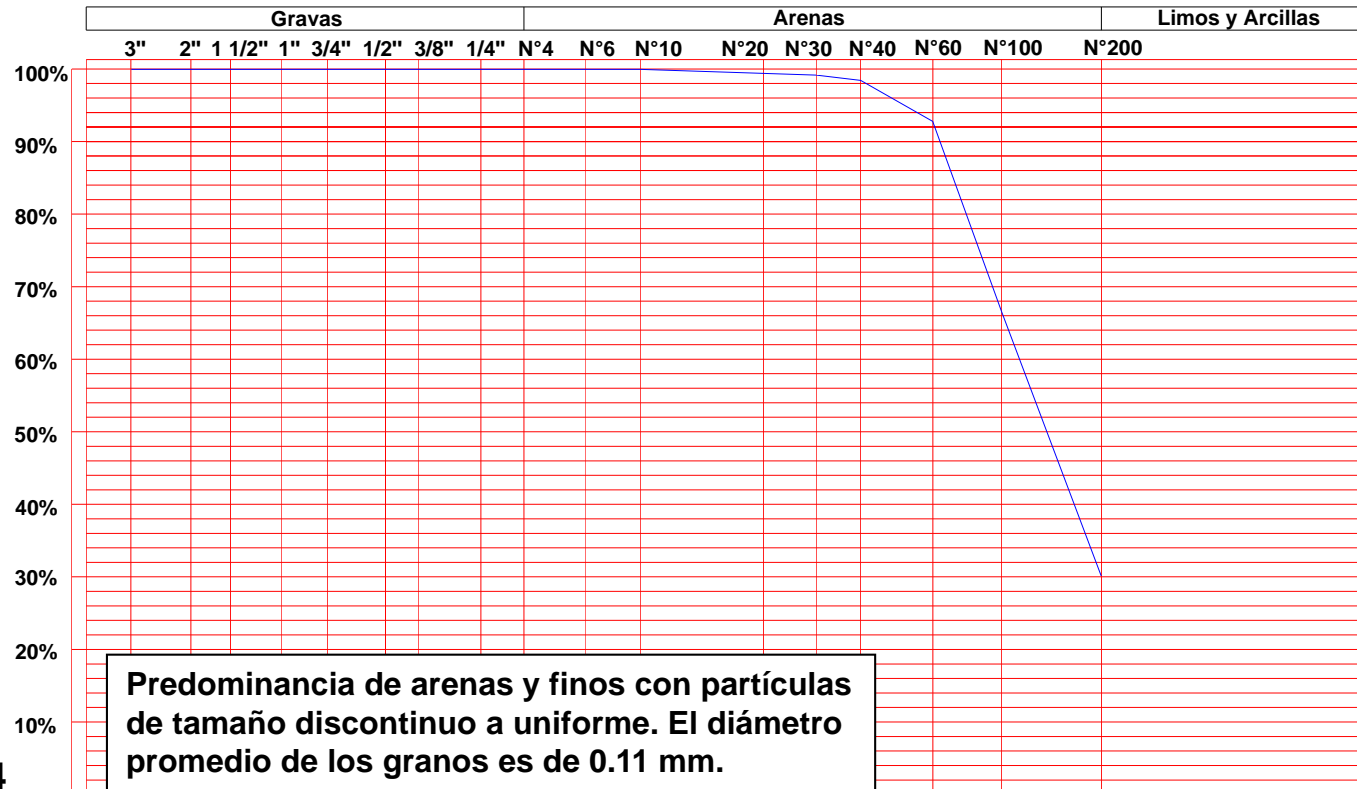


Figura N° 8.14

ESTACIÓN 16 (LLUVIAS)

Mineralogía

Estación 16 (Marzo)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Fragmentos de roca, cuarzo, micas, magnetita, ilmenita, esfalerita, ligera oxidación, carbonatos en mediana cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, esfalerita, arcillas, ilmenita, magnetita, ligera oxidación, carbonatos en alta cantidad.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 16	100%	100%	100%	100%	100%	99.7%	98.8%	96.8%	92.7%	81.7%	60.5%	31.0%

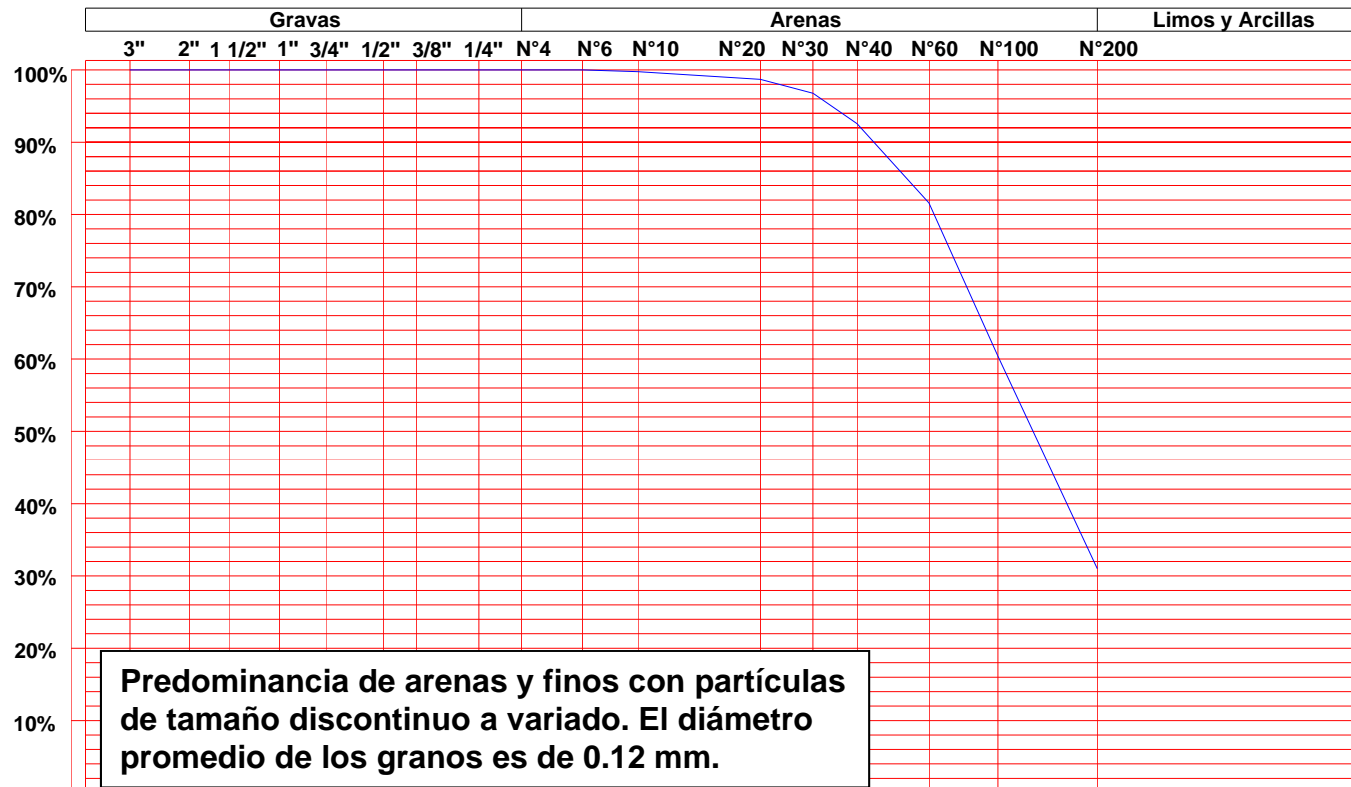


Figura N° 8.15

ESTACIÓN 17 (ESTIAJE)

Mineralogía

Estación 17 (Agosto)	
Malla +6	(Vacío)
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, ilmenita, esfalerita, micas, magnetita, ligera oxidación, carbonatos en muy poca cantidad.
Malla -80	Magnetita, ilmenita, cuarzo, micas, zircones, arcillas, carbonatos en poca cantidad.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 17	100%	100%	100%	100%	100%	99.6%	99.1%	98.7%	97.9%	95.3%	76.8%	47.6%

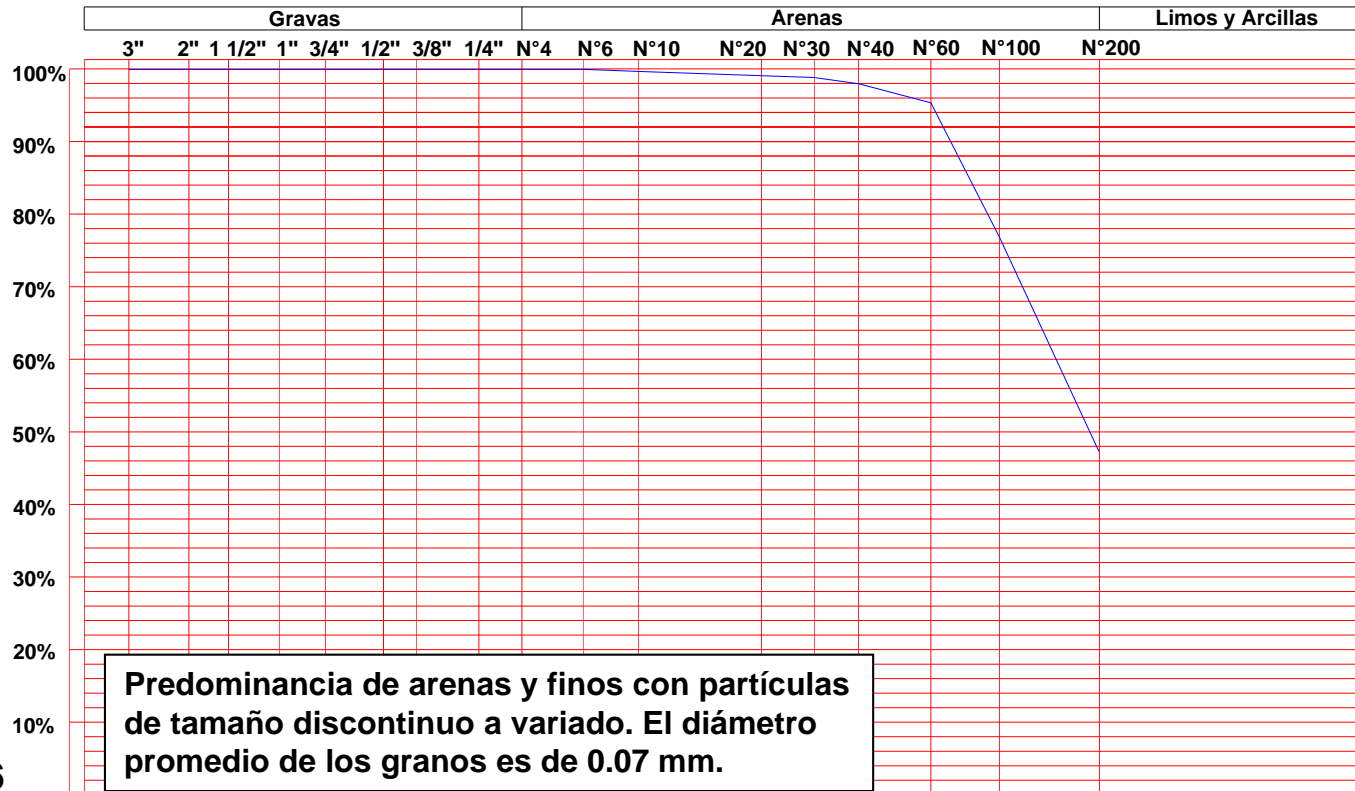


Figura N° 8.16

ESTACIÓN 17 (LLUVIAS)

Mineralogía

Estación 17 (Marzo)	
Malla +6	Fragmentos de roca, cuarzo, pirita.
De Malla -6 a Malla +80	Cuarzo, micas, pirita, magnetita, ilmenita, carbonatos en mediana cantidad.
Malla -80	Cuarzo, micas, rutilo, arcillas, ilmenita, mediana oxidación, carbonatos en alta cantidad.

Granulometría

Malla	M. 1 1/2	M. 1"	M. 3/8	M. 1/4	M. N 6	M. N 10	M. N 20	M. N 30	M. N 40	M. N 60	M. N 100	M. N 200
Espesor (mm)	48	25	9.5	6.3	3.3	2	0.84	0.58	0.42	0.25	0.15	0.066
Estación 17	100%	100%	100%	100%	99.7%	99.4%	99.1%	98.8%	98.6%	94.9%	56.8%	23.4%

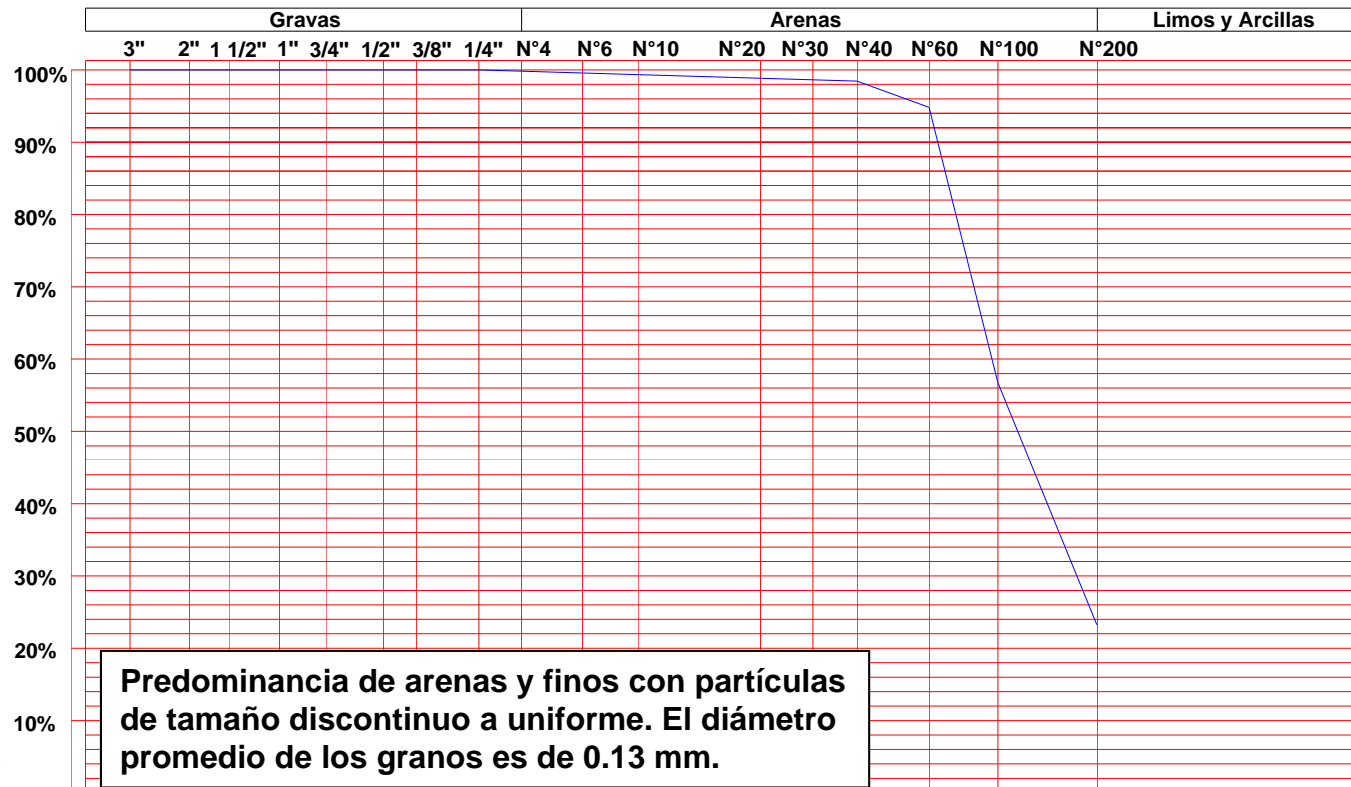


Figura N° 8.17

INTERPRETACIÓN DE LA MINERALOGÍA EN ÉPOCA DE ESTIAJE

		Est 1	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 10	Est 11	Est 12	Est 15	Est 16	Est 17	Est 18	Est 19	Est 20	Est 21
Malla Ret 6	Sulfuros	B	M	B	M	B	B	B	M	*	*	*	M	*	M	B
	Carbonatos	B	B	B	B	A	B	B	B	*	*	*	M	*	B	B
Malla Pas 6 a Ret 80	Sulfuros	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B
	Carbonatos	M	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B
Malla Pas 80	Sulfuros	B	M	B	M	B	M	M	M	B	B	M	B	M	M	M
	Carbonatos	A	M	B	B	A	M	B	B	B	B	B	A	B	M	B

Tabla N° 8.11

INTERPRETACIÓN DE LA MINERALOGÍA EN ÉPOCA DE LLUVIAS

		Est 6	Est 7	Est 11	Est 12	Est 15	Est 16	Est 17	Est 18	Est 19	Est 20	Est 21
Malla Ret 6	Sulfuros	M	*	*	B	*	*	M	*	M	*	*
	Carbonatos	B	*	*	B	*	*	B	*	B	*	*
Malla Pas 6 a Ret 80	Sulfuros	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Carbonatos	B	A	B	B	B	M	M	B	B	B	B
Malla Pas 80	Sulfuros	M	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B
	Carbonatos	B	A	B	B	M	A	A	M	B	M	M

(*) : No queda retenido material en la malla
 A : En alta proporción respecto al total
 M : En mediana proporción respecto al total
 B : En baja proporción respecto al total

Tabla N° 8.12

INTERPRETACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN ÉPOCA DE ESTIAJE

		Est 1	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 10	Est 11	Est 12	Est 15	Est 16	Est 17	Est 18	Est 19	Est 20	Est 21
Gravas	Material	V	V	D	D	D	V	D	V	D	D	D	V	D	D	D
	Proporción	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Arenas	Material	V	V	DU	V	V	V	V	V	DU	DU	DV	V	DV	DU	V
	Proporción	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A
Finos	Material	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Proporción	B	B	M	M	M	B	M	B	M	M	M	B	A	M	B

Tabla N° 8.13

INTERPRETACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN ÉPOCA DE LLUVIAS

		Est 6	Est 7	Est 11	Est 12	Est 15	Est 16	Est 17	Est 18	Est 19	Est 20	Est 21
Gravas	Material	D	D	D	V	D	D	D	D	V	D	D
	Proporción	B	B	B	M	B	B	B	B	M	B	B
Arenas	Material	V	DU	DU	V	DU	DV	DU	DV	DV	DV	DU
	Proporción	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A
Finos	Material	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Proporción	B	B	M	B	M	M	M	M	B	M	B

Proporción

A : En alta proporción respecto al total

M : En mediana proporción respecto al total

B : En baja o nula proporción respecto al total

Material

(*) : No esta definido

V : Tamaño Variado

U : Tamaño Uniforme

D : Tamaño Discontinuo

DV : Empieza discontinuo y se vuelve variado

DU : Empieza discontinuo y se vuelve uniforme

Tabla N° 8.14

ANÁLISIS DE METALES EN SEDIMENTO

Época de Estiaje (Agosto)

Punto	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
15	18.2	91.2	22.2	1.32	28.80	0.155
16	14.5	53.3	26.7	1.20	70.80	0.132
17	30.1	112.8	19.8	1.72	68.00	0.105

Tabla N° 8.15

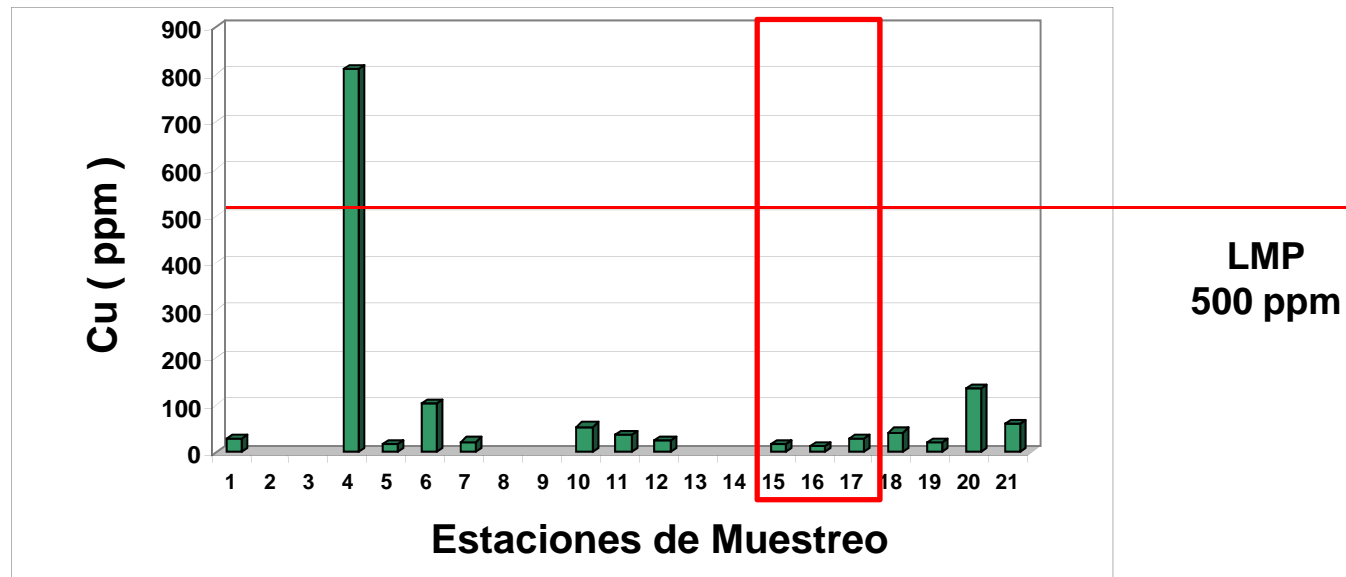
Época de Lluvias (Marzo)

Punto	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
15	36.00	58.0	23.4	0.12	62.10	0.16
16	32.10	112.7	15.7	0.20	16.30	0.17
17	38.00	52.1	19.0	0.25	51.70	0.18

Tabla N° 8.16

VARIACIÓN DE COBRE EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

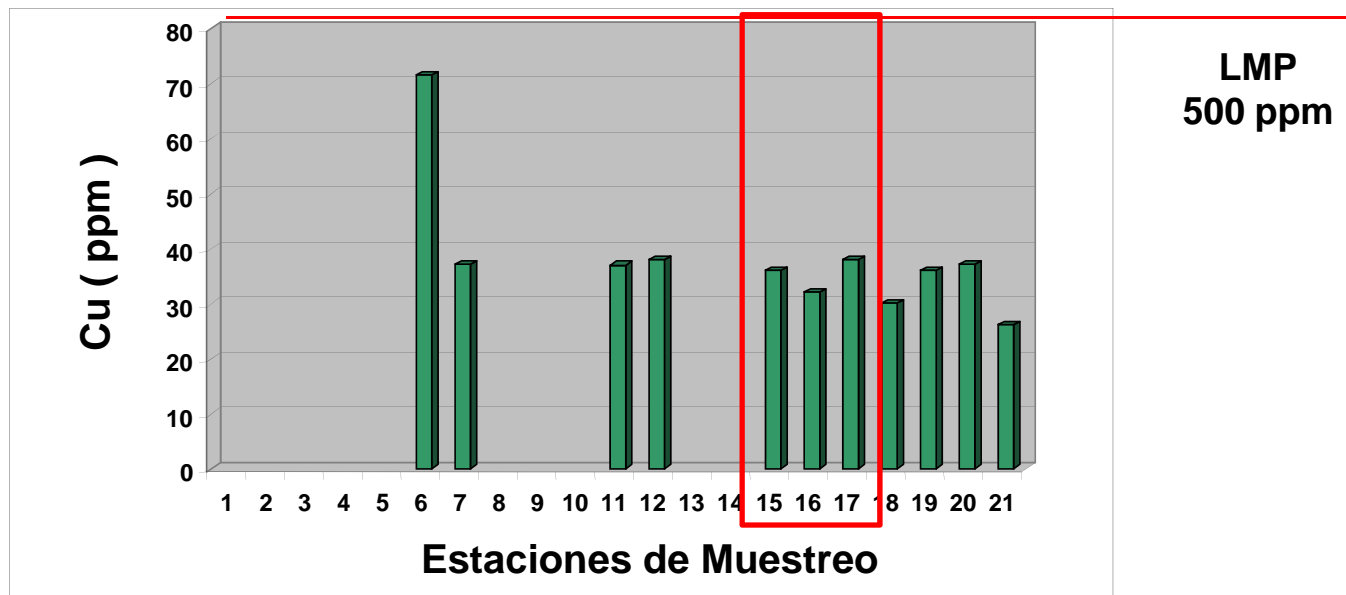
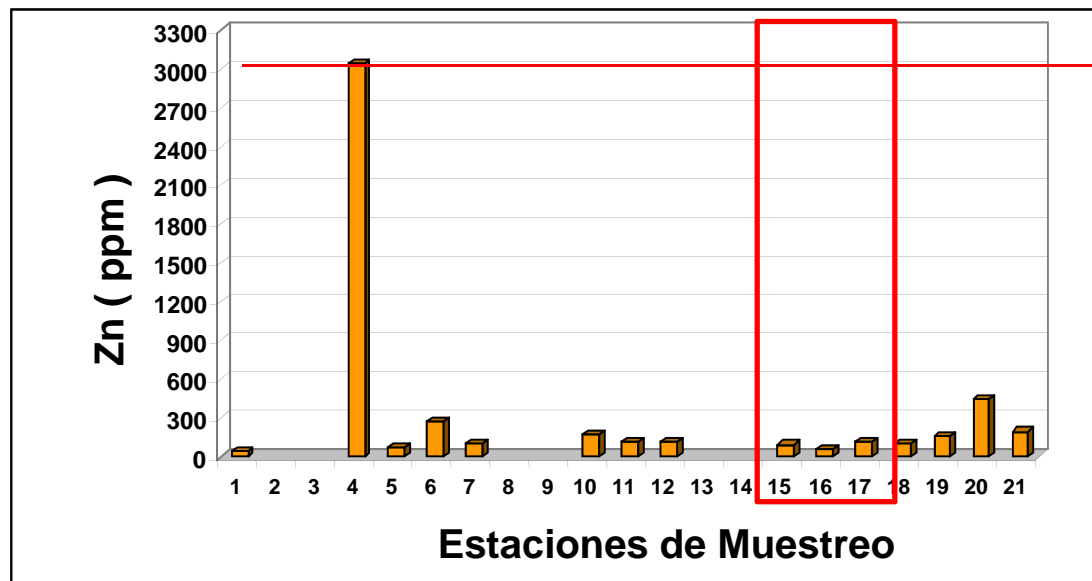


Figura N° 8.18

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

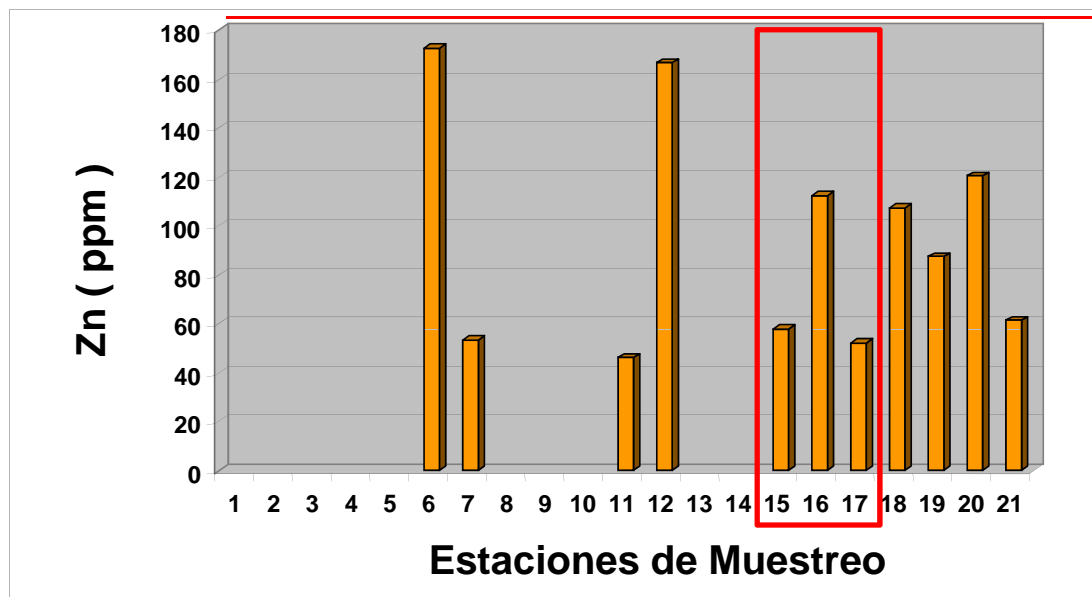
VARIACIÓN DE ZINC EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



LMP
3000 ppm

Marzo
(Lluvia)



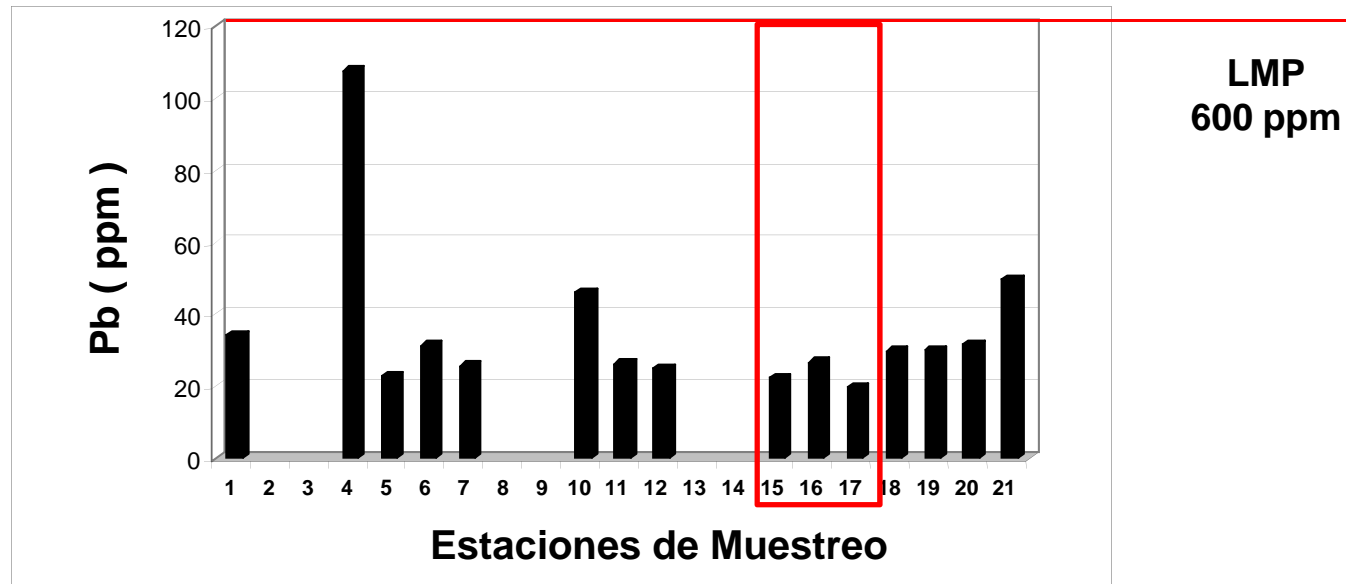
LMP
3000 ppm

Figura N° 8.19

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

VARIACIÓN DE PLOMO EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

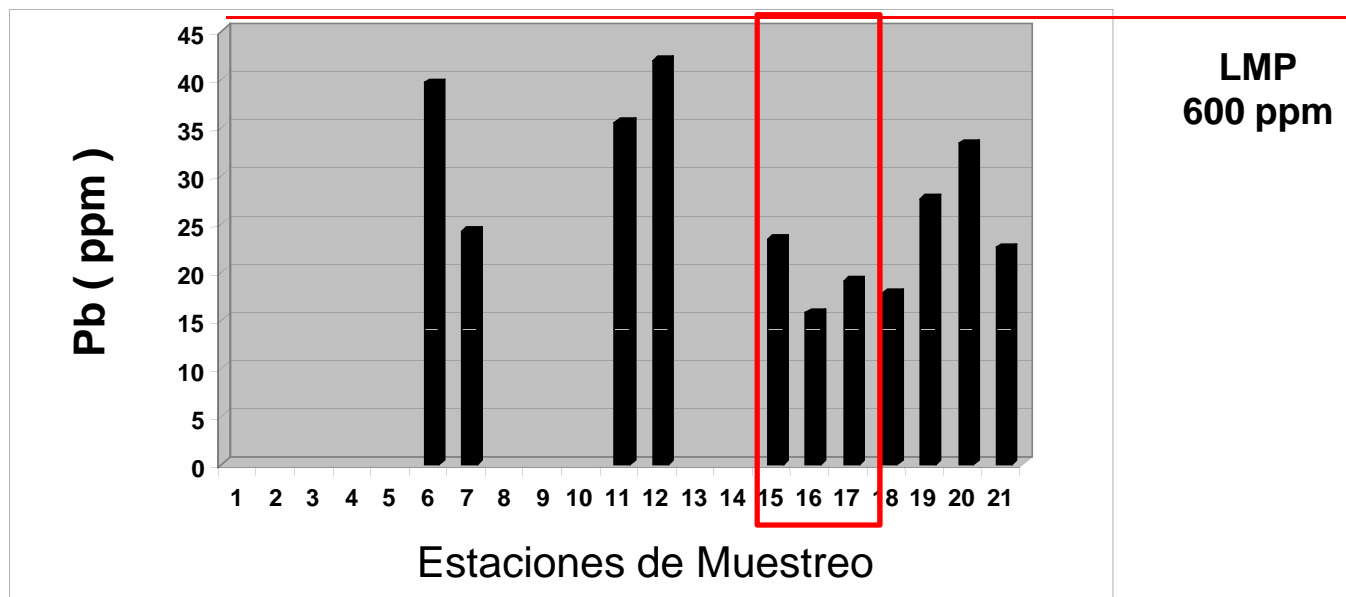
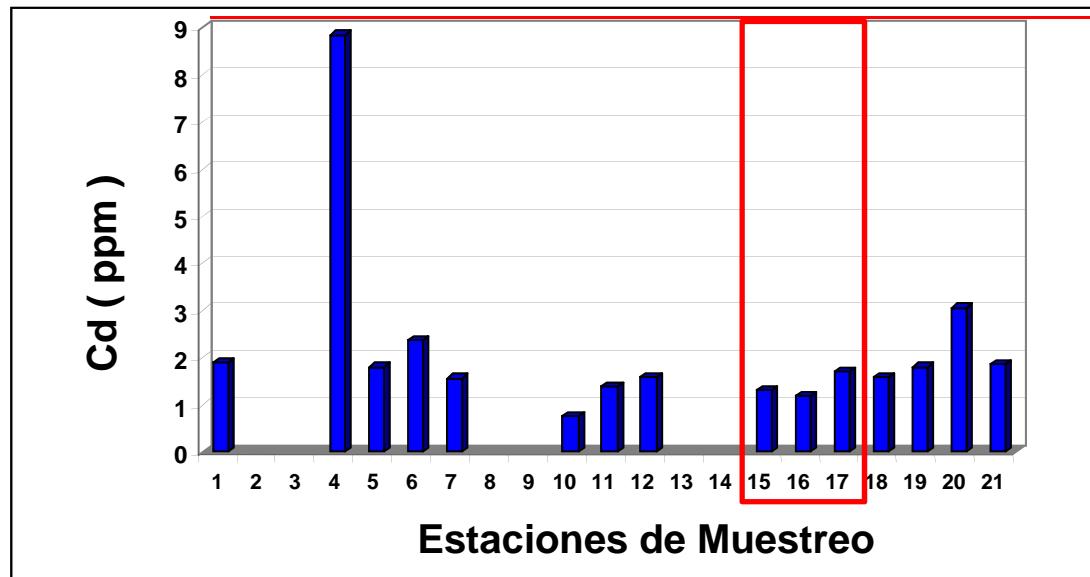


Figura N° 8.20

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

VARIACIÓN DE CADMIO EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

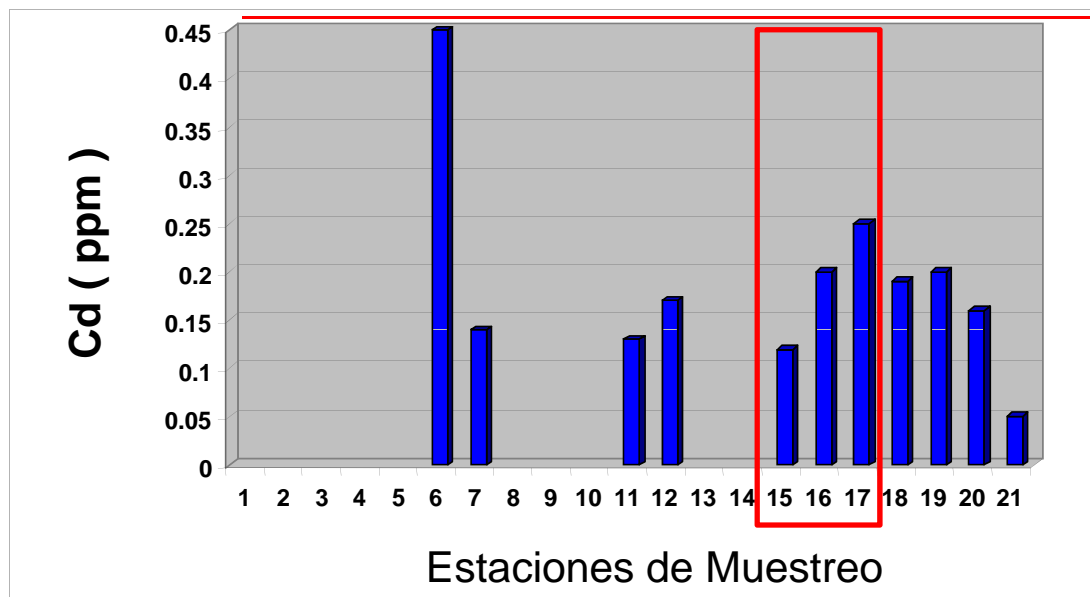
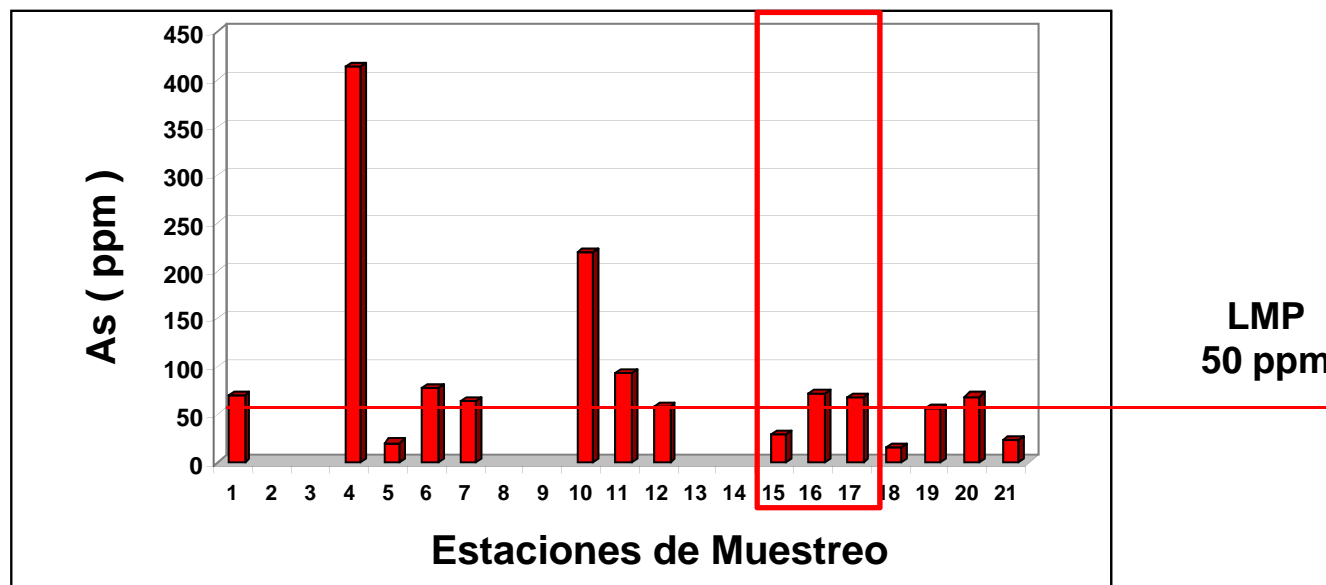


Figura N° 8.21

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



Marzo
(Lluvia)

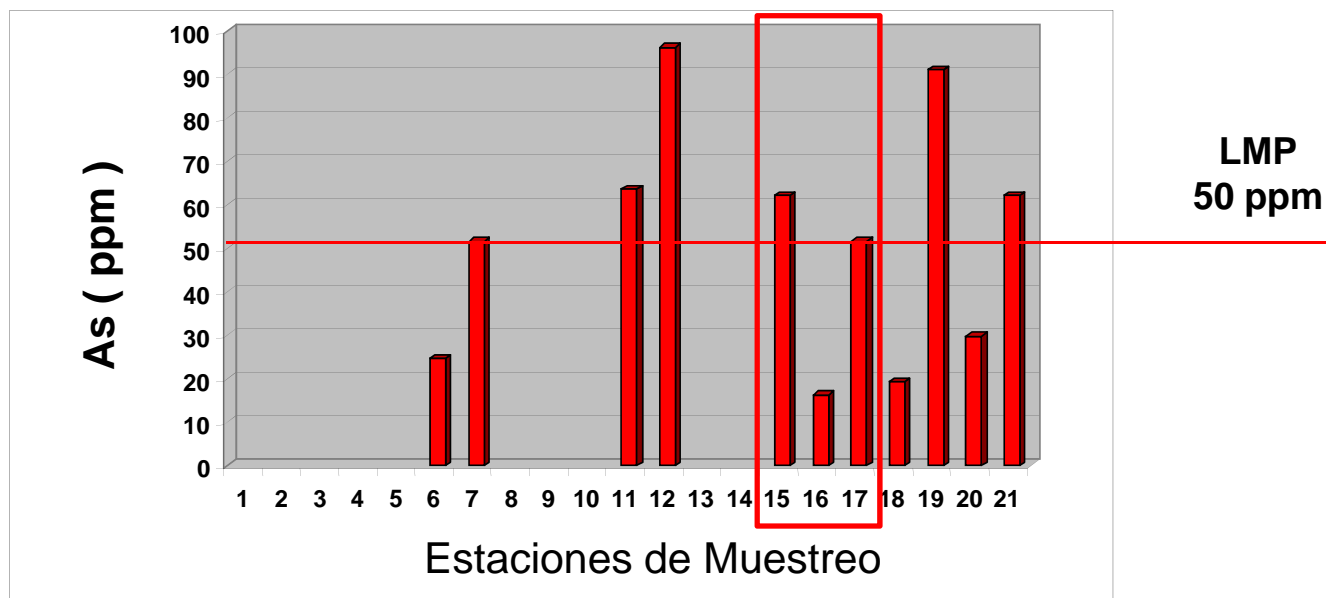
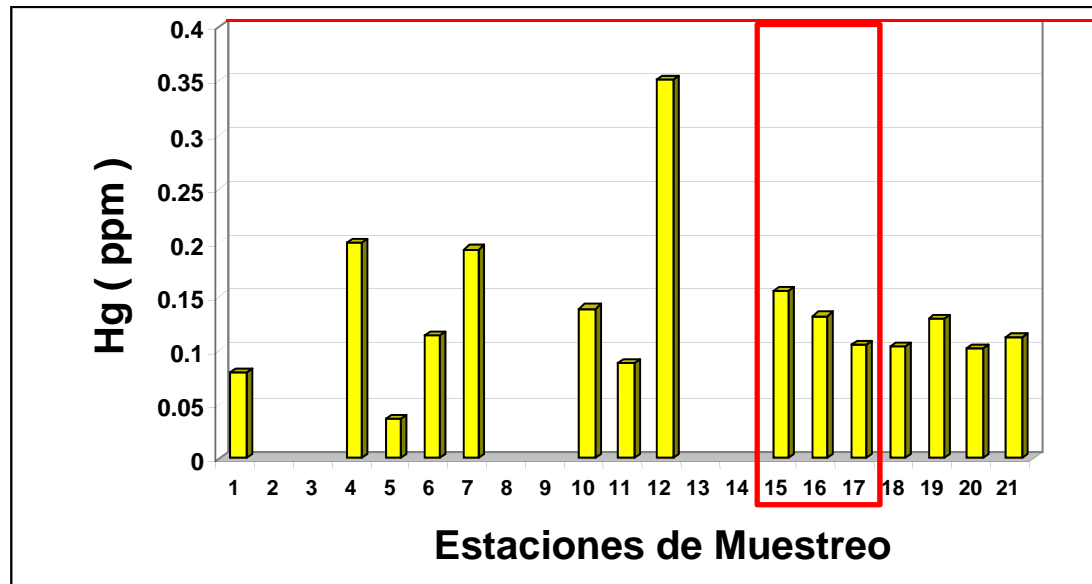


Figura N° 8.22

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

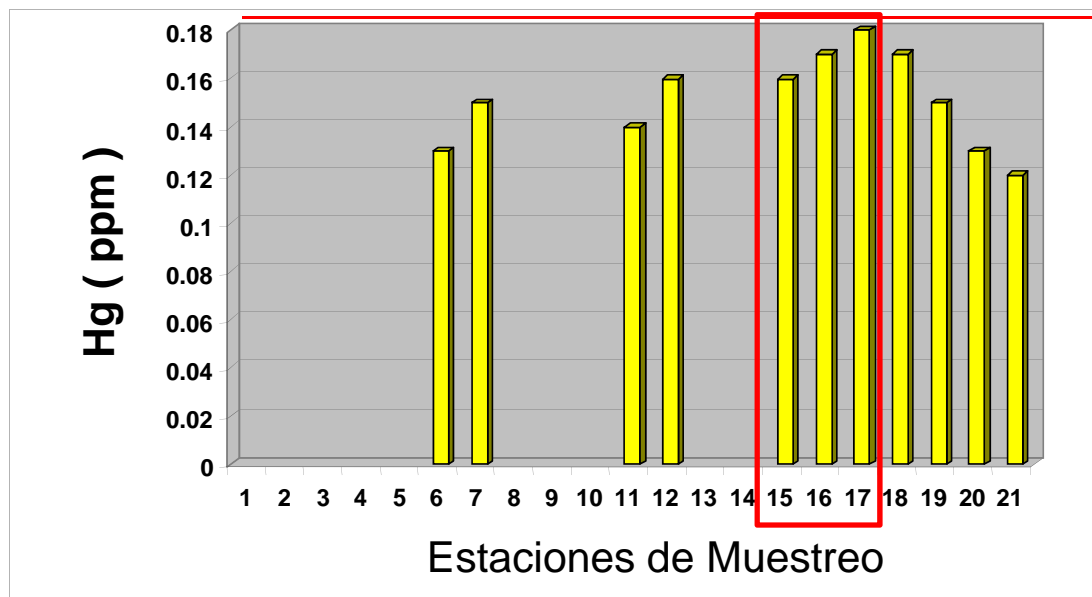
VARIACIÓN DE MERCURIO EN SEDIMENTO (ESTIAJE Y LLUVIAS)

Agosto
(Estiaje)



LMP
10 ppm

Marzo
(Lluvia)



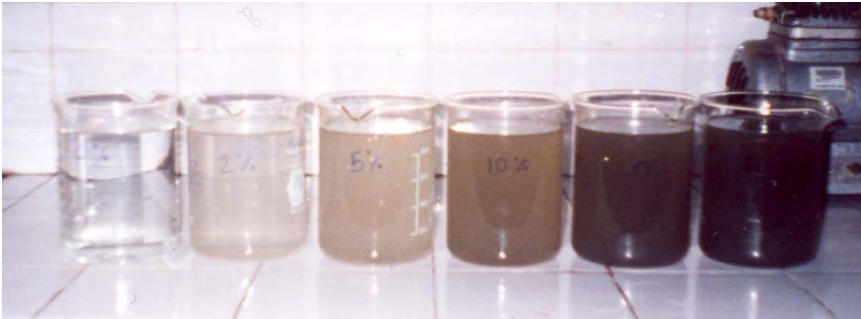
LMP
10 ppm

Figura N° 8.23

Obs. LMP: Límites máximos permisibles en suelos (Criterio Holandés).

ENSAYOS DE BIOTOXICIDAD

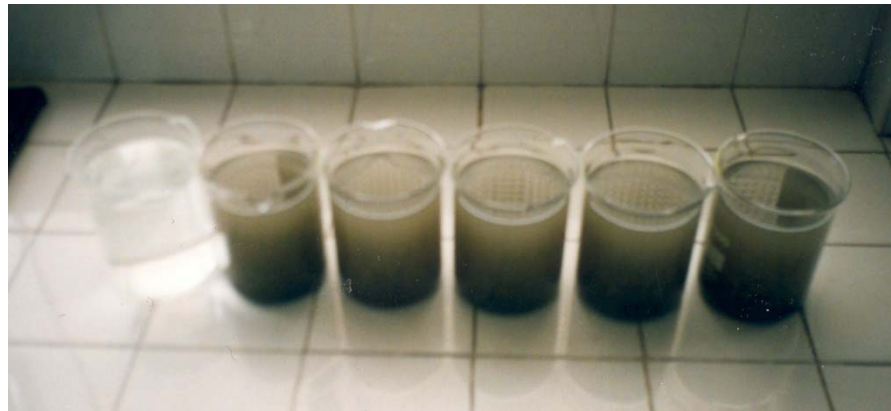
1er Ensayo de Biototoxicidad
0%, 2%, 5%, 10%, 20%, 40%



2do Ensayo de Biototoxicidad
0%, 50%, 70%, 90%, 100%



3er Ensayo de Biototoxicidad
0%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%



El agua utilizada en los Ensayos de Biototoxicidad, fue tomada del río Boca Cabana en la época de estiaje.

PRIMER ENSAYO DE BIOTOXICIDAD

Día	Hora	Tiempo	0%	2%	5%	10%	20%	40%
1er Día	08:00 a.m.	0 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	4 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	8 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	12 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
2do Día	08:00 a.m.	24 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	28 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	32 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	36 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
3er Día	08:00 a.m.	48 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	52 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	56 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	60 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
4to Día	08:00 a.m.	72 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	76 horas	1 / 10.	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.
	04:00 p.m.	80 horas	1 / 10.	0 / 10	1 / 10.	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.
	08:00 p.m.	84 horas	1 / 10.	0 / 10	2 / 10.	1 / 10.	2 / 10.	2 / 10.
5to Día	08:00 a.m.	96 horas	1 / 10.	0 / 10.	2 / 10.	2 / 10.	2 / 10.	3 / 10.

El agua utilizada en los Ensayos de Biototoxicidad, fue tomada del río Boca Cabana en la época de estiaje.

SEGUNDO ENSAYO DE BIOTOXICIDAD

Día	Hora	Tiempo	0%	50%	70%	90%	100%
1er Día	08:00 a.m.	0 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	4 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	8 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	12 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
2do Día	08:00 a.m.	24 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	28 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	32 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	36 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10.
3er Día	08:00 a.m.	48 horas	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.	1 / 10.	2 / 10.
	12:00 p.m.	52 horas	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.	1 / 10.	2 / 10.
	04:00 p.m.	56 horas	0 / 10	1 / 10.	2 / 10.	1 / 10.	3 / 10.
	08:00 p.m.	60 horas	0 / 10	2 / 10.	2 / 10.	2 / 10.	3 / 10.
4to Día	08:00 a.m.	72 horas	0 / 10	3 / 10.	3 / 10.	4 / 10.	4 / 10.
	12:00 p.m.	76 horas	0 / 10	3 / 10.	4 / 10.	5 / 10.	5 / 10.
	04:00 p.m.	80 horas	1 / 10.	3 / 10.	4 / 10.	5 / 10.	6 / 10.
	08:00 p.m.	84 horas	1 / 10.	4 / 10.	5 / 10.	6 / 10.	6 / 10.
5to Día	08:00 a.m.	96 horas	1 / 10.	5 / 10.	7 / 10.	7 / 10.	8 / 10.

El agua utilizada en los Ensayos de Biotoxicidad, fue tomada del río Boca Cabana en la época de estiaje.

TERCER ENSAYO DE BIOTOXICIDAD

Día	Hora	Tiempo	0%	45%	50%	55%	60%	65%
1er Día	08:00 a.m.	0 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	4 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	8 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	12 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
2do Día	08:00 a.m.	24 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	28 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	32 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	08:00 p.m.	36 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
3er Día	08:00 a.m.	48 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	12:00 p.m.	52 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
	04:00 p.m.	56 horas	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10.	0 / 10
	08:00 p.m.	60 horas	0 / 10	0 / 10	1 / 10.	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.
4to Día	08:00 a.m.	72 horas	0 / 10	0 / 10	1 / 10.	2 / 10.	2 / 10.	2 / 10.
	12:00 p.m.	76 horas	0 / 10	1 / 10.	1 / 10.	2 / 10.	2 / 10.	3 / 10.
	04:00 p.m.	80 horas	0 / 10	1 / 10.	3 / 10.	2 / 10.	3 / 10.	3 / 10.
	08:00 p.m.	84 horas	0 / 10	2 / 10.	3 / 10.	3 / 10.	3 / 10.	4 / 10.
5to Día	08:00 a.m.	96 horas	0 / 10	3 / 10.	4 / 10.	4 / 10.	5 / 10.	6 / 10.

El agua utilizada en los Ensayos de Biototoxicidad, fue tomada del río Boca Cabana en la época de estiaje.

PRIMER Y SEGUNDO ENSAYO DE BIOTOXICIDAD (CL50)

Porcentaje de Organismos Vivos (%)

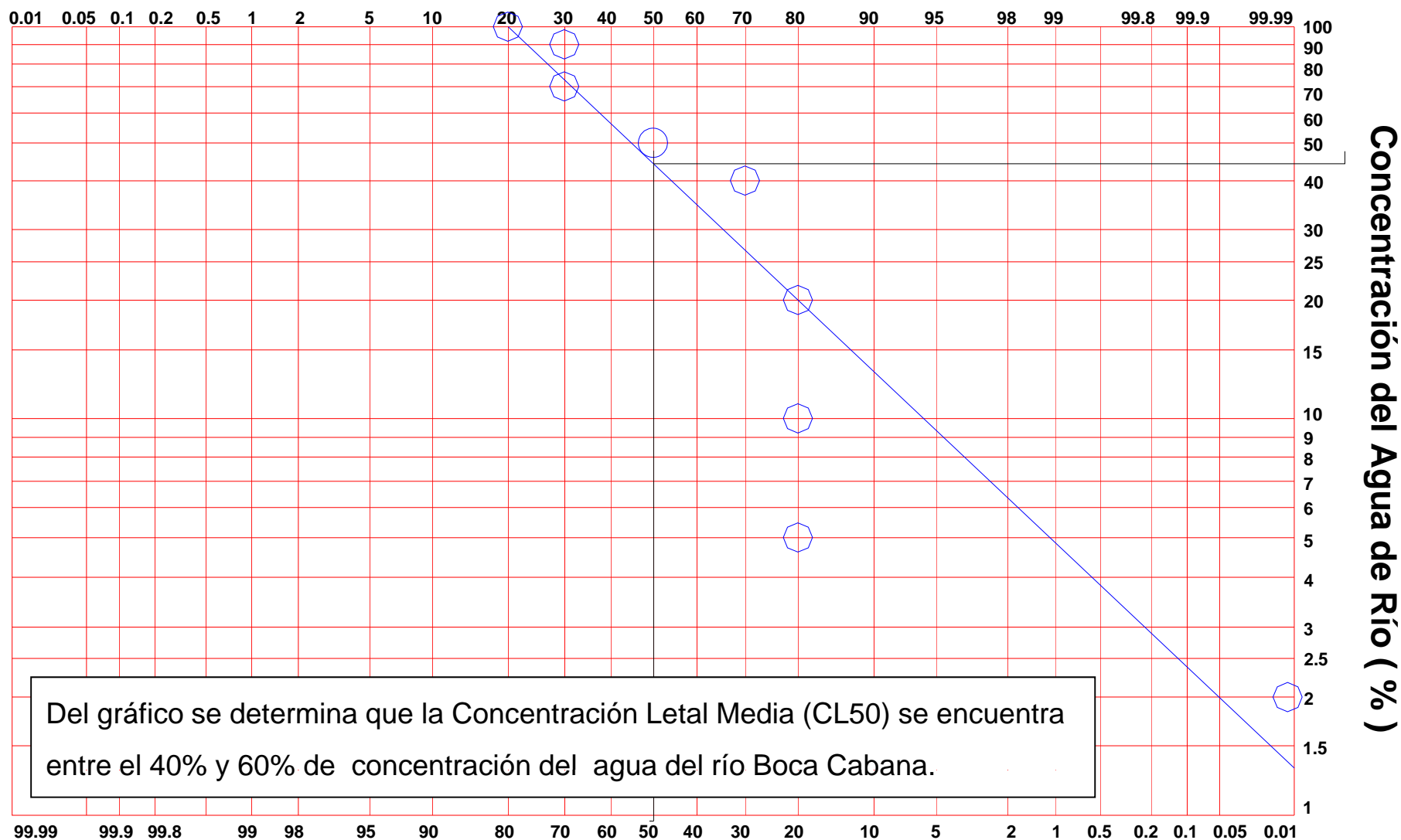


Figura N° 8.24

Porcentaje de Mortalidad (%)

TERCER ENSAYO DE BIOTOXICIDAD (CL50)

Porcentaje de Organismos Vivos (%)

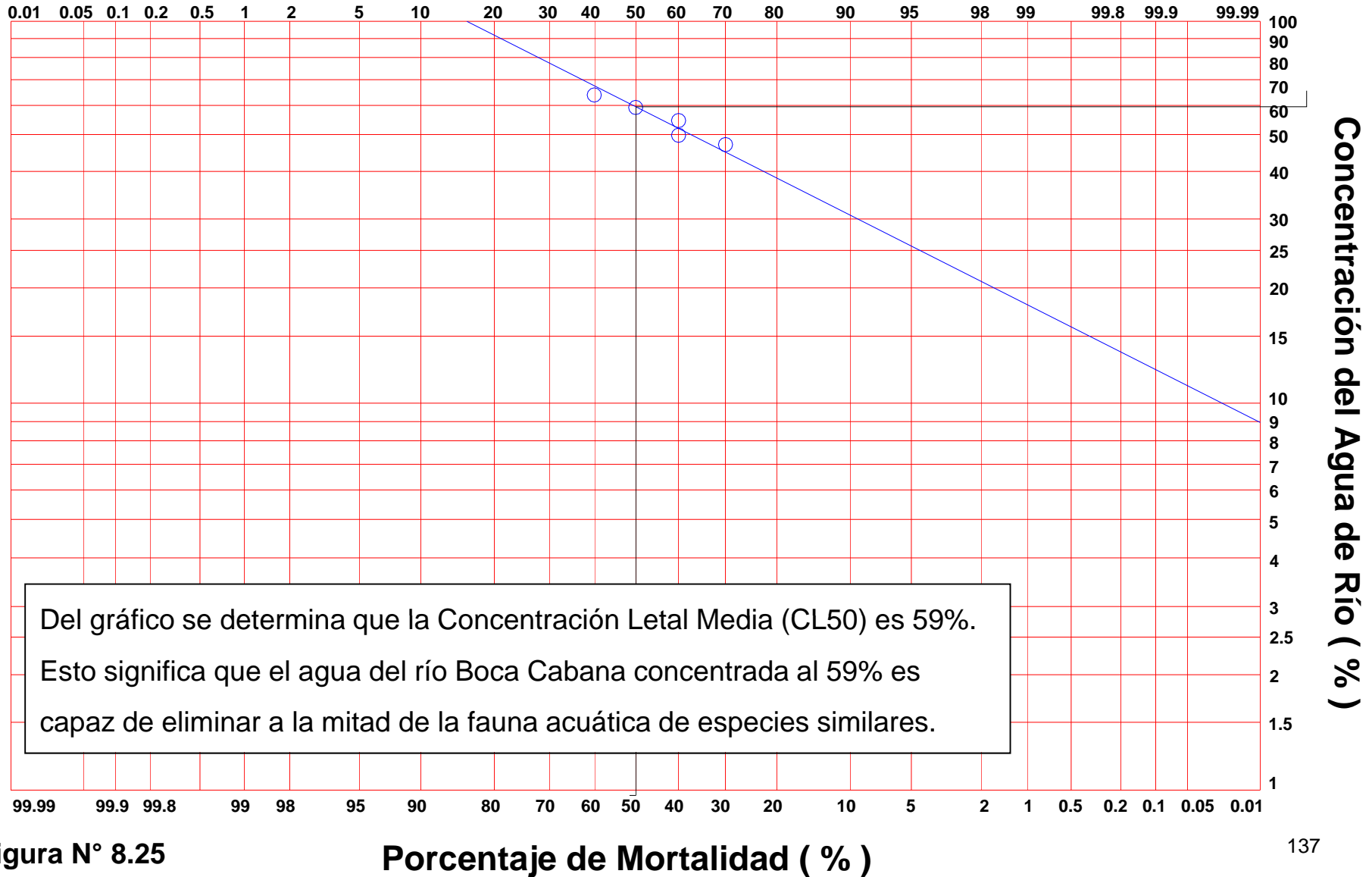


Figura N° 8.25

Porcentaje de Mortalidad (%)

9) CONTAMINACIÓN EN AGUA Y EN SEDIMENTOS

9.1) CONTAMINACIÓN EN AGUA

9.1.1) Contaminantes hídricos en forma global

a) Hidrocarburos: mareas negras se extienden en el mar afectando peces, aves, vegetación.

b) Productos químicos: Pesticidas, sustancias tensioactivas (detergentes), minerales inorgánicos compuestos químicos son arrastrados desde tierras de cultivo por tormentas y escorrentías. También tienen su origen en explotaciones mineras, carreteras y derribos urbanos.

c) Calor: Cuando se vierte, a ríos u otros cauces el agua de las fábricas y centrales energéticas, elevan la temperatura de las aguas y afectan a la vida que se desarrolla en ella.

d) Contaminantes de origen radiactivo: Proviene de residuos que producen la minería y refinado de uranio y torio, centrales nucleares y actividades científicas y médicas

e) Luz: El exceso de luz genera cambios biológicos. Algunos organismos tienden a alejarse de la luz y como consecuencia cambia su hábitat.

9.1.2) Parámetros e Indicadores de Calidad

Los parámetros además se dividen en específicos e indicadores. Los primeros son los que determinan directamente un elemento o compuesto, como los cationes o aniones. Cuando es complicado o no representativo el análisis de un parámetro, se opera con un indicador, como es el caso de la DBO5, la DQO, índice de coliformes, etc.

La Organización Mundial de la Salud, OMS, selecciona como más representativos los parámetros e indicadores siguientes: oxígeno disuelto, materia oxidable biológicamente, amonio, salinidad, temperatura, bacterias nocivas y otros microorganismos. Los parámetros mas frecuentes según la EPA son: DBO5, SST, DQO, aceites y grasas, fenoles, amoníaco (N - NH3), sulfuros, metales pesados, cromo hexavalente y pH. Ver Tabla N° 9.1.

a) Parámetros Físico– Químicos:

a.1) Físicos: Los parámetros físicos dan una información clara de determinadas características de un agua. Entre las más importantes, se encuentran pH, sólidos en suspensión, temperatura, color, olor, sabor, pero no son índices absolutos de contaminación

a.2) Químicos inorgánicos: Los parámetros químicos son los más importantes para definir la calidad del agua. Son muy numerosos. Los parámetros químicos inorgánicos incluyen todos los aniones, cationes y metales traza que tienen una significación sanitaria o que comunican al agua alguna de las características clasificadas como indeseables para el uso a que se la destina.

Entre los parámetros de estos tipos tenemos: temperatura, conductividad, pH, potencial Redox, color, olor, sabor, turbidez, sólidos en suspensión, dureza, metales pesados, entre otros.

b) Químicos orgánicos: Los parámetros químicos orgánicos constituyen el grupo más amplio y complejo, abarcando por un lado algunos indicadores de contenido orgánico general, como: la demanda bioquímica de oxígeno, carbono orgánico total, DQO, o un gran número de familias de compuestos análogos en su estructura o función, como son los aceites, grasas, plaguicidas, detergentes, organoclorados y otros

c) Parámetros bioquímicos: DBO

d) Radiactivos: Los parámetros radiológicos se refieren al control de la presencia en un agua de partículas alfa, beta y/o radiación gamma.

e) Microbiológicos: Los parámetros microbiológicos comprenden dos amplios campos muy diferenciados: los parámetros bacterianos y los de los demás organismos, vegetales o animales, susceptibles de estar presentes en las aguas; el más importante entre los primeros es el índice de contaminación fecal, utilizado en la definición de la calidad del agua para la bebida.

Tabla N° 9.1
Parámetros contaminantes en forma global,
su generación y la manera de medirlos

¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?
DBO ₅ , DQO	Consumo de oxígeno	DBO ₅ : medir el O ₂ antes y después, DQO oxidación química, titulación
AOX	Compuestos antropogénicos	Adsorción en carbón activado, incineración, medición del HCl
P, N	Eutroficación	Fotometría clásica o test rápido
Metales pesados	Tóxicos, bioacumulación, no biodegradables	Absorción atómica, fotometría (algunos) Test rápido (algunos)
Sustancias orgánicas	Cuando interesa una sustancia específica	Cromatografía (HPLC, GC)

9.1.3) Efectos generales de la contaminación hídrica

a) Acidificación: Pérdida de capacidad neutralizante del suelo y agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra en forma de ácidos de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera. La acidificación: es un ejemplo claro de las interrelaciones entre : atmósfera, suelo, agua y organismos vivos. La contaminación atmosférica producida por los SOx y NOx afecta directa o indirectamente al agua, al suelo y a los ecosistemas.

b) Salinización: Proceso paulatino de acumulación de sales en el suelo, aportadas por actividades del hombre y/o por afloramiento del agua desde el subsuelo como resultado del riego artificial.

c) Eutrofización: Aguas superficiales reciben mayores nutrientes: N y P, crecimiento exagerado de algas + plantas acuáticas, estas mueren, van a los fondos y se descomponen, descomposición consume O₂ disuelto e impide el paso de luz y ecosistema destruido.

9.2) CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS

La contaminación en sedimentos como en suelos se da por el emplazamiento y dispersión de sustancias provenientes de relaveras, desmontes, escorias y residuos sólidos.. Los análisis que se hacen en sedimentos y suelos están orientados en base a establecer la estabilidad física y química del material.

9.2.1) Determinación del potencial neto de neutralización (PNN)

El estudio del Potencial Neto de Neutralización (PNN) nos permite determinar el potencial de generación de ácido de una muestra. Mediante el estudio del Potencial Neto de Neutralización podemos definir el balance entre los minerales generadores de aguas ácidas (Sulfuros principalmente) y aquellos potencialmente consumidores de ácido de una muestra (Carbonatos por lo general). Con este trabajo podemos predecir si un desmonte, relave, escoria y sedimento nos va a originar drenaje ácido.

La forma de obtener el PNN es la siguiente:

$$PNN = PN - PA$$

Obs: PNN es el Potencial Neto de Neutralización, PN es el Potencial de Neutralización y PA es el Potencial de Acidez.

Para obtener el Potencial de Neutralización (PN), se hace un prueba de titulación, donde se inserta en la muestra 50ml de HCL al 0.5N, obteniendo el volumen neutralizado de HCl. Obteniendo el PN, cabe indicar que está estandarizado para que la normalidad de la muestra sea 0.5 y el peso de la muestra sea 2 gr. Luego se aplica la siguiente fórmula:

$$PN = (V[HCL] consumido \times Normalidad [HCl] \times 50) / (W[muestra])$$

Obs: Unidades de PN = Kg de CaCO₃

Para obtener el Potencial de Acidez (PA), se hacen análisis de contenido de azufre total excluyendo al azufre proveniente de los sulfatos, ya que a nosotros nos interesa únicamente al azufre contribuido por los sulfuros, para luego aplicar la siguiente fórmula:

$PA = \% \text{ de azufre de los sulfuro} \times 31,25$. Obs: Unidades de PA = Kg de $CaCO_3$.

La interpretación que se le da a los valores de PNN, es que si el PNN es menor de cero generará aguas ácidas mientras que si el PNN es mayor que cero no generará drenaje ácido.

A partir de las últimas investigaciones realizadas se ha concluido que entre los -20 y +20 tenemos una incertidumbre en la generación de drenaje ácido, debido a errores inherente a los procedimientos de prueba, a las conversiones de acidez total, a error analítico y al reducido tamaño de la muestra.

9.2.2) Otros análisis importantes en sedimentos y en suelos

- PH en pasta
- Evaluación de elementos tóxicos (Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio, etc)
- Pruebas de extracción de tóxicos característicos
- Evaluaciones petromineralógicas
- Análisis granulométricos
- Evaluaciones de permeabilidad
- Evaluaciones sísmicas

10) IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA

10.1) EN LAS FASES DE LA ACTIVIDAD MINERA

Los impactos ambientales varían de acuerdo a la fase de la actividad minera que se está realizando, ya sea en la fase de exploración, de explotación o de cierre.

10.1.1) En la Fase de Exploración

a) Fuentes Potenciales y Tipos de Contaminación

- Afectación de la superficie de los suelos
- Contaminación del aire y agua generada por materiales naturales o introducidos en el sitio de exploración durante la perforación y actividades relacionadas.
- Contaminación de aguas subterráneas al crear conductos para la migración de la contaminación.
- Drenaje ácido y traslado de metales.
- Sedimentación y erosión a través de excavación, construcción de caminos.
- Impactos ambientales indirectos (en áreas remotas) a través de un desarrollo forzado como resultado de la construcción de caminos.

b) Posibilidades para la Prevención

- Limitar la afectación al área estrictamente necesaria para la exploración.
- Cuidado especial en áreas pasibles de generar ácidos, limitando la exposición de materiales formadores de ácidos
- Clausura de pozos y hoyos perforados

- Planes y requisitos para el abandono de caminos construidos, así como adecuada restauración y reforestación de los sitios de perforación y otras áreas afectadas, para prevenir la migración de contaminantes, desarrollo impuesto y no deseado por las poblaciones locales y degradación de suelos.

Para el caso de pequeña minería o minería artesanal, debe existir un programa de adecuación y manejo ambiental y/o un estudio de Impacto Ambiental semidetallado.

10.1.2) En la Fase de Explotación

a) Fuentes Potenciales y Tipos de contaminación

- Generación de drenaje ácido y traslado de metales.
- Traslado y derrame de otras sustancias tóxicas naturales en el sitio, tales como arsénico, las que pueden contaminar aires y aguas.
- Derrames accidentales de, ácidos y otros materiales introducidos en el sitio y utilizados en los procesos de extracción y beneficio.
- Exposición de la vida silvestre (particularmente aves) a sustancias tóxicas, aun cuando los derrames sean prevenidos.
- Generación de volúmenes importantes de relaves y restos de roca, los que pueden producir contaminación del aire o aguas.

b) Posibilidades de Prevención Ambiental

- Cuidadosa clasificación de las características del yacimiento y los restos de roca, a fin de determinar qué afectar y cómo manipular y disponer los materiales afectados.

- Comprensión completa y anticipada de los materiales del sitio minero para evitar la formación de ácidos o tóxicos en lo posible y tener un control cuidadoso de su disposición.
- Uso de procesos más limpios (por ejemplo técnicas que no introduzcan, ácidos o ciertos reactores en el beneficiamiento, así como evitar aquellas técnicas que utilizan mercurio).
- Un mejor diseño de los procesos a fin de reducir la cantidad de sustancias tóxicas en el beneficiamiento.
- Minimizar el área expuesta a las pozas de procesamiento y usar sistemas de recuperación cubiertos sin pozas en exposición a fin de reducir el riesgo para la vida silvestre y el ambiente producido por las sustancias utilizadas en el proceso de lixiviación.
- Control del drenaje para que el contacto de la precipitación, aguas superficiales y subterráneas con contaminantes o materiales ácidos sea mínimo.
- Uso de diseños que separen el drenaje limpio del contaminado, a fin de reducir el volumen de agua que éste último requiere para su control y tratamiento.
- Uso de sistemas de detección de fugas y monitoreo de aguas subterráneas y superficiales y de aires.
- Disposiciones sobre sistemas de recolección de molidos y estructuras de almacenamiento para hacer frente a fallas previsibles de los procesos, fugas y derrames.
- Control del polvo mediante la utilización de materiales no tóxicos y poniendo atención al destino de los supresores de polvo.
- Restauración en el momento del cierre, donde reponer la tierra superficial es posible, para reducir la “huella” de la mina en el paisaje y la exposición de un área afectada a los elementos y así hacer menor el riesgo de contaminación potencial del aire y el agua.

10.1.3) En la Fase de Cierre

a) Fuentes Potenciales y Tipos de contaminación

- Exposición de materiales en los tajos y áreas de disposición de relaves y residuos de rocas que pueden necesitar de cuidado permanente.
- Drenaje ácido luego de concluida la explotación, el cual puede empeorar con el tiempo.
- Derrame en las aguas superficiales y subterráneas de contaminantes presentes en los relaves y en el yacimiento agotado, luego del beneficiamiento y cuando ya han sido clausuradas las áreas de disposición de relaves y almacenamientos.
- Contaminación de depósitos que quedan luego del cierre con drenaje ácido, metales u otros contaminantes, creando un riesgo para la vida silvestre, otros usuarios del agua y el ambiente.
- Contaminación del aire luego de la explotación y cierre como resultado de las partículas de polvo de los relaves y yacimientos agotados que no sean apropiadamente estabilizados y/o cubiertos.

b) Posibilidades de Prevención Ambiental

- Aislamiento y depósito de materiales generadores de ácido.
- Uso de neutralizadores y otros materiales para prevenir el drenaje ácido y traslado de metales en los tajos, montículos y aguas.
- Estabilización y control de áreas desgastadas en su configuración posterior a la extracción, utilizando suelo superficial y reforestación para limitar movimientos y filtraciones.
- Limpieza, descontaminación y cobertura de los yacimientos agotados y relaves, a la par que el control de drenajes para prevenir la migración de los contaminantes que permanecen luego del cierre.

- Extracción de agua de relaves y/o controles hidrológicos para sus depósitos, a fin de asegurar la estabilidad en el largo plazo.
- Monitoreos y mantenimiento que garanticen el control del drenaje y eviten el contacto de las aguas con los contaminantes y el consecuente acarreo de los mismos por aquéllas.
- Relleno de los tajos donde sea posible, para reducir el potencial de recolección y contaminación del agua, así como la exposición de restos de roca a oxígeno y agua, ahí donde pueda originarse drenaje ácido.
- Cubrir los pozos y socavones para prevenir la contaminación del agua y la descarga de fluidos del sitio conteniendo metales, sobre las aguas subterráneas y superficiales.
- Remover los materiales introducidos al sitio, incluyendo los residuos de control de la contaminación, químicos para el beneficiamiento y reactores, químicos de laboratorio, petróleo, etc. para prevenir la contaminación luego del cierre.

10.2) PASIVOS AMBIENTALES

Un pasivo ambiental se define como una situación ambiental que fue generada por el hombre en el pasado y con deterioro progresivo en el tiempo; representa actualmente un riesgo al ambiente y la calidad de vida de las personas. Un pasivo ambiental puede afectar la calidad del agua, el suelo, el aire, y los ecosistemas deteriorándolos. Estos han sido generalmente producidos por las actividades del hombre, ya sea por desconocimiento, negligencia, o por accidentes, a lo largo de la historia.

Los pasivos ambientales son complejos y complicados para su recuperación, debido a las características físico-químicas, los elevados costos para su control y rehabilitación, la falta de identificación de responsables y en otros casos por el incipiente desarrollo tecnológico para su recuperación.

a) Fuentes Potenciales y Tipos de contaminación

La minería, originó pasivos a través de excavaciones abiertas abandonadas, socavones abandonados, relaveras sujetas a erosión, depósitos de residuos sólidos industriales, deforestación y eliminación de cobertura vegetal, disposición de sustancias tóxicas y movimiento de tierras. Uno de los grandes problemas que resultan de estos pasivos ambientales, es la generación de drenaje ácido.

Los pasivos ambientales, pueden afectar los cuerpos de agua, como ríos, lagos, lagunas las aguas subterráneas, los suelos, el aire, el paisaje, la cobertura vegetal, ambiente, la salud humana y la infraestructura.

Los efectos pueden ser variados, pudiéndose alterar las características químicas, físicas, biológicas de los cuerpos receptores. La forma cómo estos cuerpos se alteran también es variada, dependiendo de la temperatura local, la geografía del lugar, el aislamiento poblacional de la zona, la pluviosidad, los ecosistemas circundantes, etc.

b) Posibilidades de Prevención Ambiental

Son varias las herramientas que actualmente existen para medir el deterioro ambiental. Entre ellas podemos mencionar dos, el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Es importante contar con un marco normativo adecuado que permita la rehabilitación de las áreas afectadas mediante mecanismos de cooperación entre diferentes instituciones, públicas y privadas, resultando en acciones inmediatas sobre las zonas más afectadas y en la emisión de pautas técnicas y administrativas que ayuden en su solución.

Se debería buscar el consenso para dar prioridad a los pasivos, áreas o lugares más críticos, utilizando criterios de ámbito de afectación, magnitud de los impactos, sensibilidad de las poblaciones vecinas y costos e iniciar los primeros esfuerzos en su remediación.

Sabemos que rehabilitar problemas ambientales es complicado. Por ello, muchos sectores, considerando la normatividad ambiental y otros elementos, ya están tomando las medidas necesarias para prevenir riesgos y daños ambientales; así como muchas personas ya están tomando conciencia de que su comportamiento también puede generar impactos ambientales. Además, ya se están tomando las medidas necesarias para eliminar o rehabilitar los pasivos existentes y de esta manera mejorar la calidad de vida de las poblaciones vecinas.

10.3) LAS FUENTES DE IMPACTO Y LOS RIESGOS

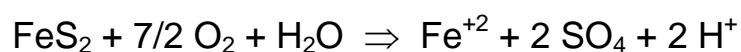
10.3.1) Descripción de las Fuentes Principales de Impacto

Las fuentes potenciales de descargas de contaminantes relacionadas a las operaciones mineras y de beneficio incluyen: drenaje de la mina, operaciones durante el proceso de beneficio, unidades de desechos, actividad humana y pilas de mineral.

a) Drenaje de mina

El agua proveniente de las operaciones de drenaje puede contener alta concentración de metales y, por lo tanto, contaminar las aguas superficiales; además, el drenaje ácido de mina (DAM) generado en las labores mineras y en los tajos puede ser bombeado y descargado a las aguas superficiales.

La formación del drenaje se por la combinación de iones metálicos, provenientes principalmente de los sulfuros, con el agua y el aire al entrar en contacto con el medio ambiente. Un ejemplo típico es el caso de la pirita:



b) Depósitos y Pilas de mineral

Los principales depósitos y pilas de mineral se muestran en la Tabla N° 10.1.

Tabla N° 10.1
Depósitos minerales y sus impactos en la calidad de agua

Depósitos	Posibles Impactos en la Calidad de las Aguas
Pilas de desechos (desmontes y materiales de desbroce, material residual de pilas de lixiviación, relaves secos)	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión con la consecuente descarga de sedimentos en las aguas superficiales. - Producción de solución ácida de lixiviación y transporte de metales pesados a las aguas superficiales y subterráneas. - Defectuosa inclinación del talud, produciendo la descarga de sedimento y la dispersión de desechos en las aguas superficiales. - Transporte de finos mediante el viento hacia aguas superficiales.
Canchas de Relaves Relaves depositados como pulpa	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de solución de lixiviación y filtración de desechos hacia aguas subterráneas y superficiales. - Erosión, con la consecuente descarga de sedimentos hacia aguas receptoras. - Transporte de finos a las aguas superficiales por acción del viento. - Deterioro de las presas de pulpas, de relaves, particularmente durante tormentas.
Pozas de almacenamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> - Filtración de la poza hacia aguas superficiales y subterráneas. - Derrames, incluyendo la acumulación de agua de inundaciones que ocasionan el desborde y rompimiento de la presas.

c) Operaciones durante el proceso de beneficio

El efluente puede contener constituyentes orgánicos e inorgánicos, incluyendo reactivos como el cianuro, y puede ser altamente ácido; el efluente puede ser depositado en canchas de relaves donde los contaminantes se pueden lixiviar o ser transportado mediante escorrentías superficiales. Las pozas de proceso pueden ser una fuente de contaminación de agua a través de la filtración de soluciones en las aguas superficiales y subterráneas y flujos que se derraman.

d) Actividad humana

Las fuentes de contaminación del agua provenientes del incremento de la actividad humana en un emplazamiento minero incluyen las aguas servidas y la basura.

10.3.2) Identificación y caracterización de aguas receptoras potenciales

- Ubicación y usos benéficos de las aguas superficiales que pueden ser impactadas por actividades
- Ubicación (profundidad y extensión del área), dirección del flujo, y usos benéficos de las aguas subterráneas subyacentes que podrían ser impactadas por las actividades
- Identificación de todos los criterios de calidad de agua existentes aplicables a las aguas superficiales y subterráneas, y a la presente calidad de las aguas superficiales y subterráneas potencialmente impactadas.

10.3.3) Riesgos

- Las sustancias tóxicas pueden tener efectos perjudiciales sobre la salud humana
- La mortandad de la fauna acuática a menudo se debe a la toxicidad aguda causada por la descarga de lodos o descargas accidentales de materia sumamente tóxica en la masa de agua .
- Muchos materiales orgánicos pueden degradarse biológicamente en los cursos de agua y producen demandas excesivas de oxígeno.
- La materia colorante puede reducir sustancialmente la penetración de la luz y en consecuencia, afectar la producción de oxígeno fotosintético
- La inadecuada ubicación y construcción sin criterios de riesgo de las canchas de relave así como la falta de control sobre el Drenaje Ácido ha contribuido a la generación de impactos ambientales que según su ubicación y volumen puede llegar a afectar no solo grandes extensiones sino también cuencas alejadas que están conectadas por los sistemas hidrográficos.
- Con el tiempo, los elementos tóxicos pueden lixiviar, lo que ocasionaría la contaminación de las aguas subterráneas. La contaminación de aguas subterráneas puede ocurrir cuando los líquidos (generalmente aguas pluviales) fluyen a través de vertederos de residuos hasta llegar a las aguas subterráneas, portando los contaminantes con ellos. Una vez contaminadas, las aguas subterráneas son costosas, difíciles y a veces hasta imposibles de limpiar.

11) MITIGACIÓN

11.1) MITIGACIÓN EN AGUAS

Estos modelos usados deben predecir el tipo de fluido, cambios por la concentración del contaminante, y tiempos para solucionar el problema. Algunos de estos tratamientos también pueden ser utilizados en aguas subterráneas y aguas de drenaje.

11.1.1) Manejo de escorrentías

La escorrentía al pasar sobre suelos con hidrocarburos, reactivos, rellenos sanitarios puede recoger contaminantes por medios físicos o químicos con las consiguientes implicancias en los métodos de control y tratamiento.

Una de las preocupaciones principales de la escorrentía de actividades mineras es la potencial generación de ácido y la movilización de metales de residuos mineros. También los sedimentos pueden ocasionar efectos adversos en la calidad del agua. El manejo de escorrentías tiene los siguientes objetivos:

- Reducir contacto del agua con residuos mineros
- Reducir riesgo de desborde de pozas de aguas residuales
- Derivación y contención de escorrentías para abastecimiento de agua
- Separar aguas limpias de las contaminadas

La derivación de escorrentías comprende la construcción de zanjas para evacuar el agua rápidamente del lugar antes que se infiltre, o limitar su ingreso al relleno o a un tajo abierto, también mediante canales impermeables a través del área disturbada.

Una estrategia es derivar aguas superficiales sobre capas de material alcalino (escorias u otros materiales con cal) para que tomen alcalinidad y haciendo fluir sobre residuos o pozas de mina subterránea. Así modera los efectos del contacto con aguas ácidas.

a) Canales de Derivación

Son construidos en la parte superior de instalaciones del proyecto, pilas de lixiviación, botaderos de desmonte, depósitos de relave y pozas de agua, a fin de interceptar y conducir las escorrentías a zonas alejadas de las instalaciones. Canales de drenaje pueden ser construidos en la parte inferior de instalaciones para coleccionar las aguas contaminadas para su tratamiento.

b) Diques

Para prevenir entrada de aguas superficiales e inundación de las instalaciones durante crecidas y prevenir descarga de aguas contaminadas a zonas adyacentes.

c) Pozas de Detención y Retención

Para controlar aguas superficiales mediante su almacenamiento y reducción del flujo para que el canal de drenaje sea de menores dimensiones.

d) Pozas de Almacenamiento

Para contener aguas superficiales a ser usadas en las operaciones mineras o para su tratamiento antes de su descarga.

11.1.2) Métodos de Homogenización, Neutralización, Precipitación, Coagulación y Floculación y Clarificación

Este tratamiento se realiza de esta manera:

- Homogenización: minimizar fluctuaciones
- Neutralización: ajustar pH
- Precipitación: por reacción con S. química
- Coagulación y floculación: aglomeración
- Clarificación: por sedimentación

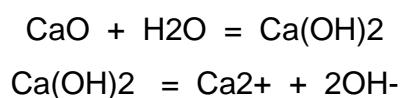
a) Homogenización

La sedimentación se realiza colocando barreras o diques ya sea de madera o de concreto a lo largo del recorrido del agua; haciendo que el agua realice un movimiento zigzagueante; logrando de esta manera que el agua mantenga un caudal constante además con cada choque en los diques precipite el sedimento que lleva consigo.

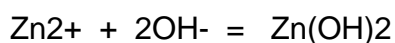
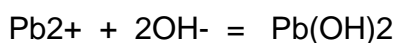
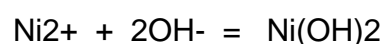
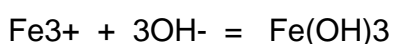
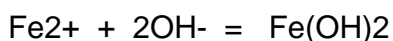
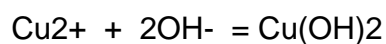
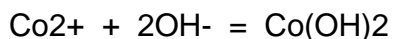
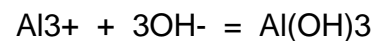
b) Neutralización

El objetivo principal de la neutralización, es lograr equilibrar el pH en aguas ácidas, añadiendo en primer lugar carbonato de calcio CaCO_3 logrando que el PH llegue a 5, y después se le añade una lechada de Cal CaO , logrando que el pH llegue de 9.5 a 10.

Preparación de lechada de cal:



Reacciones de neutralización con formación de hidróxidos:



c) Precipitación

Este método consiste en hacer reaccionar un agua cargada con metales en forma iónica con compuestos de azufre por ejemplo logrando de esta manera su precipitación en forma de sulfuros. Para esto se puede usar bacterias, las cuales generan en su descomposición H_2S .

d) Coagulación y Floculación

En el proceso de precipitación; precipitantes químicos, coagulantes y floculantes son usados para incrementar las dimensiones de la partícula por la agregación. El proceso de precipitación puede generar partículas muy finas que se encuentran en suspensión por una superficie de cargas electrostáticas.

Estas cargas causan nubes iónicas que se forman alrededor de las partículas dando un incremento de la fuerza repulsiva que previenen la agregación y reduce la eficiencia de los procesos de separación subsecuente sólido-líquido.

Por esto los coagulantes químicos son añadidos para vencer las fuerzas repulsivas de las partículas. Los principales tipos de coagulantes son electrolitos inorgánicos tales como cloruro férrico, y sulfato ferroso, aunque también se puede añadir polímeros orgánicos y coagulantes sintéticos.

La adición de coagulantes es seguida de una mezcla en el floculador para lograr el contacto entre las partículas permitiendo el crecimiento de la partícula. La presencia del floculante se refiere a una gran dilución de partículas en suspensión que flocula o coalesce durante la sedimentación. Así como la coalescencia o floculación ocurre, las partículas incrementan su masa sedimentándose.

La cantidad de floculación dependerá de la oportunidad para el contacto, el cual varía conforme pasa el fluido, la profundidad de la cuenca, de la concentración de las partículas, del tamaño de las partículas y la velocidad de gradientes en el sistema.

e) Clarificación

Es la etapa final de todo el proceso después de la precipitación de los iones y los sólidos suspendidos, logrando que el agua presente condiciones estándares, tanto a nivel químico como a nivel visual.

** Aplicabilidad del método:*

La Precipitación es usada principalmente para convertir iones disueltos en partículas sólidas que pueden ser removidas desde la fase acuosa por coagulación y filtración. Para el caso de remediación trabaja en remoción metales tóxicos disueltos y radio nucleidos.

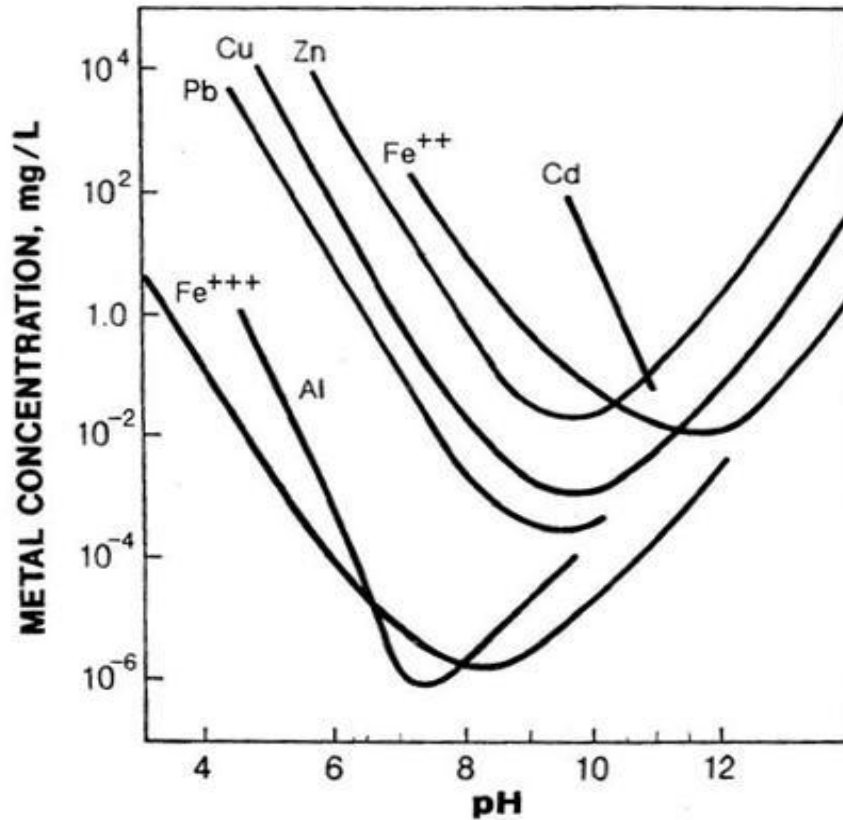
** Limitaciones del método:*

Las desventajas del método pueden ser:

- La presencia de múltiples especies metálicas puede generar dificultades en la remoción como resultado de la naturaleza anfótera de los diferentes componentes.
- La descarga estándar se hace mas restringida.
- La adición de reactivos debe ser cuidadosamente controlado para evitar una excesiva concentración en el efluente tratante.
- La eficacia del sistema recae en la adecuada técnica de separación del sólido.
- El proceso puede generar lodo mineral tóxico requiriendo una apropiada disposición.
- El proceso puede costar dependiendo del reactante usado, del sistema de control requerido y del operador requerido en el sistema de operación.
- Sales disueltas son añadidas al agua tratada para ajustar el pH.
- Polímeros pueden ser añadidos el agua para una adecuada disposición de los sólidos.
- El agua tratada puede requerir un reajuste en el pH.
- Los metales que se encuentran en solución por agentes complejos (Cianuros o EDTA) son difíciles de precipitar.

En la Figura N° 11.1 se muestra la precipitación de algunos iones metálico de acuerdo al ph de la solución.

Figura N° 11.1
Precipitación de Metales según el pH de la Solución



11.1.3) Proceso de separación para desprender los contaminantes del medio

La filtración aísla las partículas sólidas por los fluidos de vapor que corren a través de los poros del medio. La fuerza que dirige puede ser la gravedad o la presión diferencial a través del medio de filtración. Las técnicas de presión en filtración en separación diferenciada incluye separación por fuerza centrífuga, fuerza de vacío o presión positiva. Los químicos no son destruidos, si no puramente concentrados, haciendo posible la recuperación.

a) Destilación

Es un proceso de separación química que envuelve a la vaporización y condensación que es usado para separar componentes de variada presión de vapor en un líquido o flujo de gas. La destilación simple abarca una simple fase de operación en la cual el calor es aplicado a la mezcla líquida, causando que una porción del líquido se vaporice. Estos vapores después son enfriados y condensados productos líquidos llamados productos destilados.

El destilado es enriquecido con componentes de alta volatilidad; la mezcla sobrante es aun enriquecida con un componente menos volátil. Para la destilación comercial son utilizadas varias fases para obtener una mejor separación de los componentes orgánicos.

b) Filtración, Ultrafiltración y Microfiltración

Filtración, es el proceso físico de separación mecánica basado en la dimensión de las partículas, por medio del cual las partículas suspendidas en un medio son separadas por la fuerza del fluido mediante los poros del medio. Conforme el fluido pasa a través del medio las partículas suspendidas son atrapadas en la superficie del medio.

Ultrafiltración / Microfiltración ocurre cuando las partículas están separadas por la fuerza del fluido a través de membranas semipermeables. Solo las partículas cuya dimensión es menor que la abertura de la membrana son permitidas a través del fluido

c) Cristalización por Congelamiento

Este proceso remueve solventes purificados de la solución como cristal congelado; cuando la solución contiene contaminantes disueltos es congelado lentamente, los cristales de agua congelada se forman en la superficie y los contaminantes son concentrados en la solución que queda.

El hielo puede ser separado del cristal original, lavado y derretido para trabajar como flujo de agua pura. El flujo de desecho contaminado, el líquido original y los sólidos precipitados son generalmente tratables por la destrucción convencional y tecnología de estabilización debido a la alta concentración.

d) Pervaporización con Membranas

Este proceso que usa membranas permeables es usado preferentemente para adsorber compuestos orgánicos del agua contaminada. El agua contaminada pasa a través de un calentador que eleva la temperatura del agua. El agua calentada entra al módulo de preevaporación que contiene membranas compuestas polímeros organofílicos similar a la silicona formado dentro de las fibras capilares.

El contaminante se difunde a través de la pared de la membrana; el agua tratada sale del módulo, mientras que el vapor orgánico viaja del módulo al condensador donde retorna a la base líquida. El material orgánico condensado representa solo una fracción del volumen desecho de agua inicial.

e) Osmosis Inversa

El proceso de membrana de preevaporación puede ser modificado osmosis inversa. En este proceso el agua es forzada a través del módulo de pervaporización bajo presión.

El módulo puede contener uno o varios tipos de membrana de las cuales hay muchos tipos dependiendo de la aplicación.

El módulo permite que el agua pase a través de los contaminantes. El agua que contiene los contaminantes que no pudieron pasar es recirculada otra vez al módulo de pervaporización para un tratamiento adicional, donde los vapores orgánicos son extraídos, condensados y ventilados corriente abajo del condensador, además minimizando el aire que se libera.

** Aplicabilidad de estos 5 métodos:*

El proceso de separación ex situ es usado principalmente como un pretratamiento o post tratamiento para remover contaminantes del agua de desecho. Puede ser aplicado en desechos acuosos en aguas subterráneas, lagunas, etc. Entre estos contaminantes tenemos pesticidas y sólidos suspendidos (Disminuir la turbidez); el solvente es recuperado posteriormente para el reuso.

** Limitaciones de los 5 métodos:*

Estos factores que pueden variar la aplicabilidad y la eficiencia del proceso son los siguientes:

- Las membranas de pervaporización y cristalización por congelamiento son limitadas para solo flujos de desecho acuoso.
- La presencia de aceite y grasa contaminada puede interferir el proceso, por decrecimiento en la tasa de flujo.
- El espacio debe ser adecuado para el sistema de tratamiento de destilación y congelamiento. Las unidades de destilación son comparadamente altas y cubren gran área.
- Los compuestos que se descomponen o polimerizan en la temperatura de operación no conveniente en destilación.

- En la cristalización por congelamiento, la mezcla forma soluciones que se hacen mas concentrada, alimentan el flujo que debe ser diluido para conseguir un significativo volumen antes de la formación de la mezcla.

11.1.4) Intercambio Iónico Común

Es un proceso por el cual los iones tóxicos son removidos de la fase acuosa en intercambio con iones relativamente inocuos como NaCl.

Las resinas modernas de intercambio iónico consisten en un material sintético y orgánico que contiene el grupo funcional iónico, cuyos iones son usados. Estas resinas son estructuralmente estables y presentan una gran capacidad para el intercambio iónico, otros materiales usados pueden ser las arcillas y zeolitas.

El intercambio iónico es reversible y la concentración es dependiente. La resina puede ser regenerada para el reuso. Con este método queda solo del 2% a 10% del desecho el cual debe ser tratado por separado.

Todos los elementos metálicos se presentan como especies solubles, siendo catiónicas o aniónicas y pueden ser removida por el intercambio iónico.

** Aplicabilidad*

El intercambio iónico puede remover metales disueltos y radionucleidos de soluciones acuosas. Otros compuestos que son tratados son los compuestos amoniacales, nitratos y silicatos.

** Limitaciones:*

Los factores que pueden afectar la aplicabilidad y eficiencia del proceso son:

- El aceite y la grasa en el agua podría obstruir la resina.
- Los Sólidos suspendidos que contienen mayor a 10 ppm pueden causar el bloqueo de la resina
- El pH del agua efluente puede afectar el intercambio iónico en la resina
- El agua de desecho que es generada durante la regeneración, necesitará un tratamiento adicional.

11.1.5) Biorremediación

Este es un método pasivo de mitigación alternativo para aguas contaminadas, usando bacterias. Se genera un “Wetland “ (Pantano Artificial) adonde se le hace llegar al agua contaminada, las bacterias generan H_2S el cual reacciona con los metales del agua y se forman sulfuros; estos sulfuros precipitan al fondo y agua queda descontaminada. El proceso primeramente es en una etapa anaeróbica y luego en una etapa aeróbica.

Otros métodos pasivos al igual que los “Wetland “ son las cunetas alcalinas, drenes anóxicos de caliza, las cascadas de aireación y pozas de sedimentación.

11.2) MITIGACIÓN EN SUELOS Y SEDIMENTOS

Estos métodos pueden ser utilizados tanto para el tratamiento de suelos como también para el tratamiento de sedimentos.

11.2.1) Electrocinetismo y Fitorremediación

Los suelos y sedimentos contaminados de metales son tratados usando la combinación de electrocineretismo y fitorremediación.

a) Electrocineretismo

Este proceso remueve metales y contaminantes orgánicos principalmente aunque también es aplicable en contaminantes inorgánicos en suelos de baja permeabilidad, barro y dragas marinas. Usa la electroquímica y la electrocinerética para disolver y remover metales y orgánicos polares. La tecnología usada insitu es principalmente una técnica de separación y remoción para extraer el contaminante del suelo

** Aplicabilidad:*

El grupo de contaminantes que son tratados en electrocinerética son metales pesados, aniones, y orgánicos polares en suelo barro, etc. Las concentraciones pueden ser tratadas hasta un máximo de 10000 ppm. La electrocinerética es más aplicable en suelos de baja permeabilidad. Estos suelos son tratados como saturados y parcialmente saturados arcillas y mezclas limo-arcillas las cuales no son fácilmente drenadas

** Limitaciones:*

Los factores que pueden afectar la aplicabilidad y eficiencia del proceso son:

- La eficiencia está bastante reducida para desechos con humedad con menor del 10%, La máxima eficiencia ocurre cuando se encuentra entre 14% y 18%.

- La presencia de material aislado o enterrado puede inducir una variabilidad en la conductividad eléctrica del suelo. Por esto la variabilidad debe ser delimitada; adicionalmente los depósitos que presentan alta conductividad eléctrica pueden hacer que la técnica sea ineficiente.
- Los electrodos se pueden disolver como un resultado de la electrólisis e introducir productos corrosivos en el suelo.
- El pH extremo en los electrodos y los cambios oxidación-reducción inducidos por el proceso de reacción de electrodos inhibe la eficiencia, a pesar que las condiciones ácidas pueden ayudar a remover el metal.
- Las reacciones oxidación-reducción pueden formar indeseables productos como gas de cloro.
- La electrocinética es más efectiva en arcillas, por la superficie de carga negativa de las partículas de arcilla; sin embargo esta superficie de carga de la arcilla es alterada por ambas cargas en el pH del fluido en los poros y la adsorción de contaminantes.

b) Fitorremediación

Es un proceso que usa a las plantas para remover, transferir estabilizar y destruir el contaminante en suelos y sedimentos; los contaminantes migran por las raíces a la parte más alta de las plantas y es posteriormente extraído. Los contaminantes pueden ser orgánicos o inorgánicos.

Los árboles son generalmente el elemento mas usado de la flora en fitorremediación, debido a que crecen rápidamente y pueden sobrevivir a diferentes tipos de clima. Además que pueden llevar gran cantidad de agua desde el suelo. De esta manera pueden llevar los contaminantes disueltos y reducir la contaminación del suelo.

** Aplicabilidad:*

La fitoremediación puede ser aplicable para la remediación en el caso de metales, pesticidas, explosivos, aceite crudo y relleno de suelos de drenaje, estas especies de plantas conservan los metales en sus raíces.

Estas pueden ser llevadas a otros lugares para filtrar los metales ya que puede generar agua de desecho. Cuando las raíces están saturadas del metal contaminante pueden ser cosechadas. Las plantas hiperacumuladoras pueden remover una cantidad significativa de los metales contaminantes.

** Limitaciones:*

Las limitaciones para fitoremediación en suelo incluyen:

- La profundidad de la zona de tratamiento es determinada por las plantas usadas en fitoremediación. En muchos casos está limitada por el suelo poco profundo.
- La alta concentración de material dañino puede ser tóxico para las plantas
- Involucra las limitaciones de la masa transferida como también otros biotratamientos.
- Puede depender de la estación del año dependiendo del lugar.
- La contaminación puede ser transmitida del suelo al aire
- No es efectiva para compuestos fuertemente o débilmente absorbidos.
- La toxicidad y biodisponibilidad de los productos de biodegradación no es siempre conocida.
- Los productos pueden ser movilizados en el agua o bioacumulaciones en los animales
- Este método se encuentra aun en la fase de demostración
- Todavía las leyes no les son aplicadas.

11.2.2) Solidificación y Estabilización

Produce bloques de desechos monolíticos de estructura fuertemente integrada, los contaminantes no necesariamente interactúan químicamente con los reactivos de la solidificación (generalmente cemento/ceniza); pero estos se encuentran mecánicamente junto a la matriz solidificada.

El método de estabilización abarca la adición de químicos enlazantes, tales como cementos, silicatos, etc; los cuales limitan la solubilidad o movilidad de estos desechos, a pesar de las características físicas de los desechos estas no cambian. Este proceso se puede dar In situ o ex situ.

a) Bituminización

En este proceso los desechos son recubiertos por una especie de betún derretido y encapsulado con betún frío. El proceso combina betún calentado y una concentración del material de desecho, generalmente en forma de pasta aguada, esta mezcla contiene betún y los desechos.

El agua es evaporada de la mezcla hasta cerca de 0.5% de humedad. El producto final es una mezcla homogénea de sólido exprimido y betún.

b) Asfalto o brea mineral emulsificada

Estas emulsiones son pequeñas gotitas de asfalto dispersadas en agua que son estabilizadas por agentes químicos emulsificantes. Las emulsiones se presentan como catiónicas o aniónicas. Este proceso incluye la adición de asfaltos emulsivos con una apropiada carga hidrofílica de desechos líquidos y semilíquidos a temperatura ambiente.

Después de la mezcla la emulsión termina y el agua en el desecho es liberada, y la parte orgánica forma una matriz asfalto hidrofílico alrededor del desecho sólido. Después de un tiempo suficiente, el asfalto sólido resultante tiene el desecho uniformemente distribuido y es impermeable al agua.

c) Cemento de Azufre modificado

Este cemento es un comercial material termoplástico. Fácilmente fundido a (127° a 149° C (260° a 300° F) y mezclado con los desechos para formar una masa homogénea derretida que es descargada a un contenedor frío, para su disposición en este. La relativa baja temperatura usada en la emisión de sulfuro de azufre es lo que hace que presente valores sostenibles.

d) Extrusión con Polietileno

Esta extrusión abarca la mezcla de enlazantes de polietileno y materiales de desecho secos usando cilindros calentados conteniendo una mezcla y tiene transporte en giros de revolución. La mezcla homogénea calentada sale del cilindro donde es enfriada y solidificada. Las propiedades del polietileno hacen que produzca un compuesto muy estable y solidificado.

e) Cemento Portland

Es un proceso que consiste primariamente de silicatos de base pozzolanica que es como ceniza o polvo. Este material reacciona químicamente con el agua para formar matriz de cemento sólido la cual ayuda al manejo y características físicas del desecho. También incrementa el pH del agua la cual precipita e inmoviliza algunos metales pesados contaminantes. Este sistema es principalmente usado para contaminantes inorgánicos, con respecto a los contaminantes orgánico su efectividad varia.

f) Estabilización de la masa mineral

Este proceso es la adición de reactivos como escoria, material de cemento; para dejar a un peligroso constituyente con la menor movilidad y/o perdiendo su toxicidad. Esta masa mineral que lixivia el metal pesado u otros contaminantes esta establecida para inmovilizar este peligroso constituyente.

g) Fosfatos Solubles

Este método involucra la adición de varias formas de fosfatos y álcalis para el control de PH, para la formación de moléculas complejas de metal de baja solubilidad para inmovilizar al metal en un rango amplio de pH. A diferencia de otros procesos de fosfatos solubles este no convierte el desperdicio en una masa dura monolítica. Una aplicación de este método es al inmovilizar por ejemplo al Plomo y al Cadmio en suelos.

h) Vitrificación / Vidrio Fundido

Vitrificación o vidrio fundido es un método de solidificación que emplea calor mayor a 1,200° C para fundir y convertir el material de desecho en vidrio u otros productos cristalinos. La alta temperatura destruye los constituyentes orgánicos con muy pocos subproductos. Materiales tales como metales pesados y radionucleidos son incorporados en estructura vidriosa la cual es relativamente fuerte, volviéndose la mezcla un material durable que es resistente a la lixiviación.

** Aplicabilidad de estos métodos:*

Esta tecnología para contaminantes es principalmente inorgánica incluyendo a los radionucleidos, tiene poca efectividad contra orgánicos y pesticidas excepto vitrificación la cual destruye muchos contaminantes orgánicos

** Limitaciones:*

Los factores que pueden variar la aplicabilidad y eficiencia del proceso son los siguientes:

- Las condiciones pueden afectar el periodo de inmovilización de los contaminantes.
- Algunos procesos traen como consecuencia gran incremento de volumen.
- Ciertos desechos son incompatibles con estos procesos mencionados. Son necesarios estudios para su tratamiento.
- Los desechos orgánicos generalmente no son inmovilizados
- El periodo de eficiencia no ha podido ser demostrado.

11.2.3) Excavación y disposición fuera del suelo contaminado

Este tipo de tratamiento se ha aplicado en forma intensiva en varios sitios, rellenando el lugar que ocupaban los materiales peligrosos, principalmente los desechos peligrosos, que se están haciendo cada vez más difíciles por el incremento de los controles de regulación, además que se prohíbe aplicarlos a zonas de gran extensión, gran profundidad o con una compleja hidrogeología, además la capacidad para desechos radioactivos y desechos mezclados es extremadamente limitada.

El material contaminado es removido y transportado a un lugar adecuado de tratamiento. En algunos casos se hacen pretratamientos para ver las restricciones del lugar de disposición del material.

** Aplicabilidad:*

Este proceso es aplicable a un rango completo de contaminantes. Incluso para desechos recolectados de ambientes de diferentes condiciones.

** Limitaciones:*

Los factores que pueden variar la aplicabilidad y eficiencia del proceso son los siguientes:

- La generación de una emisión rápida que puede ser un problema para la operación.
- La distancia entre el lugar contaminado y el más cercano lugar de depósito de acuerdo a los permisos requeridos afectará en el costo.
- La profundidad y composición promedio requerida para la excavación debe ser considerada.
- El transporte del suelo a través de las áreas pobladas debe ser aceptada por la comunidad
- Las opciones para la disposición de ciertos materiales (desechos mezclados o desechos transuránicos) pueden ser limitadas, se tienen que hacer algunos trámites legales.

11.2.4) Extracción Ácida y Extracción con Solventes

a) Extracción Ácida

La extracción química en general no destruye el desperdicio, pero si separa al contaminante del suelo, sedimento, etc., la reducción del volumen del desechos peligrosos debe ser también tratado. La tecnología usa un extractor químico que generalmente es agua con algunos aditivos.

Usualmente se realiza separación física antes de la extracción química para que el suelo se encuentre mas fino. Esta separación física puede acelerar el proceso ya que por ésta se extraen partículas de material pesado, si se encuentran presentes en el suelo.

Cuando la extracción se completa, los sólidos son transferido a un sistema de enjuague, para remover el ácido y el metal. La solución de extracción y el agua de enjuague se regenera usando materiales como hidróxido de sodio junto a floculantes que remueven el metal y reforman el ácido.

El metal pesado después es recuperado. En el proceso final se va eliminado el agua del suelo y mezclado con limos y fertilizante, para neutralizar el ácido residual.

b) Extracción con Solventes

La extracción Solvente es una forma común de la extracción química usando solventes orgánicos como el extractante.

Es comúnmente usada con otra tecnología como solidificación/estabilización, incineración dependiendo de las condiciones. Orgánicamente los metales enlazados pueden ser extraídos con los contaminantes orgánicos.

Trazas del solvente pueden quedar en la matriz del suelo tratado, por lo cual la toxicidad del solvente es de importante consideración; este proceso tiene una duración media.

**** Aplicabilidad:***

Estos métodos son muy efectivo en el tratamiento de sedimentos, lodo mineral y suelos que contienen contaminantes orgánicos principalmente PCBs, VOCs, solventes halógenos y desechos de petróleo, aunque también puede ser usado en contaminantes inorgánicos, en el caso de la extracción ácida.

El proceso de extracción por solventes se ha demostrado que es aplicable para separación de contaminantes orgánicos en desechos de pintura de madera carbón, etc. y para la separación de lodo minero, desechos de pesticidas e insecticidas, etc.

La extracción ácida se puede usar en contaminantes orgánicos, pero es más adaptable para el tratamiento de sedimentos, lodo mineral y suelos contaminados por metales pesados.

** Limitaciones:*

Los factores que pueden variar la aplicabilidad y eficiencia del proceso son los siguientes:

- Algunos tipos de suelo y los niveles de humedad pueden afectar en el desarrollo del proceso.
- El alto contenido de arcilla puede reducir la eficiencia de la extracción y requerir mas tiempo del usual.
- Los metales enlazados orgánicamente pueden ser extraídos con contaminantes orgánicos los cuales dificultan el manejo de los residuos.
- La presencia de detergentes y emulsientes puede perjudicar la extracción.
- En los sólidos tratados pueden quedar trazas del solvente. La toxicidad del solvente debe tener una importante consideración.
- La extracción del solvente generalmente es menos efectiva en moléculas orgánicas pesadas y en sustancias hidrofílicas.
- Después de la extracción ácida los residuos ácidos en los suelos tratados deben ser neutralizados
- El costo del tratamiento puede resultar relativamente elevado; pero es más económico que otros para grandes áreas.

12) PROCESOS DE REMOCIÓN DE IONES METÁLICOS Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

El proceso de sedimentación planteado para este estudio consiste en la construcción de un dique de concreto (presa de gravedad) con zonas de descarga para poder hacer sedimentar los sólidos suspendidos y metales del agua del río Boca Cabana al entrar en contacto con este dique.

12.1) CARACTERÍSTICAS DEL AGUA Y LOS SEDIMENTOS EN LA ZONA DE REPRESAMIENTO

Para evaluar las características de la zona de represamiento se tomaron muestras de agua y sedimento en dos sectores, el primero es en la zona donde se emplazará el dique, mientras que el otro se ubica en un canal que desemboca en el río Boca Cabana, este canal trae el agua de una quebrada en cuyo origen se ubican algunas minas de la cuenca.

La zona de la posible ubicación del dique se muestra en la Fotografía N° 12.1 y la toma de muestras tanto de agua como sedimento de esta zona se muestra en la Fotografía N° 12.2. Las características de la cuenca del río Boca Cabana en esta zona se muestran en la Fotografía N° 12.3 y Fotografía N° 12.4.

12.1.1) Condiciones del Agua

a) Parámetro Físico-Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos

Los parámetros físico-químicos, sulfatos y turbidez correspondientes a la zona del dique y al canal de drenajes se presentan en la Tabla N° 12.1.

La evaluación de los parámetros físico-químicos, sulfatos, turbidez y sólidos suspendidos totales para la zona del dique se realizará de acuerdo a los ECAs (Uso 3) y a otros estándares. Estos parámetros se evalúan en la Figura N° 12.1, Figura N° 12.2, Figura N° 12.3, Figura N° 12.4, Figura N° 12.5, Figura N° 12.6 y Tabla N° 12.2.

La evaluación de los parámetros físico-químicos, sulfatos, turbidez y sólidos suspendidos totales para la zona del canal de drenajes se realizará de acuerdo a los ECAs (Uso 3), a los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas y a otros estándares. Estos parámetros se evalúan en la Figura N° 12.1, Figura N° 12.2, Figura N° 12.3, Figura N° 12.4, Figura N° 12.5, Figura N° 12.6, Tabla N° 12.3 y Tabla 12.4.

b) Metales en Agua

La concentración de metales en agua correspondientes a la zona del dique y al canal de drenajes se presenta en la Tabla N° 12.5. La evaluación de los metales en agua para la zona del dique se realizará de acuerdo a los ECAs (Uso 3) y a otros estándares. Estos parámetros se evalúan en la Figura N° 12.7, Figura N° 12.8, Figura N° 12.9, Figura N° 12.10, Figura N° 12.11, Figura 12.12, Figura 12.13, Figura 12.14 y Tabla N° 12.6.

La evaluación de los metales en agua para la zona del canal de drenajes se realizará de acuerdo a los ECAs (Uso 3), a los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas y a otros estándares. Estos parámetros se evalúan en la Figura N° 12.7, Figura N° 12.8, Figura N° 12.9, Figura N° 12.10, Figura N° 12.11, Tabla N° 12.7 y Tabla 12.8.

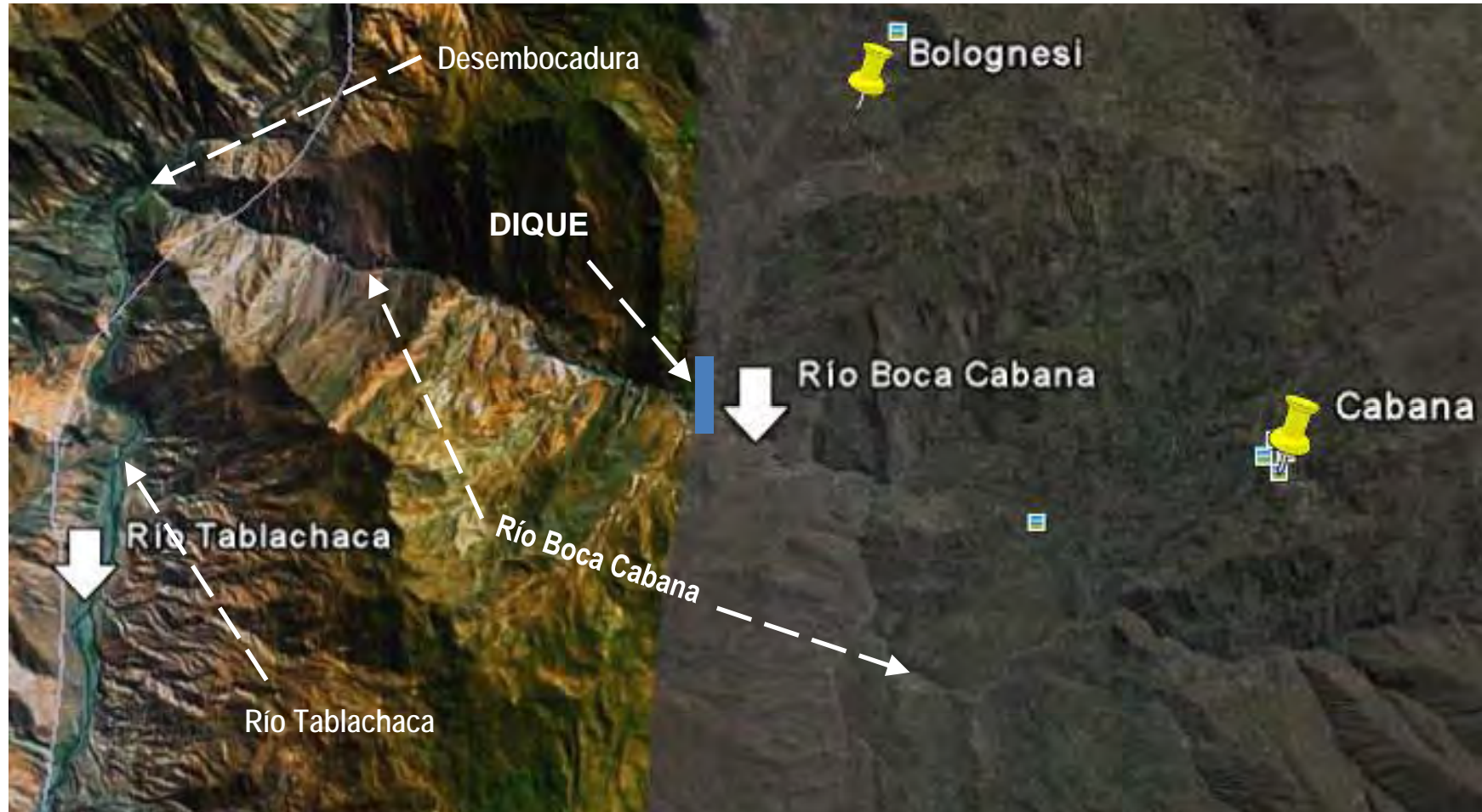
12.1.2) Condiciones de los Sedimentos

En los sedimentos de la zona de represamiento se evaluó metales.

a) Metales en Sedimento

La concentración de metales en sedimento correspondientes a la zona del dique y al canal de drenajes se presenta en la Tabla N° 12.9. La evaluación de los metales en sedimento de acuerdo a la tabla europea de límites permisibles en sedimentos (Ministerie VROM-1983), los datos corresponden a la zona del dique (grueso y fino) y al canal de drenajes se presentan en la Figura N° 12.15, Figura N° 12.16, Figura N° 12.17, Figura N° 12.18, Figura N° 12.19, Tabla N° 12.10, Tabla 12.11 y Tabla 12.12.

Posible ubicación del Dique



La ubicación del dique (UTM) es la siguiente: Norte: 9073421, Este: 162633, Zona 18 y Cota: 1745 msnm.

Toma de Muestras

En la zona donde podría construirse el posible dique se tomaron muestras tanto de agua como de sedimentos para realizar los análisis respectivos.

En la fotografía de la derecha se observa la toma de muestras de agua y en las fotografías de la parte inferior se observa la toma de muestras de sedimentos.



Fotografía N° 12.2



El Río Boca Cabana en la zona del Dique



En el lado izquierdo se aprecia el agua del Río Boca Cabana en la zona del dique mientras que en el lado derecho se observa el agua del después del dique, rumbo hacia su desembocadura en el Río Tablachaca, en ambos caso presenta gran cantidad de sólidos suspendidos.

Zonas de vida en la zona del Dique



En la zona del dique lo que se aprecia principalmente son algunos arbustos como los mostrados en la fotografía, la fauna es escasa, ya que los poblados están bastante alejados de esta zona y se encuentran en áreas de mayor cota (3000 msnm), la cota de la zona del dique esta alrededor de 1420 msnm.

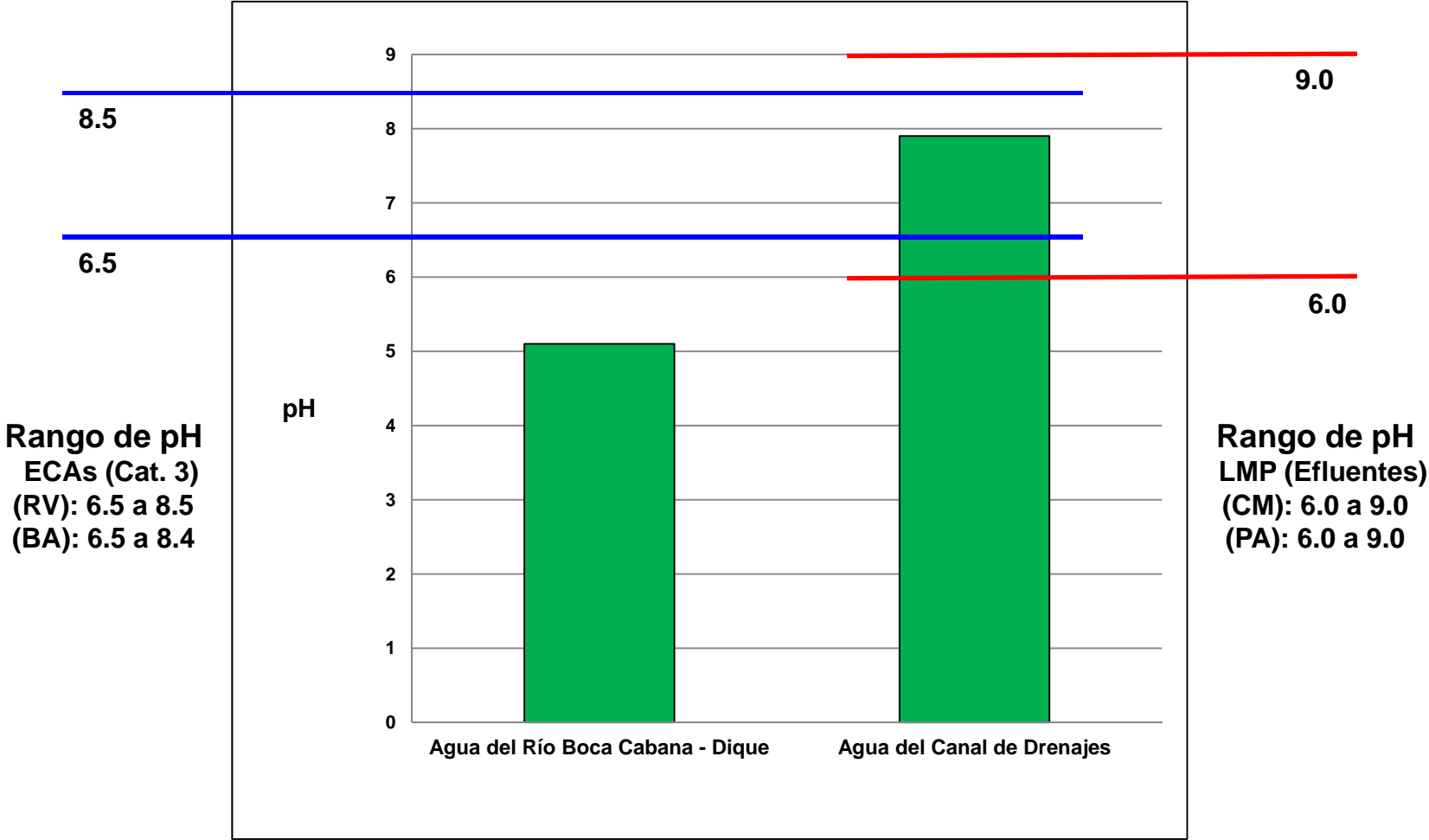
**PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, SULFATOS, TURBIDEZ
Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Parámetro	Agua del Río Boca Cabana (Dique)	Agua del Canal de Drenajes
pH	5.1	7.9
Conductividad (µS/cm)	1940	1095
Eh (mv)	254	156
Sulfatos (mg/L)	172.43	164.87
Turbidez (NTU)	2700	525
SST (mg/L)	1684.7	336.2

Tabla N° 12.1

Obs. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

VARIACIÓN DE PH



Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.1

VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD

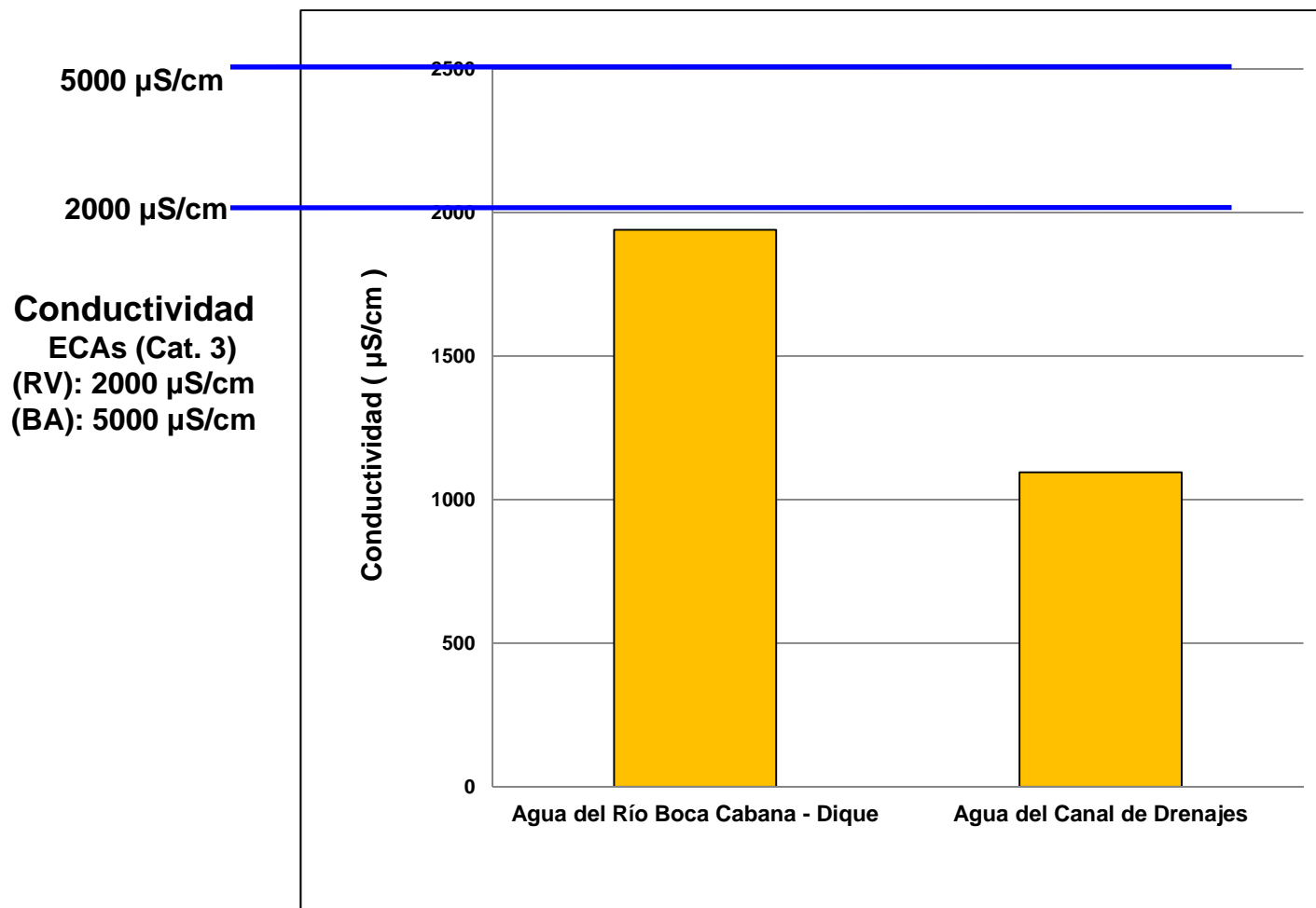


Figura N° 12.2

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE REDOX

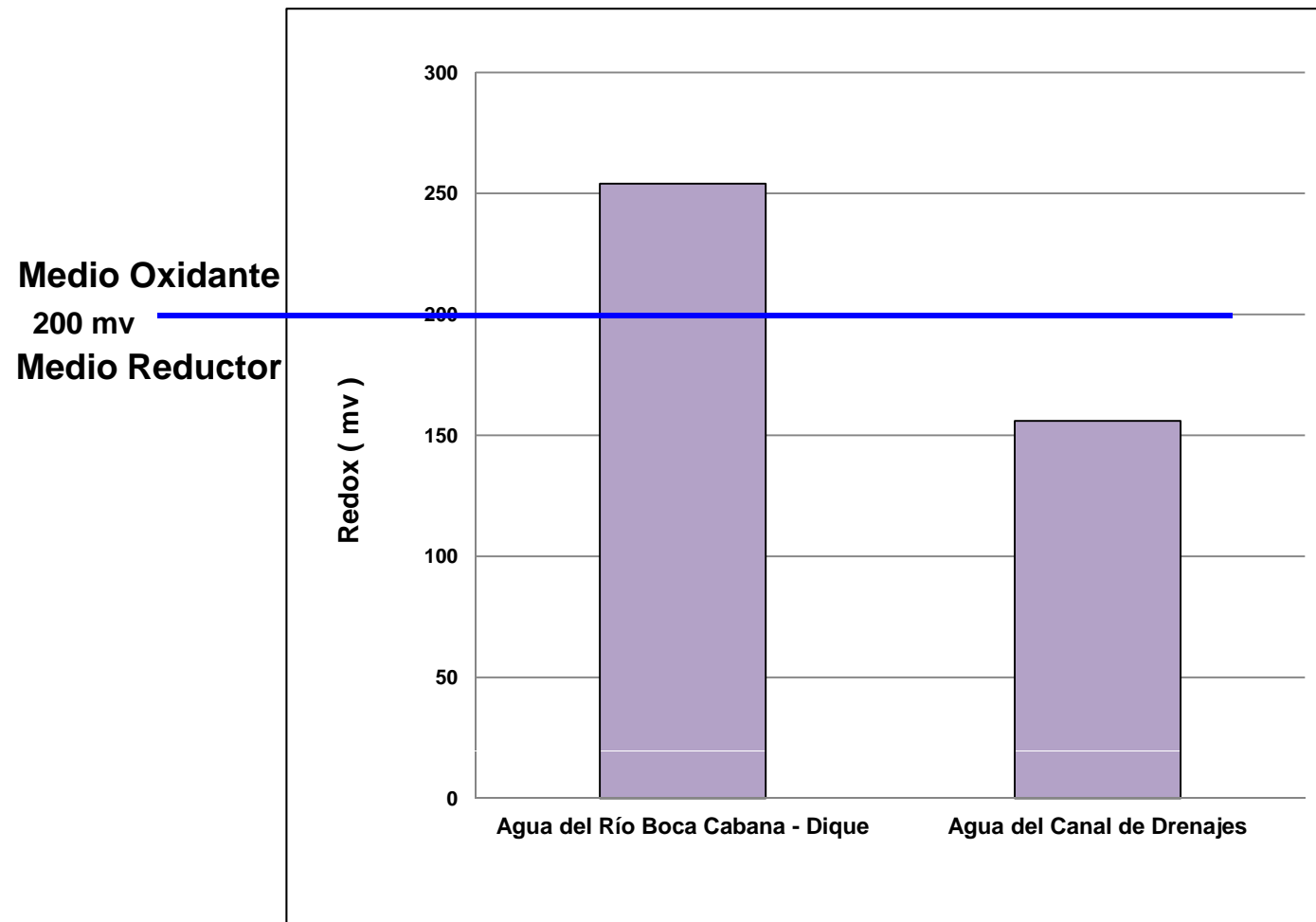


Figura N° 12.3

VARIACIÓN DE SULFATOS

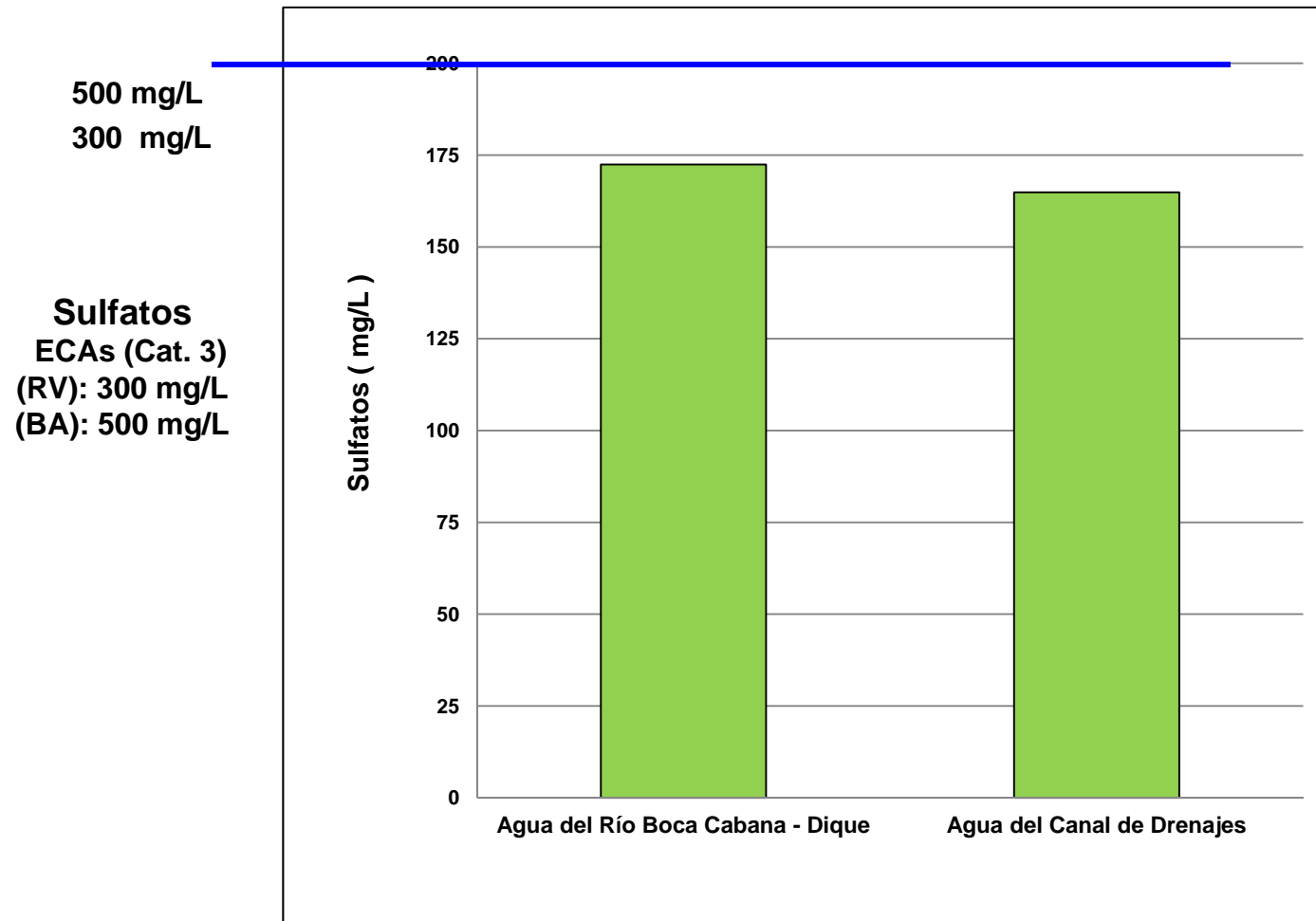


Figura N° 12.4

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

VARIACIÓN DE TURBIDEZ

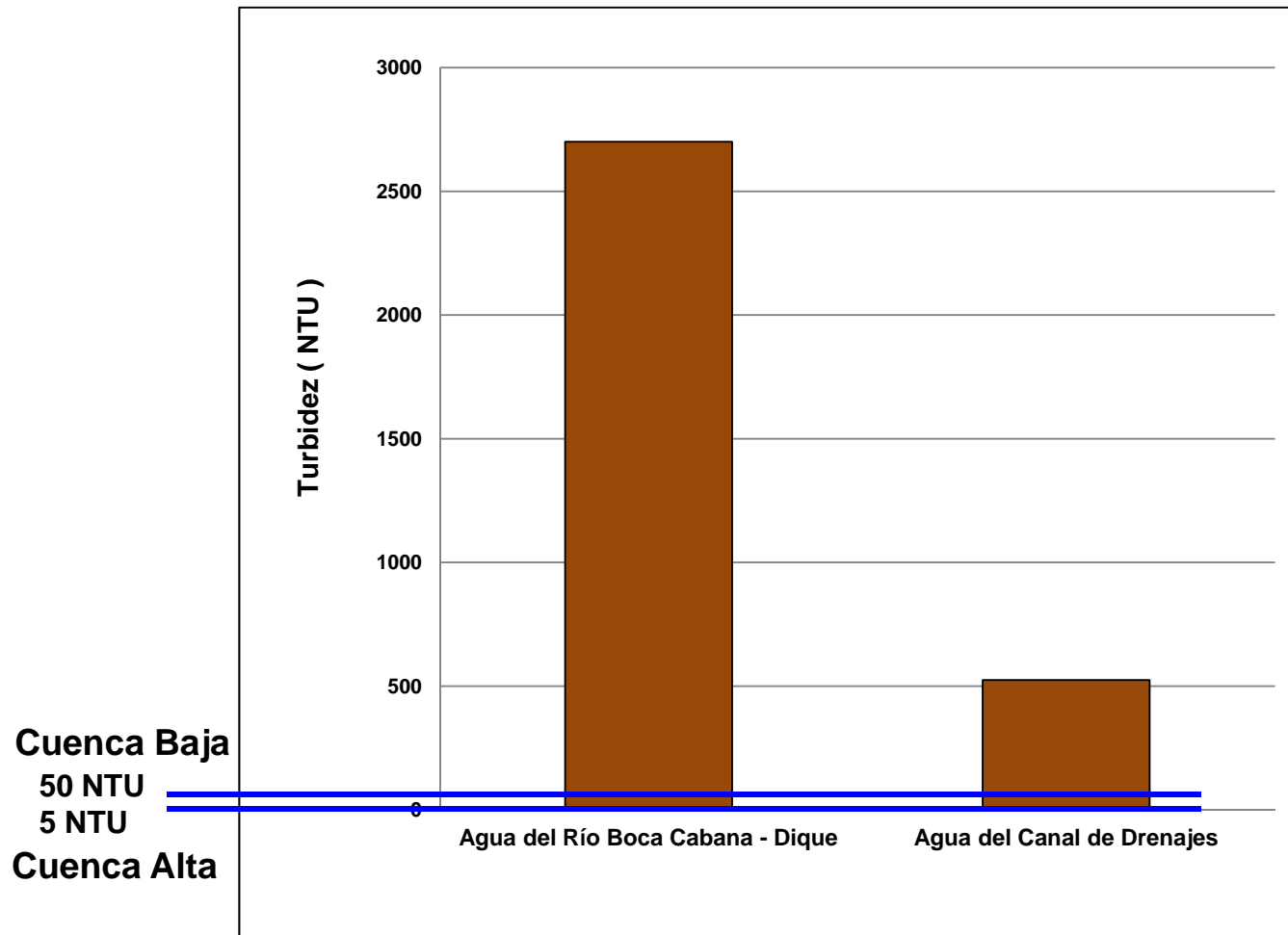
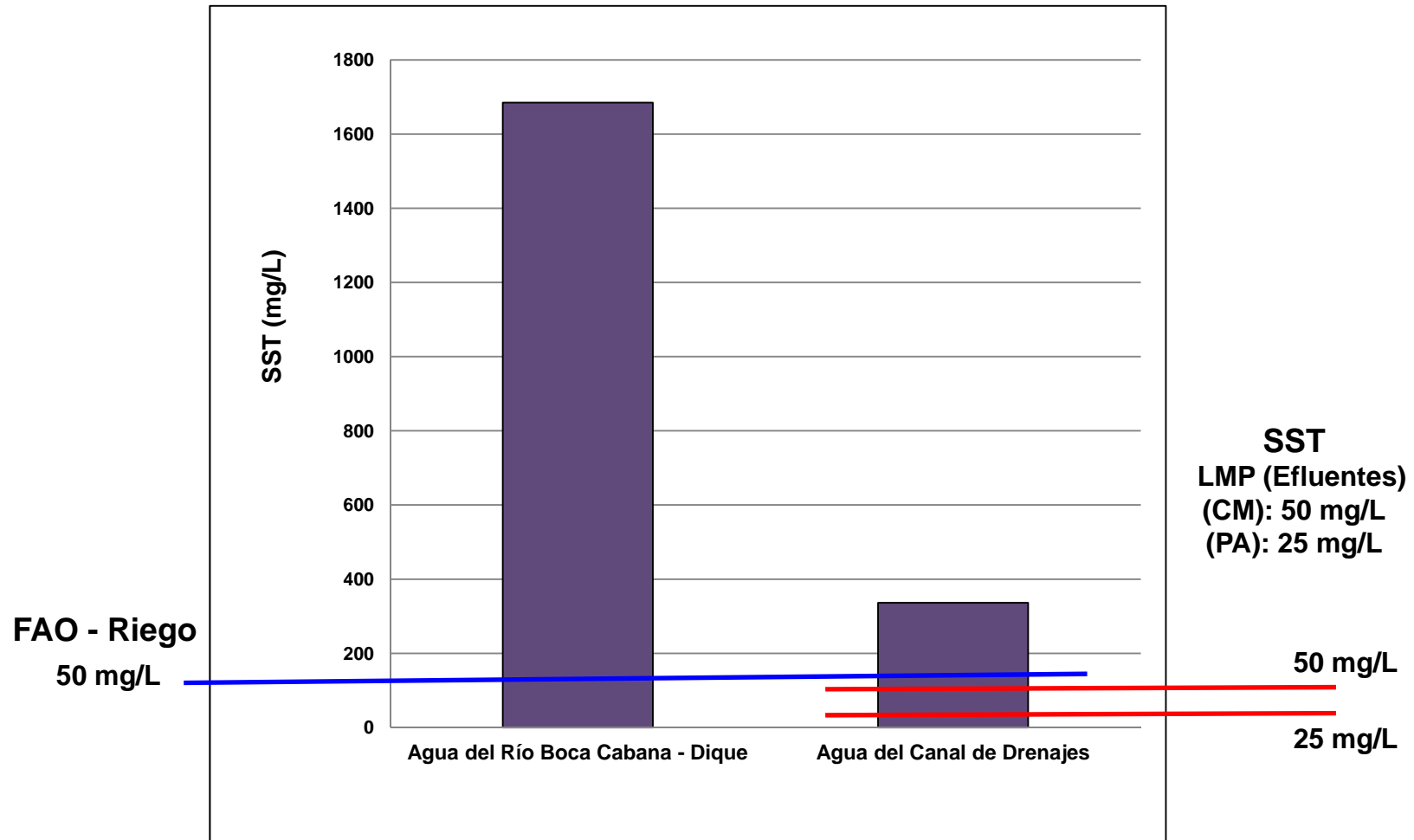


Figura N° 12.5

VARIACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



Obs. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

Figura N° 12.6

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Evaluación de parámetros Físico–Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales en la zona del dique (ECAs)

Parámetro	Valor	Según los ECAs (Cat. 3)		
		RV	BA	Observaciones
Caudal	2.352 m ³ /seg	No Esp.	No Esp.	
pH	5.1	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4	SI supera el estándar
Conductividad	1940 μS/cm	2000 μS/cm	5000 μS/cm	NO supera los estándares
Sulfatos	156 mg/L	300 mg/L	500 mg/L	NO supera los estándares
Parámetro	Valor	Según el Medio		Observaciones
Redox	254 mv	Medio Oxidante > 200 mv		Medio Oxidante
Parámetro	Valor	Para Cuencas Bajas		Observaciones
Turbidez	2700 NTU	50 NTU		SI supera el estándar
Parámetro	Valor	Según la FAO - Riego		Observaciones
SST	1684.7 mg/L	50 mg/L		SI supera el estándar

Obs 1. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs 2. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

Evaluación de parámetros Físico–Químicos, Sulfatos, Turbidez y Sólidos Suspendidos en el canal de drenajes (ECAs)

Parámetro	Valor	Según los ECAs (Cat. 3)		
		RV	BA	Observaciones
Caudal	0.032 m ³ /seg	No Esp.	No Esp.	
pH	7.9	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4	En el rango estandar
Conductividad	1095 μS/cm	2000 μS/cm	5000 μS/cm	NO supera los estándares
Sulfatos	164.87 mg/L	300 mg/L	500 mg/L	NO supera los estándares
Parámetro	Valor	Según el Medio		Observaciones
Redox	156 mv	Medio Oxidante > 200 mv		Medio Reductor
Parámetro	Valor	Para Cuencas Bajas		Observaciones
Turbidez	525 NTU	50 NTU		SI supera el estándar
Parámetro	Valor	Según la FAO - Riego		Observaciones
SST	336.32 mg/L	50 mg/L		SI supera el estándar

Tabla N° 12.3

Obs 1. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs 2. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son obtenidos a partir de la Turbidez

Evaluación de pH y Sólidos Suspendidos Totales en el canal de drenajes (LMP)

Parámetro	Valor	Según los LMP (Efluentes)		
		CM	PA	Observaciones
pH	7.9	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0	En el rango límite
SST	336.2 mg/L	50 mg/L	25 mg/L	SI supera el límite

Tabla N° 12.4

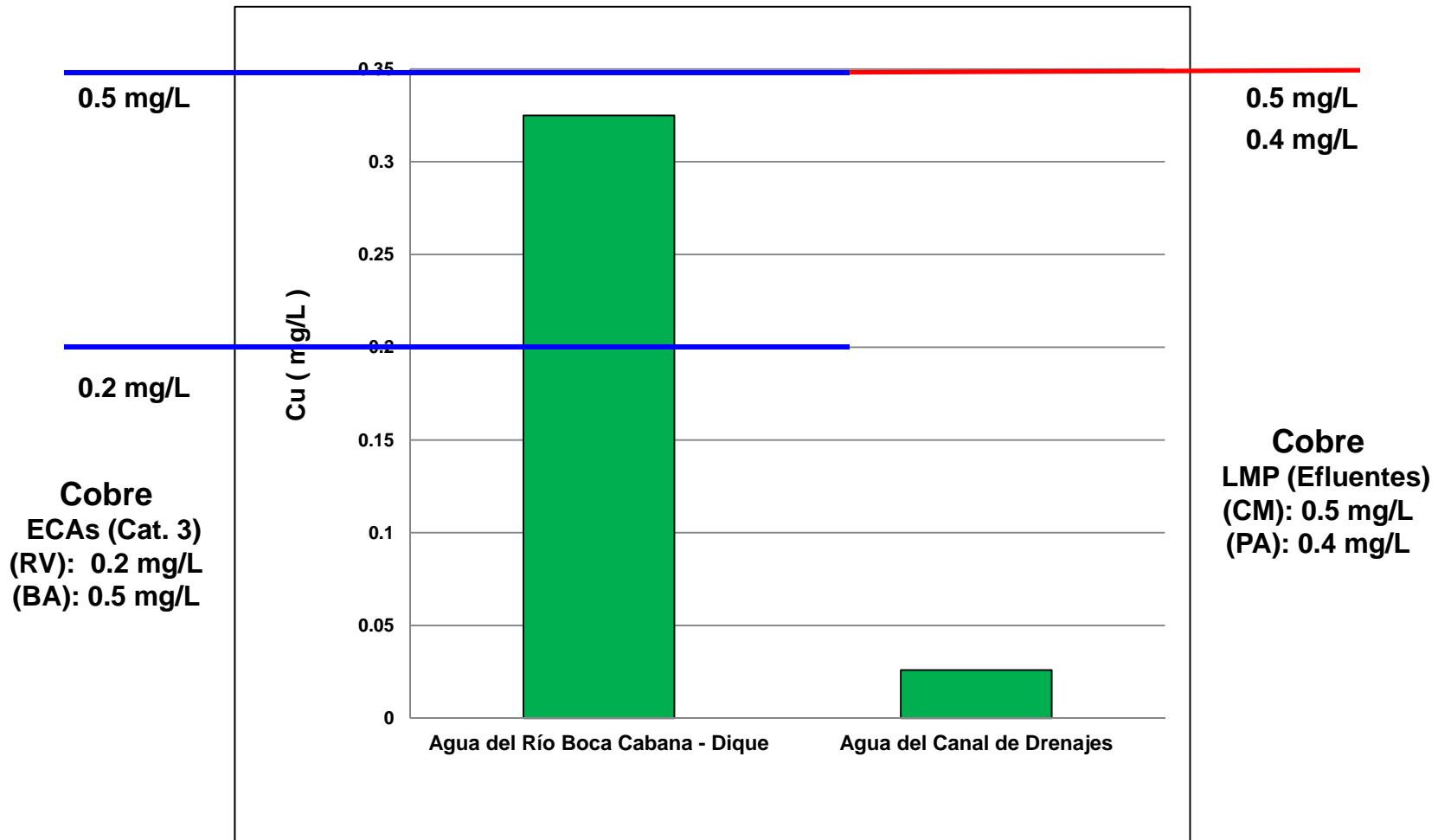
Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

ANÁLISIS DE METALES EN AGUA

Parámetro	Agua del Río Boca Cabana (Dique)	Agua del Canal de Drenajes
Cu (mg/L)	0.325	0.026
Zn (mg/L)	0.814	0.059
Pb (mg/L)	0.396	0.12
Cd (mg/L)	0.002	0.0193
As (mg/L)	6.12	0.0086
Hg (mg/L)	0.001	NR
Fe (mg/L)	702.8	NR
Mn (mg/L)	5.51	NR

Obs. (NR) No se realizó el análisis de este metal.

VARIACIÓN DE COBRE EN AGUA

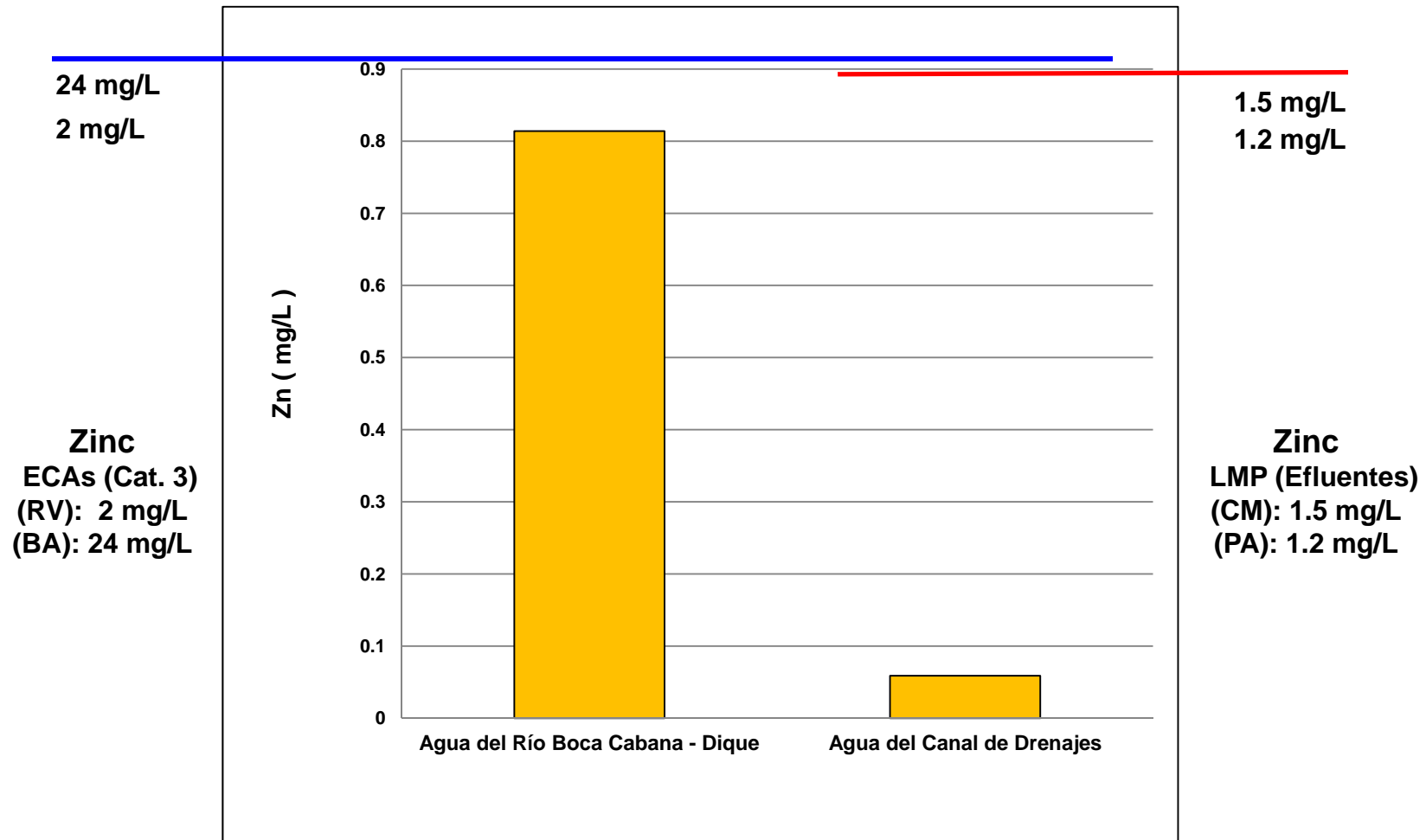


Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.7

VARIACIÓN DE ZINC EN AGUA

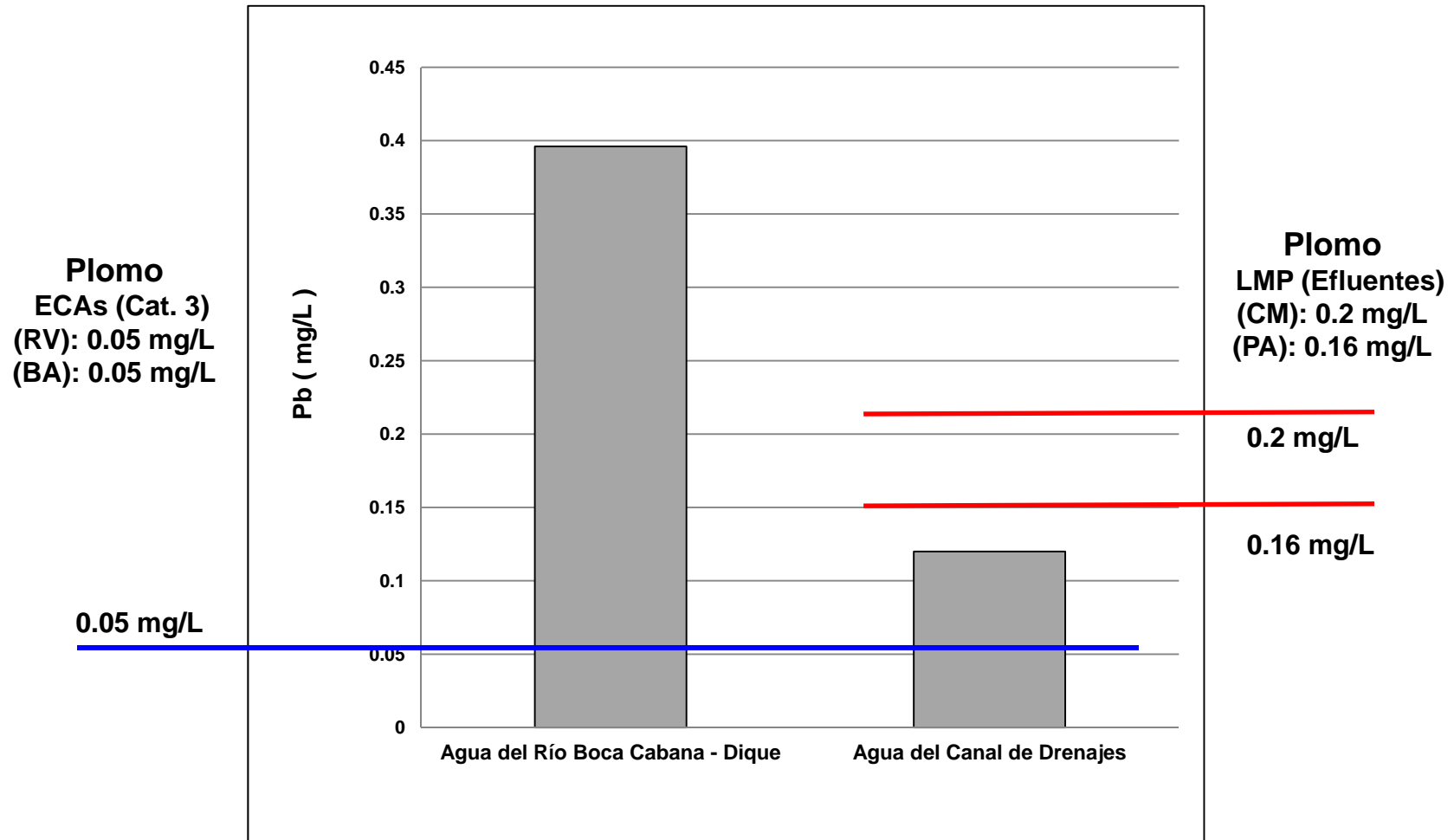


Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.8

VARIACIÓN DE PLOMO EN AGUA

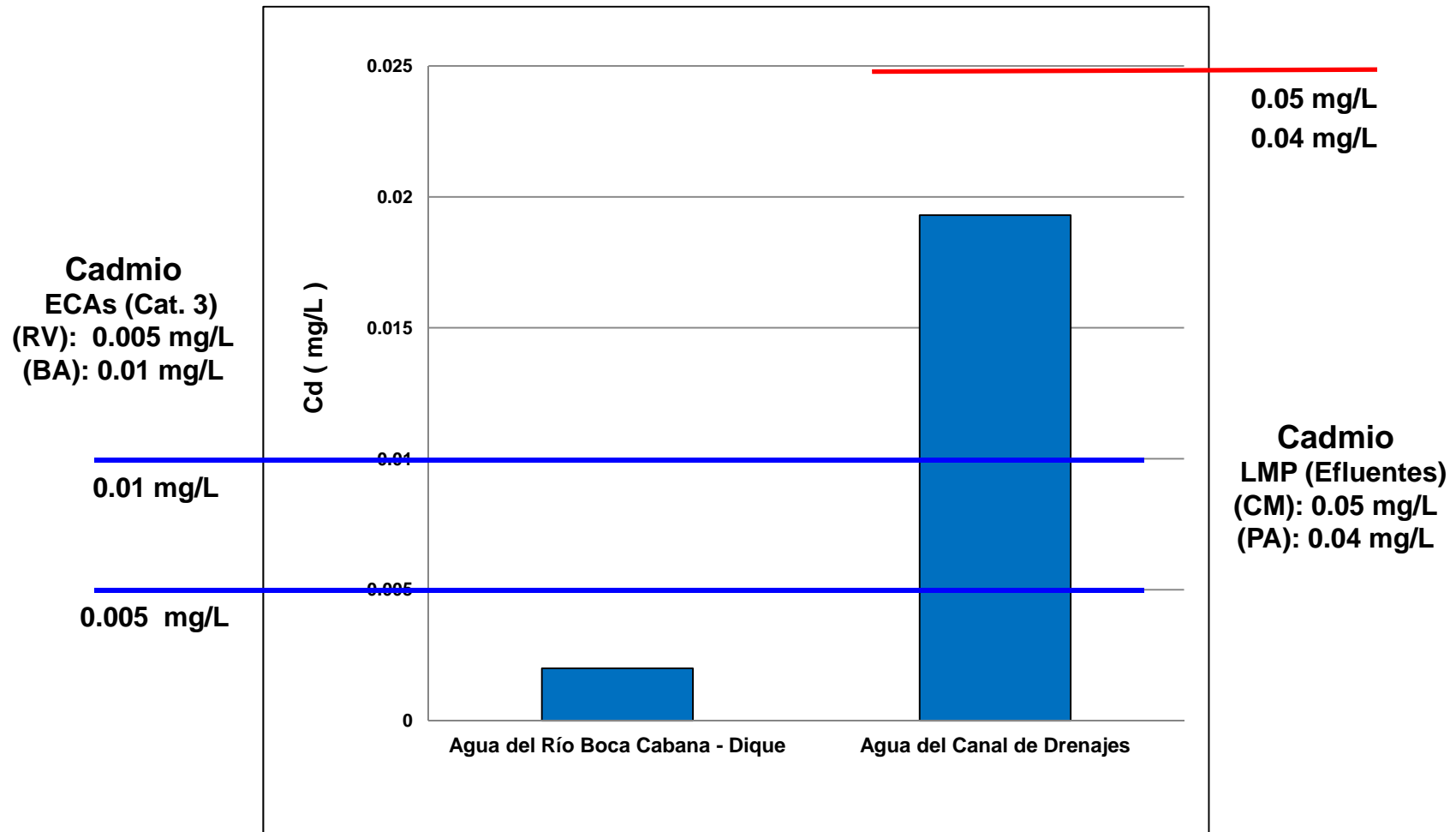


Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.9

VARIACIÓN DE CADMIO EN AGUA

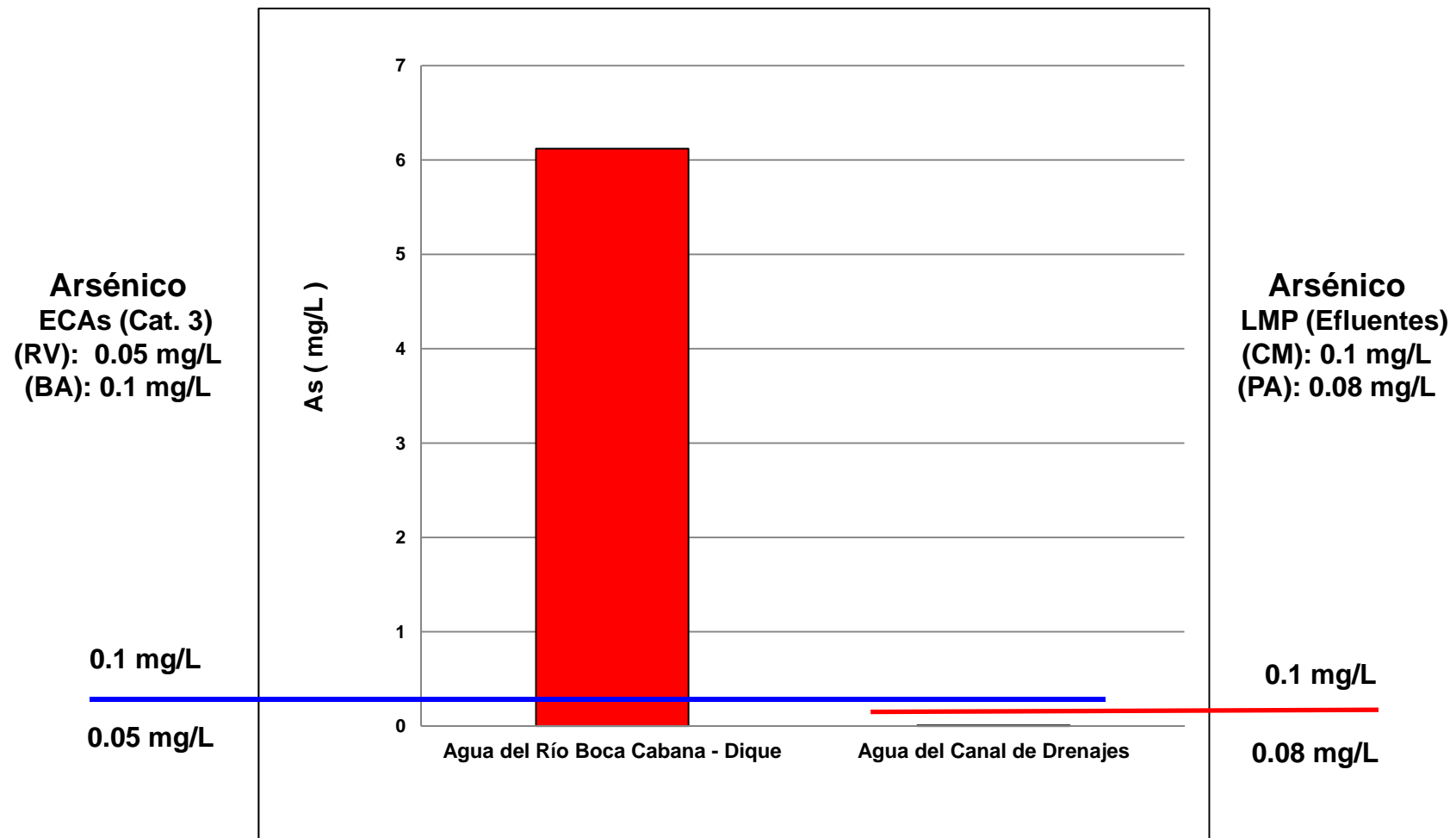


Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.10

VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA



Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.11

VARIACIÓN DE MERCURIO EN AGUA

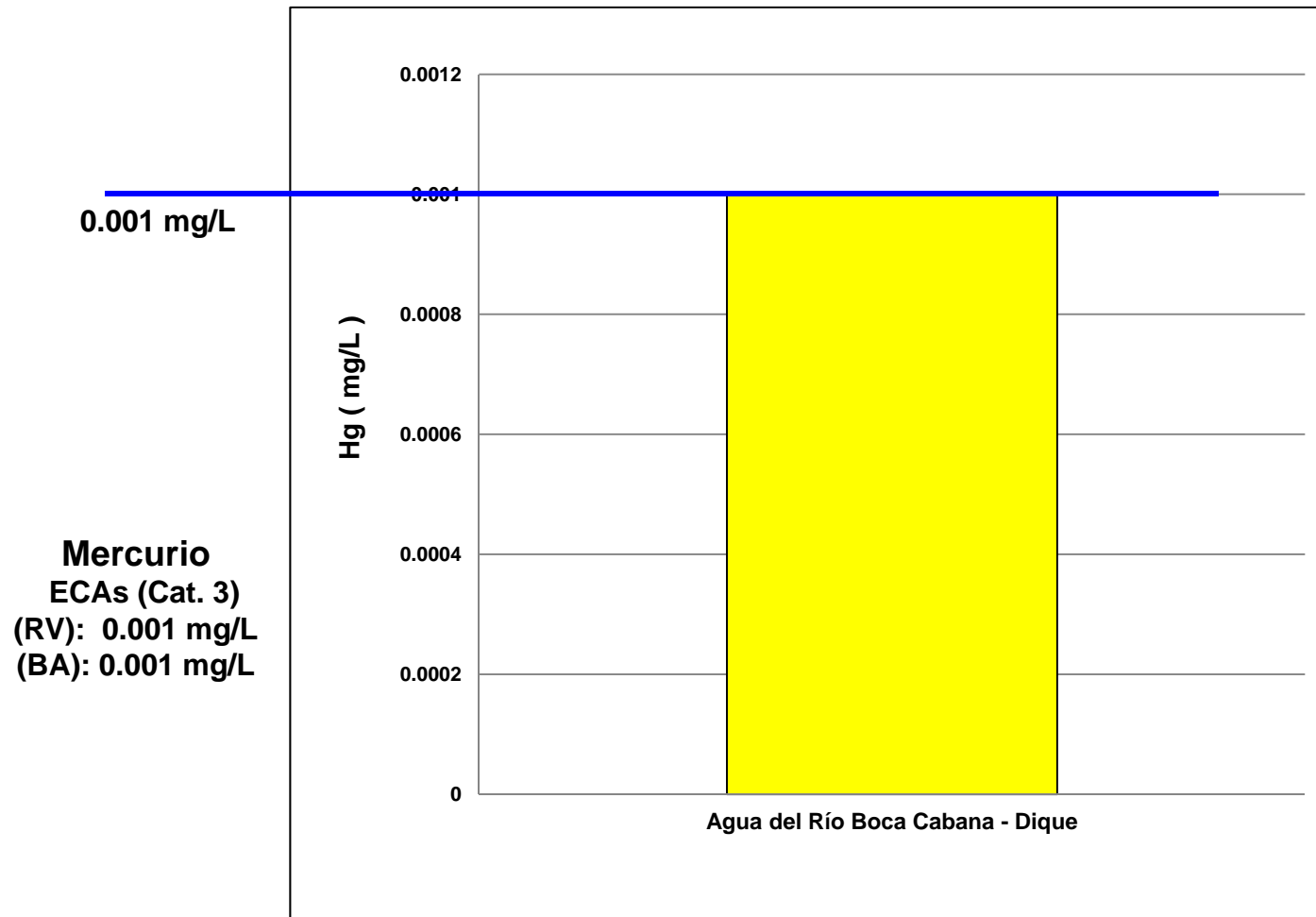


Figura N° 12.12

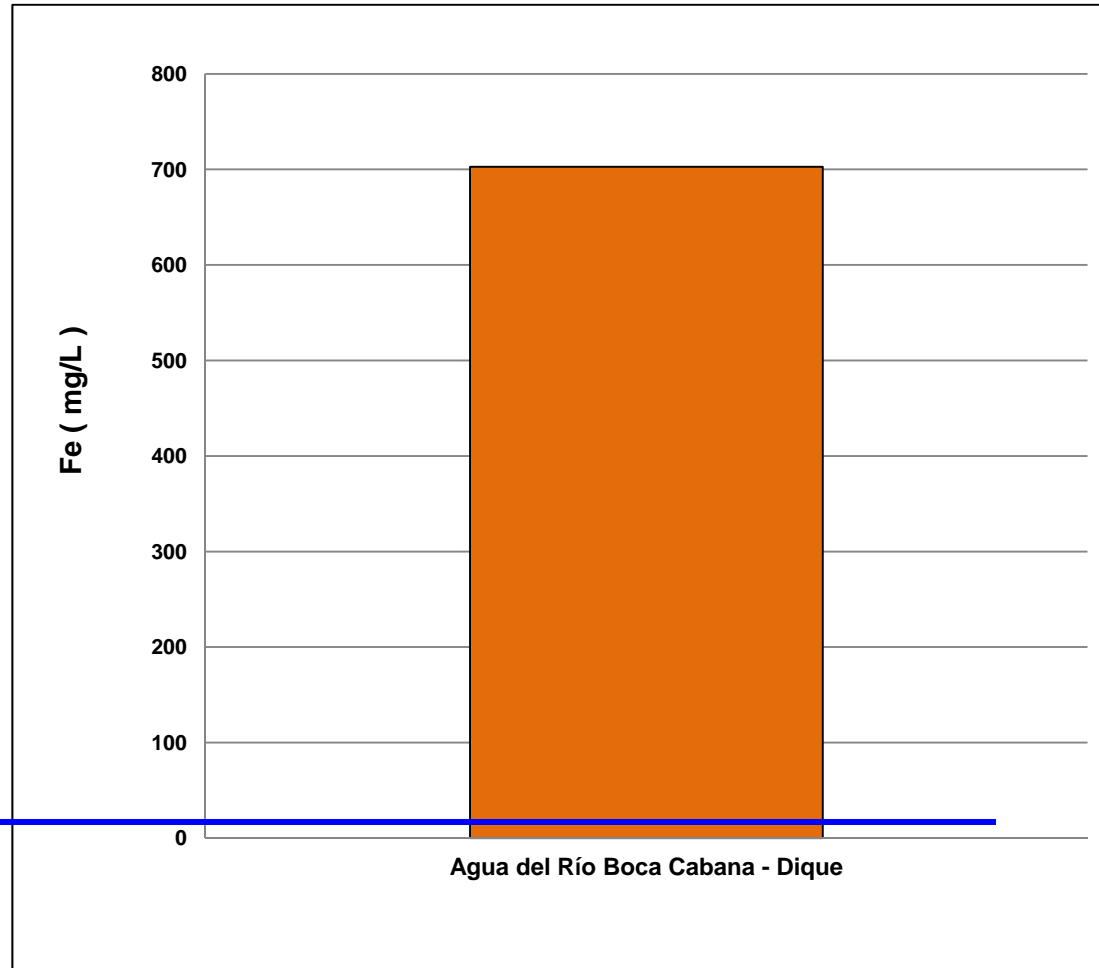
Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

VARIACIÓN DE HIERRO EN AGUA

Hierro
ECAs (Cat. 3)
(RV): 1 mg/L
(BA): 1 mg/L

1 mg/L



Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

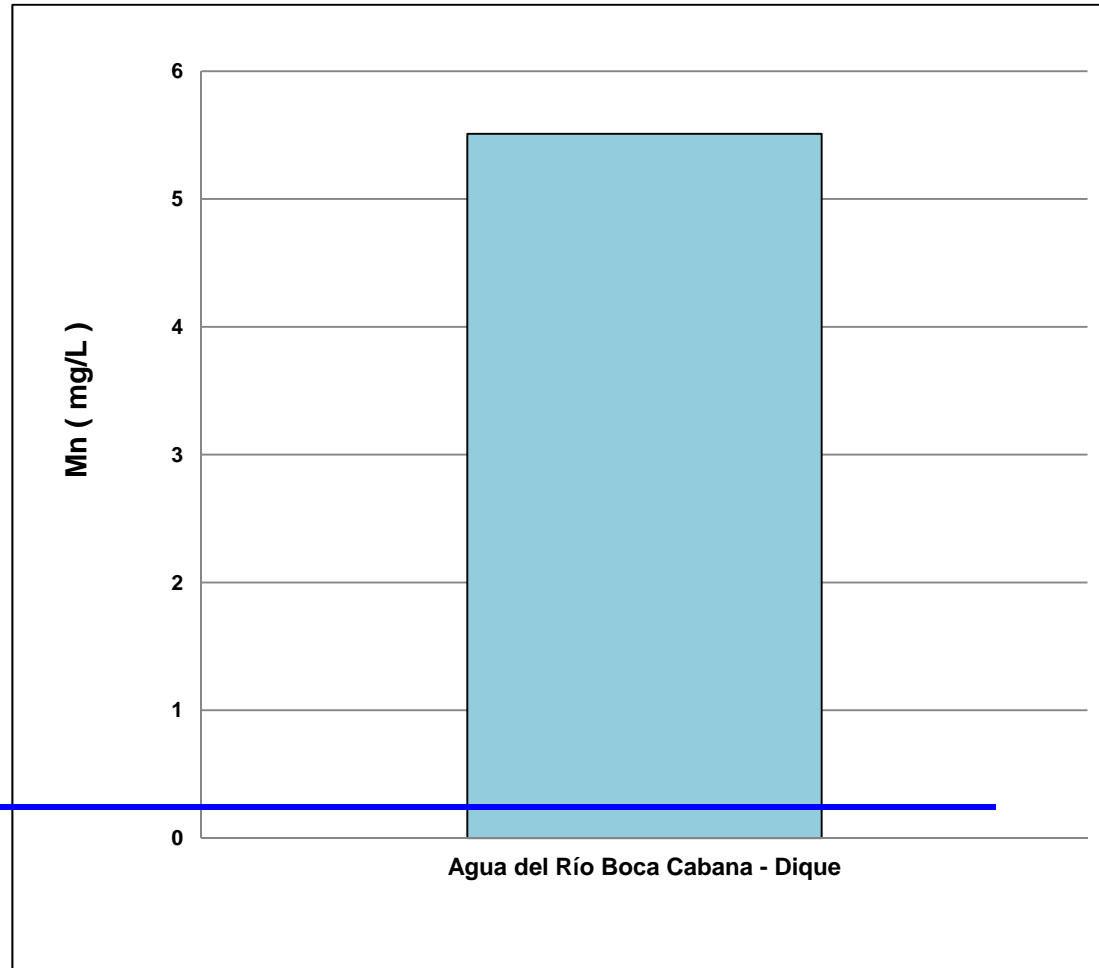
Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.13

VARIACIÓN DE MANGANESO EN AGUA

Manganeso
ECAs (Cat. 3)
(RV): 0.2 mg/L
(BA): 0.2 mg/L

0.2 mg/L



Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

Figura N° 12.14

Evaluación de metales en agua en la zona del dique (ECAs)

Parámetro	Conc. mg/L	Según los ECAs (Cat. 3)		
		RV (mg/L)	BA (mg/L)	Observaciones
Cobre	0.325	0.2	0.5	SI supera los estándares en RV
Zinc	0.814	2	24	NO supera los estándares
Plomo	0.396	0.05	0.05	SI supera los estándares
Cadmio	0.002	0.005	0.01	NO supera los estándares
Arsénico	6.12	0.05	0.1	SI supera los estándares
Mercurio	0.001	0.001	0.001	NO supera los estándares
Hierro	702.8	1	1	SI supera los estándares
Manganeso	5.51	0.2	0.2	SI supera los estándares

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Evaluación de metales en agua en el canal de drenajes (ECAs)

Parámetro	Conc. mg/L	Según los ECAs (Cat. 3)		
		RV (mg/L)	BA (mg/L)	Observaciones
Cobre	0.026	0.2	0.5	NO supera los estándares
Zinc	0.059	2	24	NO supera los estándares
Plomo	0.120	0.05	0.05	SI supera los estándares
Cadmio	0.0193	0.005	0.01	SI supera los estándares
Arsénico	0.0086	0.05	0.1	NO supera los estándares

Tabla N° 12.7

Obs. (RV) Agua para riego vegetal y (BA) Bebida de animales.

Evaluación de metales en agua en el canal de drenajes (LMP)

Parámetro	Conc. mg/L	Según los LMP (Efluentes)		
		CM (mg/L)	PA (mg/L)	Observaciones
Cobre	0.026	0.5	0.4	NO supera los límites
Zinc	0.059	1.5	1.2	NO supera los límites
Plomo	0.120	0.2	0.16	NO supera los límites
Cadmio	0.0193	0.05	0.04	NO supera los límites
Arsénico	0.0086	0.1	0.08	NO supera los límites

Tabla N° 12.8

Obs. (CM) Medido en cualquier momento y (PA) Promedio anual.

ANÁLISIS DE METALES EN SEDIMENTO

Parámetro	Sedimento Grueso Río Boca Cabana (Dique)	Sedimento Fino Río Boca Cabana (Presa)	Sedimento Canal de Drenajes
Cu (ppm)	20	29	28
Zn (ppm)	23	105	163
Pb (ppm)	50	12	50
Cd (ppm)	6	5	5
As (ppm)	25	65	38

Tabla N° 12.9

VARIACIÓN DE COBRE EN SEDIMENTO

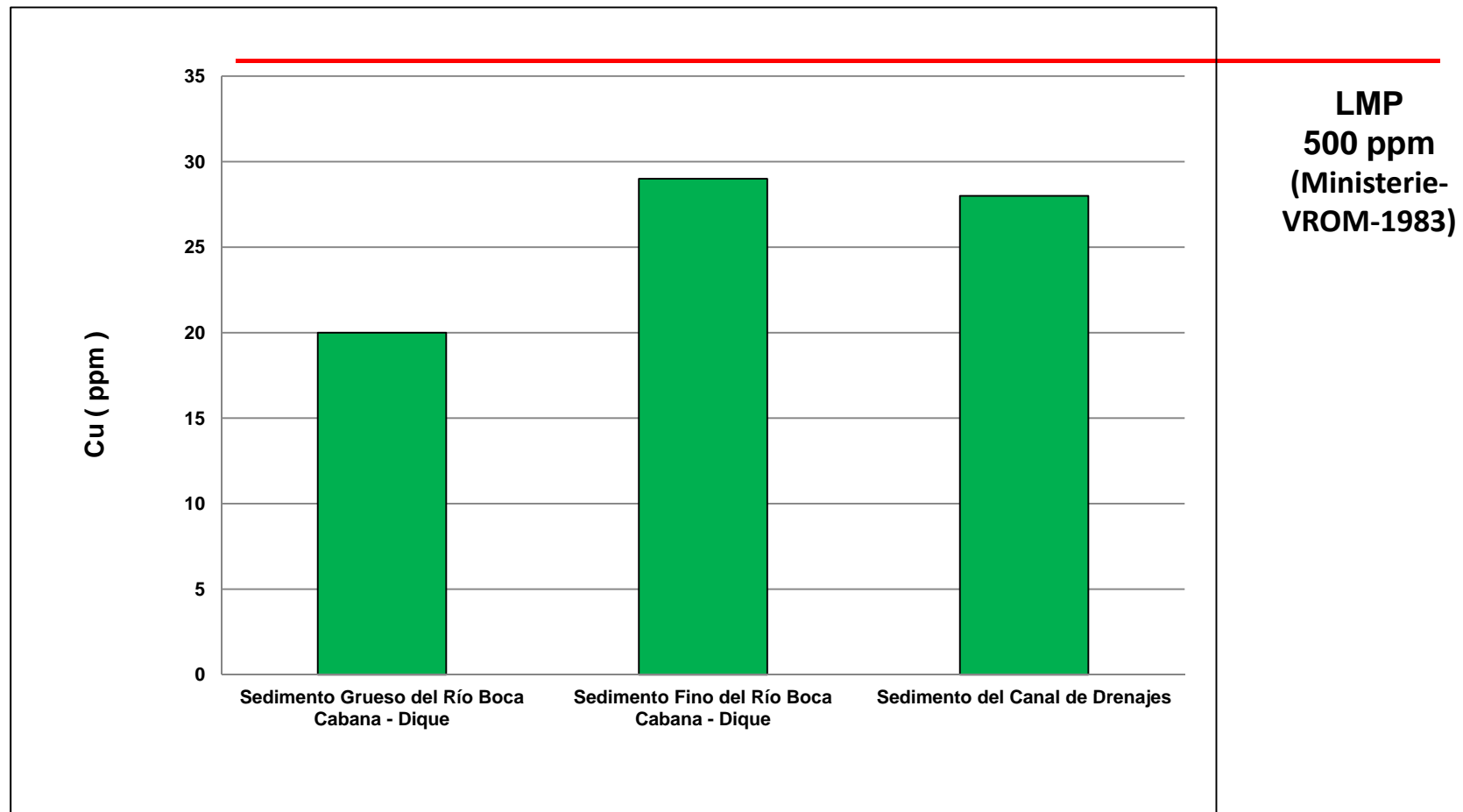


Figura N° 12.15

VARIACIÓN DE ZINC EN SEDIMENTO

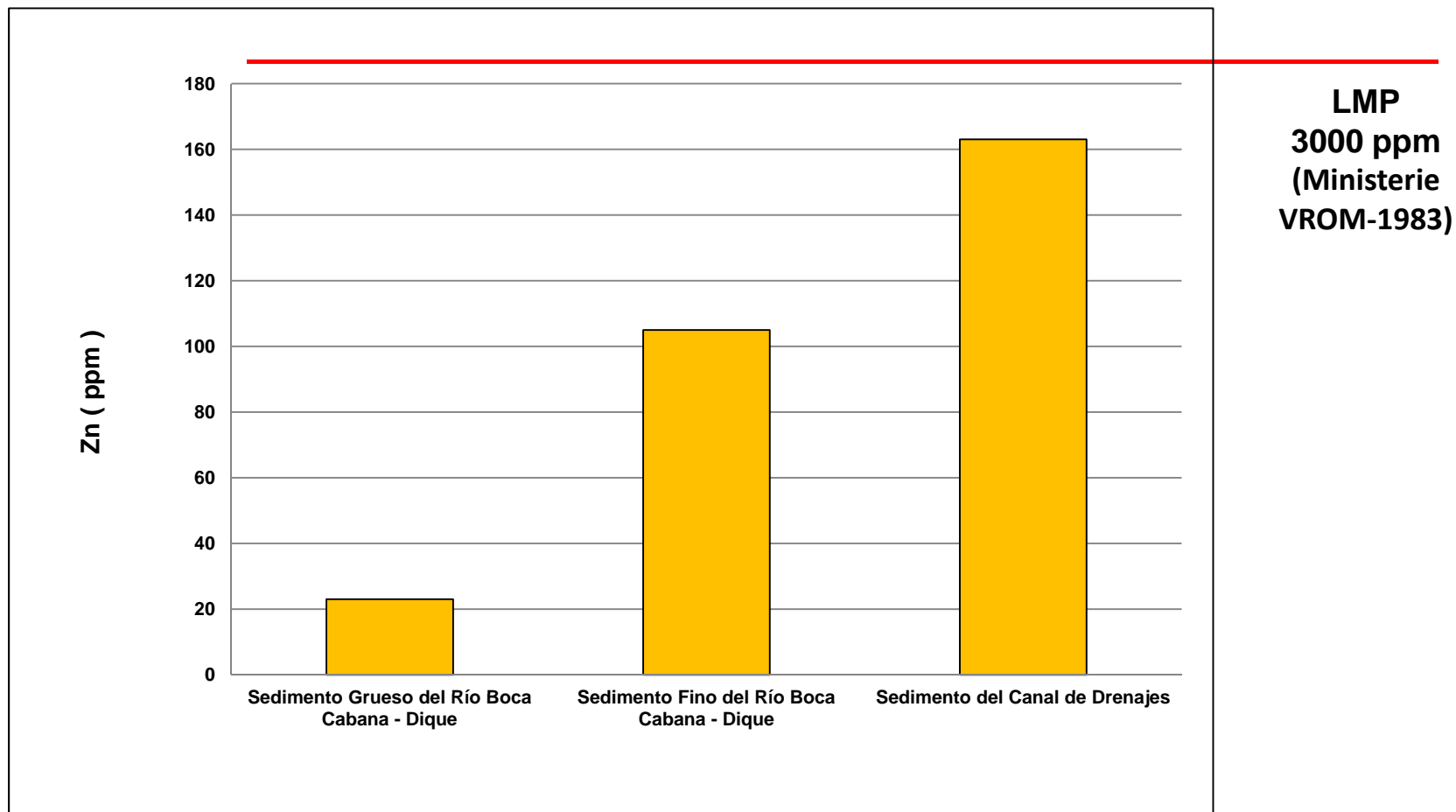


Figura N° 12.16

VARIACIÓN DE PLOMO EN SEDIMENTO

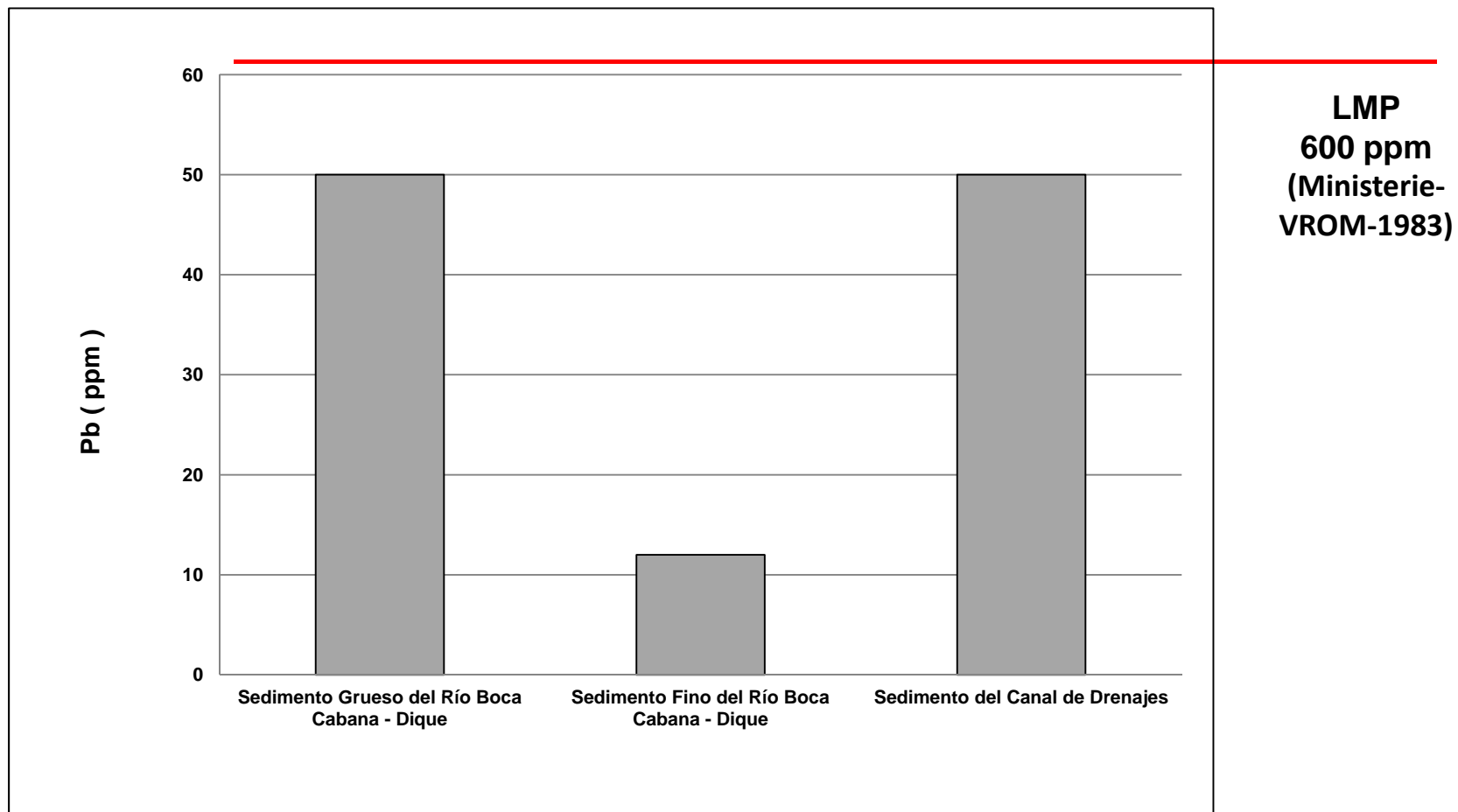


Figura N° 12.17

VARIACIÓN DE CADMIO EN SEDIMENTO

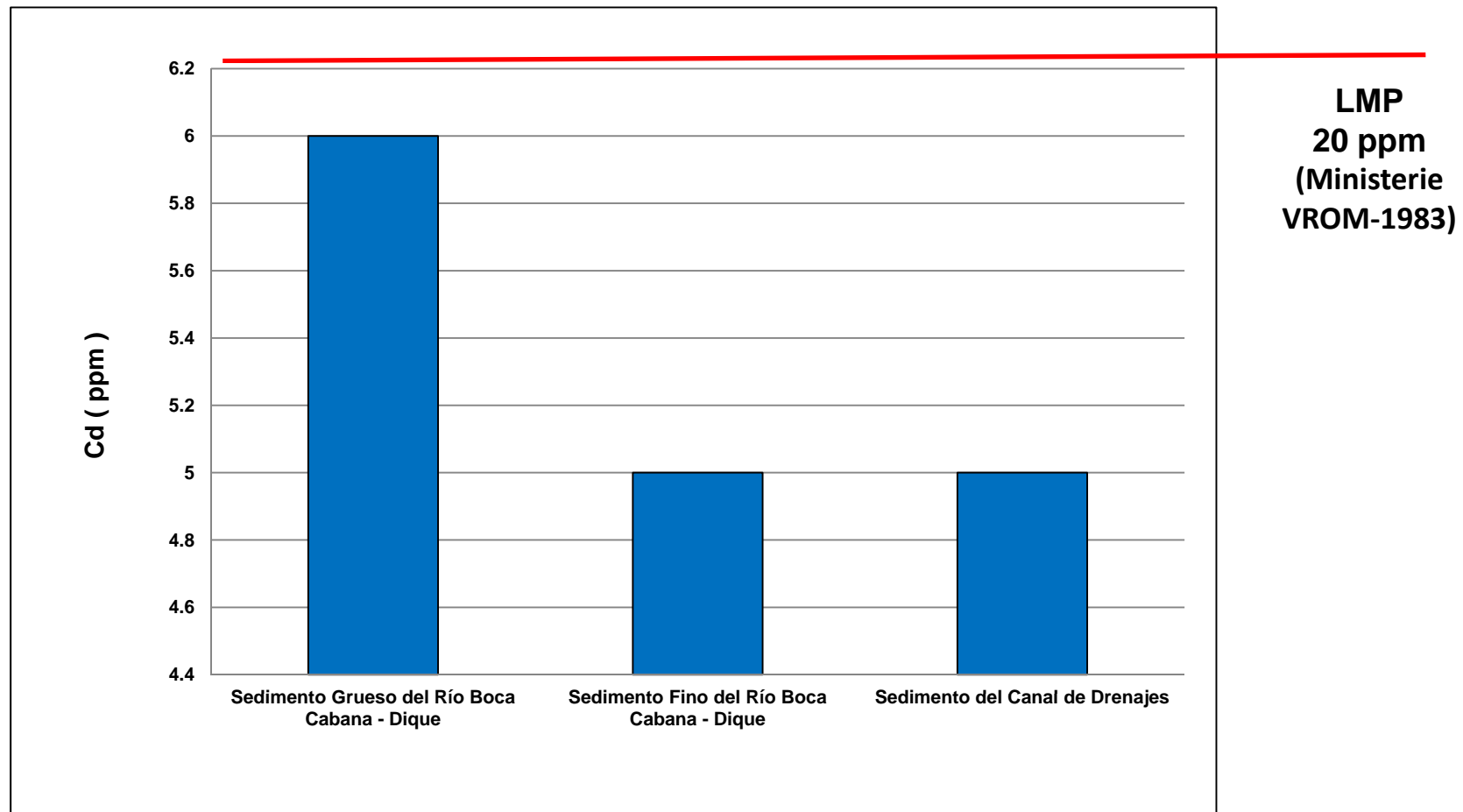


Figura N° 12.18

VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN SEDIMENTO

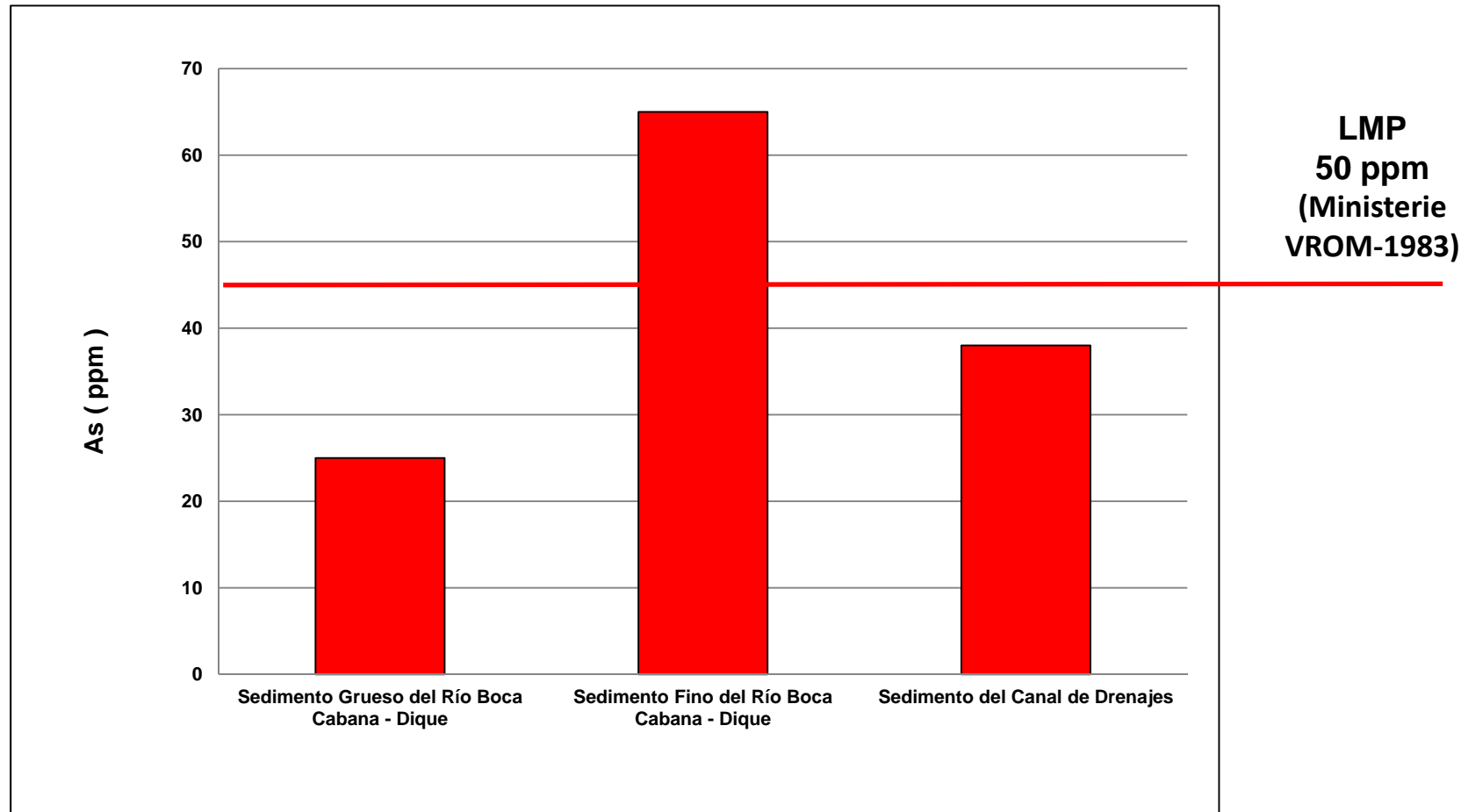


Figura N° 12.19

Evaluación de metales en sedimento en la zona del dique

Sedimento Grueso

Parámetro	Conc. ppm	LMP en Sedimentos (Ministerie VROM-1983)	
		Valor en ppm	Observaciones
Cobre	20	500	NO supera el límite
Zinc	23	3000	NO supera el límite
Plomo	50	600	NO supera el límite
Cadmio	6	20	NO supera el límite
Arsénico	25	50	NO supera el límite

Tabla N° 12.10

Sedimento Fino

Parámetro	Conc. ppm	LMP en Sedimentos (Ministerie VROM-1983)	
		Valor en ppm	Observaciones
Cobre	29	500	NO supera el límite
Zinc	105	3000	NO supera el límite
Plomo	12	600	NO supera el límite
Cadmio	5	20	NO supera el límite
Arsénico	65	50	SI supera el límite

Tabla N° 12.11

Evaluación de metales en sedimento en el canal de drenajes

Parámetro	Conc. ppm	LMP en Sedimentos (Ministerie VROM-1983)	
		Valor en ppm	Observaciones
Cobre	28	500	NO Supera el límite
Zinc	163	3000	NO Supera el límite
Plomo	50	600	NO Supera el límite
Cadmio	5	20	NO Supera el límite
Arsénico	38	50	NO Supera el límite

Tabla N° 12.12

12.2) CAUSAS DEL ALTO CONTENIDO DE IONES METÁLICOS Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN LA CUENCA

A partir del monitoreo ambiental realizado en la cuenca, tanto en época de estiaje como en época de lluvias, se observa que la elevada cantidad de sólidos suspendidos y la alta concentración de metales se mantiene constante en ambas épocas del año.

De acuerdo a las características hidrológicas, geológicas y metalogénicas que presenta la cuenca se puede plantear lo siguiente:

- Según la hidrología se puede observar que el río Boca Cabana muestra un caudal relativamente bajo en ambas épocas del año; sin embargo, el grado de alteración de las rocas por meteorización y erosión es fuerte, trayendo esto como consecuencia la erosión de las rocas e incrementando la cantidad de sólidos suspendidos en la cuenca.
- Según la geología de la zona se puede observar que el río atraviesa grandes zonas de rocas intrusivas y volcánicas, además de áreas de contacto con rocas sedimentarias, en estas zonas puede ocurrir mineralización y los iones metálicos pueden ser arrastrados por el agua incrementando la concentración de metales en ésta; adicionalmente las rocas sedimentarias del área presentan horizontes de carbón, los cuales al entrar en contacto con el agua pueden incrementar significativamente la cantidad de sólidos suspendidos.
- Según la metalogenia se puede observar que las minas presentes en la cuenca explotan principalmente oro, plata, cobre, plomo y wolframio; estando asociados muchos de estos metales a sulfuros primarios y secundarios y presentando óxidos en la parte superior.

Esta ganga al ponerse en contacto con el agua del río, ya sea por la erosión de este río o por las precipitaciones que ocurren en el área, puede hacer que se incremente la concentración de metales en el agua. Del mismo modo ocurre con las minas de carbón, las cuales pueden hacer que se incremente la cantidad de sólidos suspendidos en el agua.

12.3) ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA Y DE LOS LODOS

12.3.1) Estabilidad del agua

Como se vio en el subcapítulo 12.1 el agua del río Boca Cabana está fuera del rango según los ECAs (Cat. 3) en los parámetros que se muestran en la Tabla N° 12.13 y el agua antes de su tratamiento se muestra en la Fotografía N° 12.5

Tabla N° 12.13

Parámetros que están fuera del rango de los ECAs (Cat. 3)

Parámetro	Agua del Río Boca Cabana	ECAs (Cat. 3) Riego Vegetal	ECAs (Cat. 3) Bebida Animal
pH	5.1	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4
Cobre (mg/L)	0.325	0.2	0.5
Plomo (mg/L)	0.396	0.05	0.05
Arsénico (mg/L)	6.12	0.05	0.1
Hierro (mg/L)	702.8	1	1
Manganeso (mg/L)	5.51	0.2	0.2

Fotografía N° 12.5

Agua del río Boca Cabana antes de su tratamiento



a) Proceso de neutralización y precipitación de metales

El proceso consiste en una neutralización con adición de cal hasta un pH entre 7,5 – 8,0 en agitación, seguido de luego de una adición de floculante con agitación y separación del lodo por sedimentación. Ver la Fotografía N° 12.6, Fotografía 12.7, Fotografía 12.8 y el Anexo 4.

** Dosificación:*

- Se añade de 0,4 gramos de cal / Litro de agua, es decir 400 gramos Cal / m³ de agua.
- Se adiciona 0,5 ml de floculante/ Litro de agua, es decir 500 ml de floculante / m³ de agua. El floculante es Magnafloc al 0,05% W/V.

Fotografía N° 12.6

Equipo donde se realiza la mezcla de cal con el agua del río Boca Cabana



Fotografía N° 12.7

Aditivos usados en el tratamiento del agua del río Boca Cabana



Fotografía N° 12.8

Mezcla de cal, floculante y el agua del río Boca Cabana



b) Resultados del proceso de neutralización y precipitación de metales

Después del tratamiento del agua del río Boca Cabana, los parámetros que estaban fuera del rango de los ECAs (Cat. 3), presentan valores admisibles. Ver Tabla N° 12.14.

Tabla N° 12.14
Parámetros del río Boca Cabana después del tratamiento,
comparados con los ECAs (Cat. 3)

Parámetro	Agua del Río Boca Cabana	ECAs (Cat. 3) Riego Vegetal	ECAs (Cat. 3) Bebida Animal
pH	7.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4
Conductividad (µS/cm)	1200	2000	5000
Cobre (mg/L)	0.001	0.2	0.5
Zinc (mg/L)	0.013	2	24
Plomo (mg/L)	0.01	0.05	0.05
Cadmio (mg/L)	0.001	0.005	0.01
Arsénico (mg/L)	0.001	0.05	0.1
Mercurio (mg/L)	0.0001	0.001	0.001
Hierro (mg/L)	0.001	1	1
Manganeso (mg/L)	0.001	0.2	0.2

A partir de los análisis de laboratorio, se determinó la velocidad de sedimentación, cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 12.15 y en la Figura N° 12.20. Además, en la Fotografía N° 12.9 se observa que los lodos corresponden al 10% del volumen inicial de agua.

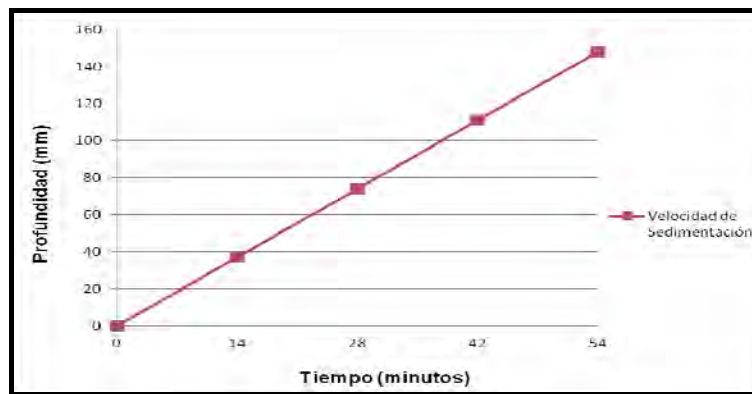
Tabla N° 12.15
Cálculo de la velocidad de sedimentación

Tiempo (minutos)	Altura (mm)	Velocidad (Descenso) (mm/minuto)
0	0	
14	37	2.64
28	74	2.64
42	111	2.64
54	148	2.74

La velocidad de sedimentación promedio es igual a:

2.67 mm/minuto

Figura N° 12.20
Velocidad de Sedimentación



Fotografía N° 12.9

Agua del río Boca Cabana después del tratamiento, donde los lodos representan el 10% del volumen inicial de agua



12.3.2) Estabilidad de los lodos

Para evaluar la estabilidad física de los lodos, se debe evaluar el lugar en donde se ubicara el depósito de estos fuera de la presa, tal y como puede observarse en el subcapítulo 13.5.4. Estos lugares presenta una topografía más o menos plana, además, los taludes que se encuentran en los alrededores de estos lugares de deposición son estables. La estabilidad química de estos lodos se determina mediante la evaluación del potencial neto de neutralización. Ver Tabla N° 12.16.

Tabla N° 12.16
Potencial Neto de neutralización de los lodos

Muestra	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
Lodo Tratado	7,2	0,02	4,37	0,62	3,75	7,05

PNN: Potencial Neto de Neutralización (Kg CaCO₃ / Tm)

PN: Potencial de Neutralización (Kg CaCO₃ / Tm)

PA: Potencial de Acidez (Kg CaCO₃ / Tm)

El Potencial Neto de Neutralización (PNN) está representado por la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PNN = PN - PA}$$

Si PNN >20: No genera DAM

Si -20 < PNN < 20: Intervalo de incertidumbre de generación de DAM

Si PNN < -20: Genera DAM

De acuerdo a los resultados de la tabla mostrada se determinó que el lodo presenta un comportamiento incierto ante la generación de drenaje ácido. Por esta razón se recomienda colocar una membrana impermeabilizante en los lugares donde se depositarán los lodos después de ser retirados de la presa.

13) DISEÑO DE PROCESOS DE REMOCIÓN

De acuerdo a lo presentado en los capítulos anteriores de esta Tesis, se puede observar que la cuenca del río Boca Cabana presenta un alto contenido de sólidos suspendidos y una elevada concentración de iones metálicos. Es por esto que para lograr la remediación ambiental de esta cuenca se plantea la construcción de una presa en donde se hará sedimentar a los sólidos suspendidos y se precipitarán los iones metálicos mediante procesos físicos y químicos. Ver figura N° 13.1.

El proceso físico tiene como característica principal al dique, el cual tiene una amplia zona de represamiento, otro componente físico que presenta el proceso de remoción es la colocación de barreras, las cuales harán que el agua en el río Boca Cabana realicen un movimiento zigzagueante, logrando de esta manera la reducción del caudal; en la zona donde se ubicarán las barreras se realizará el tratamiento del agua con la cal y el floculante.

Otro componente físico importante es el túnel de conducción, este túnel se construirá con el fin de desviar el agua del río, mientras se realiza el dragado y la limpieza de la zona de represamiento, evitando la colmatación por el exceso de sedimentos. Para realizar el dragado con maquinarias será necesaria la construcción de vías de acceso hacia la zona de represamiento y de la zona de represamiento hacia los lugares de disposición del material dragado.

El proceso químico ha sido descrito en el capítulo anterior, consiste en el agregado de cal y floculante para lograr la sedimentación de sólidos suspendidos y la precipitación de iones metálicos. Para realizar este proceso se debe construir una pequeña planta de distribución de cal y floculante en una de las laderas del río, además de una faja transportadora. Este tratamiento debe ser realizado en la zona de barreras, debido a que la topografía no permite la derivación del agua a una zona plana donde podrían colocarse pozas de sedimentación.

Esquema del Proceso de Remoción

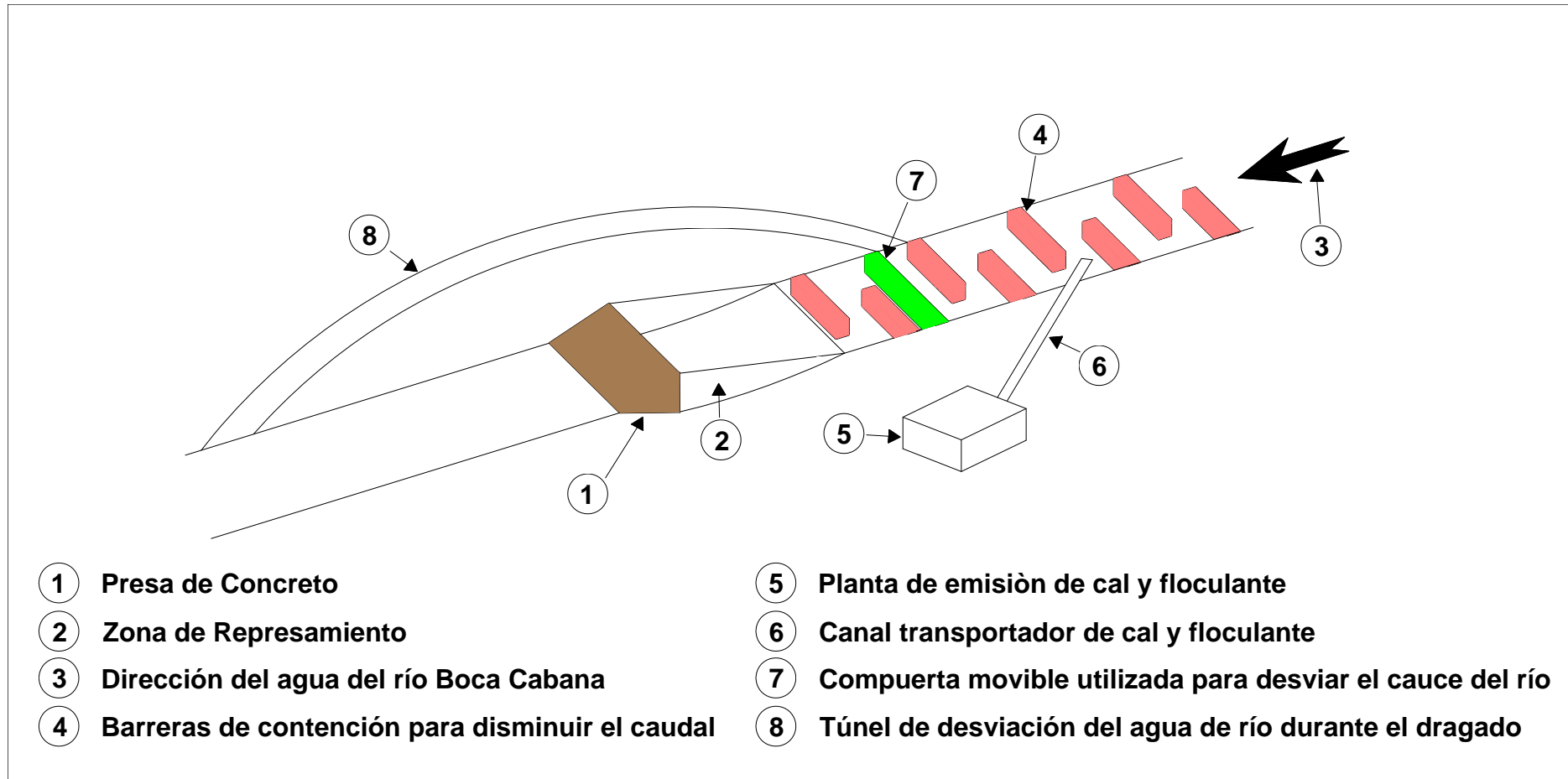


Figura N° 13.1

13.1) PRESAS

Una presa es una estructura de ingeniería tridimensional asimétrica, construidas con material de propiedades mecánicas muy compleja y cimentadas sobre formaciones no uniformes y anisotrópicas, lo cual se refleja en la interacción de la presa con su fundación y con la respuesta estructural compleja de ambas, cuando se someten a fluctuaciones en las cargas y a los efectos de una saturación progresiva.

Se considera también que es una obra de grandes dimensiones, elemento de un conjunto y que operan para un sistema de un proyecto. Se construye en pleno cauce del río: retiene, almacena y entrega de manera regulada volúmenes del recurso agua.

Tiene significado de movimiento de volúmenes importantes requeridos, de recursos hídricos aportados por la Cuenca para su entrega. Debe ser mantenida en condiciones de operación (OM) durante una vida útil mayor a 70 años. En condiciones de variación de ciclo hidrológico: avenidas y sequías y trasvase de cuencas de ser necesario.

Se debe de tener en cuenta que una presa está constituida por un vaso que es el lugar de almacenamiento, cuyos bordes están determinados por la topografía y por un dique, el cual es una barrera apoyada en los estribos de la presa y permite la acumulación del agua, relave u otro material en el vaso; en algunos se usa el término presa para referirse al dique. El volumen o capacidad de embalse (vaso), determinado por el dique y topografía, incluye los siguientes componentes:

- * Volumen muerto (sedimentos).
- * Volumen útil a proyecto cooperaciones normales.
- * Volumen de laminación de avenidas (ingreso - salida = variación volumen).

* Volumen que queda determinado por la altura de la presa, la morfología de la garganta y la topografía del vaso.

Toda presa debe ser relativamente impermeable al agua, ella y el vaso (estanqueidad) y capaz de resistir las fuerzas que actúan sobre ella (estabilidad).

El diseño establecerá el tipo de presa, las dimensiones de las diferentes secciones transversales que responde a condiciones estructurales y de hidráulica; el diseño de una presa significa realizar una investigación geológica cuidadosa a los inicios del estudio, debe incluirse inspección de la roca en perforaciones e inclusive inspección en Socavones.

Un proyecto seguro y responsable puede arruinarse completamente por una ejecución descuidada y mal hecha y el resultado puede ser posiblemente la falla de la estructura. La atención cuidadosa de los detalles de construcción es tan importante como las investigaciones preliminares y el proyecto.

Las fuerzas más importantes que se transmiten a la cimentación y apoyos son:

- * Peso de la presa (w)
- * Presión hidrostática (H) (afectada por valores de carga sedimentos)
- * Fuerzas sísmicas (S)
- * Subpresión (u)
- * Presión de hielo (I)
- * Oscilación (generada por acción de sismo)
- * Fuerza dinámica del flujo agua sobre secciones de presa vertedora.

Una estructura auxiliar muy importante a la presa son los aliviaderos, los cuales constan de lo siguiente:

- * Una estructura de control (cresta) que gobierna la descarga.
- * Un canal de descarga no prismático de pendiente pronunciada, con alineamiento curvo.
- * Un estanque disipación energía para evitar la erosión a la entrega al cauce.

Un material muy importante en la construcción de presas son los geosintéticos o geotextiles, los cuales tienen un potencial considerable en la ingeniería de presas desde que puedan solucionar los aspectos de durabilidad en aplicaciones específicas. Los geosintéticos pueden emplearse para realizar diferentes funciones en presas de relleno:

1. Membranas impermeables aguas arriba o internas.
2. Filtro y capas de drenaje.
3. Estabilidad de taludes.
4. Control de erosión superficial.
5. Capas intermedias de separación.

Obs. Para mayor información de los estudios y ensayos geotécnicos que deben realizarse antes de la construcción de una presa, consultar el Apéndice 4.

Es importante destacar que además de la construcción de una presa para realizar el tratamiento, será necesaria la implementación de barreras antes de que el flujo de agua llegue a la zona de represamiento; el objetivo de estas barreras es hacer que el agua tenga un recorrido zigzagueante, reduciendo de esta manera el caudal y sea posible realizar el tratamiento.

Las barreras son presas con niveles relativamente bajos construidas en un río para elevar su nivel, para desviar la totalidad o parte del flujo hacia un canal de suministro o conducto para la irrigación, generación hidroeléctrica, usos domésticos e industriales.

Esta estructura de desviación usualmente proporciona una capacidad pequeña de almacenamiento. Las barreras incluyen canales reguladores, túneles sedimentadores para controlar la entrada de sedimentos al canal y escaleras de peces para sus movimientos migratorios.

La selección del lugar para una barrera depende ante todo de la localización y elevación del canal de toma; debe escogerse un lugar donde el lecho del río sea comparativamente angosto y de relativa estabilidad. Deben considerarse los requerimientos de almacenamiento, la interferencia con las estructuras existentes, como puentes, el desarrollo urbano y la existencia de tierras agrícolas valiosas, así como las opciones disponibles para desviar el flujo durante la construcción. Los componentes de una barrera son las guías de la banca, compuertas y malacates, reguladores y muros divisorios.

Guías de la banca: Dirigen el flujo principal del río tan centralmente como sea posible hacia la estructura de desviación. También salvaguardan la barrera de la erosión y pueden diseñarse a fin de inducir la curvatura conveniente con respecto al flujo para excluir los sedimentos de los canales. Muros de defensa: Se diseñan bordeando la barrera y soportando los estribos a manera de muros de contención.

Compuertas y malacates: Utilizadas en barreras como el mismo tipo de las que se utilizan en vertederos de cresta, compuerta de ascenso vertical y las Tainter se usan con frecuencia para controlar el caudal sobre la cresta de la barrera.

Reguladores: Las estructuras que controlan la desviación hacia el canal de suministro se denominan reguladores. Los principios de diseño son las mismas que los utilizados en el diseño de barreras, excepto que los reguladores son una versión más pequeña de las barreras.

Muro divisorio: El muro divisorio se construye formando ángulos rectos con el eje del vertedero, separándolo de las compuertas inferiores. Usualmente se prolonga aguas arriba más allá del comienzo del regulador y aguas abajo hasta el delantal lanzado (pendiente).

13.1.1) Tipos de presa

Las presas se clasifican según el tipo de material de construcción, las cuales pueden ser de concreto y naturales.

Las presas de concreto pueden ser:

- * PG : Presas de Gravedad
- * PA : Presas de Arco
- * PC : Presas de Contrafuerte

Las presas naturales pueden ser:

- * PT : Presas de Tierra
- * PE : Presas de Enrocado

a) Presas de Gravedad

Son diseñadas con aplicación de principios de la mecánica de materiales, es por ello que resultaron más masivas que lo necesario. Las presas de gravedad dependen de su propio peso para la estabilidad de su eje recto o ligeramente curvo en planta.

Estas presas de gran longitud, usualmente se proyectan con una sección especial en la parte central en donde se ubica un vertedero de excedencia y las compuertas de limpia de fondo, tienen también tramos de tierra o enrocado que podrían acompañar a estos tramos de concreto (no usual), en los aleros para el resto de su longitud.

Las presas de gravedad podrían presentar fallas por el deslizamiento a lo largo de un plano horizontal (en el cuerpo interior y en la cimentación) y por volteo o rotación respecto a la punta de la presa. Es una buena práctica constructiva el escalonar la fundación de la presa para incrementar resistencia al deslizamiento.

El volteo y el exceso de esfuerzo de compresión se pueden evitar al seleccionar una sección apropiada en forma y dimensión. La pendiente más común en este tipo de dique cuando se trata de presas de agua es de 1.5:1 en el lado interno y de 2.5:1 en el lado externo. En la Fotografía N° 13.1 se aprecia una presa de gravedad.

Fotografía N° 13.1
Presa de Gravedad



b) Presas de Arco

Se proyecta en cañones V. U. estrechos, donde la roca de la pared es capaz de resistir el empuje producido por la acción del arco.

Transmiten la mayor parte del empuje horizontal del agua detrás de ellas, a los estribos (apoyos) por la acción del arco y pueden tener secciones transversales más delgadas que la presa de gravedad comparable.

Una presa en arco en planta es curva y entrega la mayoría de su carga de agua horizontalmente a los apoyos. Estructuralmente se trata de arcos empotrados, se encuentran unidos rígidamente a sus estribos. Los esfuerzos que se desarrollan hace imperativo que las paredes del cañón sean capaces de resistir las fuerzas de arco. Esta estructura permite cubrir grandes superficies y grandes luces, utilizando además la cantidad mínima de concreto.

Antiguamente las presas en arco eran de albañilería de piedra, las presas actuales son de concreto reforzado. En comparación con las numerosas fallas de otros tipos de presas, relativamente pocas presas del tipo arco han fallado. En la Fotografía N° 13.2 se puede apreciar una presa de arco.

Fotografía N° 13.2

Presa de Arco



c) Presas de Contrafuertes

Esta presa está compuesta por una membrana con pendiente que transmite la carga hidrostática, además por una serie de contrafuertes perpendiculares al eje de la presa y también por la cimentación. Las presas de contrafuerte puede ser de losa plana, de contrafuertes de múltiples arcos y de contrafuertes masivos.

La diferencia radica en que en el caso de losa plana, son serie de losas las que soportan la carga de agua; en el otro caso una serie de arcos soporta la carga y permiten así mayor espaciamiento entre los contrafuertes.

Las presas de contrafuerte usualmente requieren solo de $1/3$ a $1/2$ del concreto requerido para una presa de gravedad de similar altura, pero no significa necesariamente un menor costo, debido al incremento importante de encofrados y refuerzo de acero.

La presa de contrafuerte es menos masiva que una presa de gravedad, por ello la presión en la cimentación es menor y por lo tanto una presa de contrafuerte puede ser diseñada para fundaciones de menor capacidad portante que no pueden soportar presas de gravedad. Si el material de la fundación es permeable, se requeriría una pantalla de corte que alcance la roca.

La cara de aguas arriba de la presa de contrafuerte usualmente tiene una inclinación 45° ; para la condición del reservorio lleno sobre la presa actuará una carga vertical importante. Esta componente vertical apoya a la estabilidad de la presa contra deslizamiento y volteo. La altura de una presa de contrafuerte puede ser ampliada o incrementada al extender el contrafuerte y las losas sin vaciar la presa. Es por ello que las presas de contrafuertes se usan con frecuencia donde un incremento futuro en capacidad de reservorio es contemplado.

Las fuerzas actuantes a las que son sometidas las presas de contrafuertes son las mismas que actúan en las presas de gravedad. La fuerza de subpresión son liberadas por la separación o discontinuidad o espacio entre las zapatas de los contrafuertes; la fuerza de la subpresión (U) es pequeña y puede despreciarse excepto si se trata de una platea continua de cimentación.

En aquellas presas de contrafuertes, con pequeña separación resultarán contrafuertes de menor volumen de concreto y las losas serán más delgadas pero se requiere mayor trabajo de encofrados. El mejor espaciamiento de los contrafuertes es aquel que determine el menor costo de todas las alternativas.

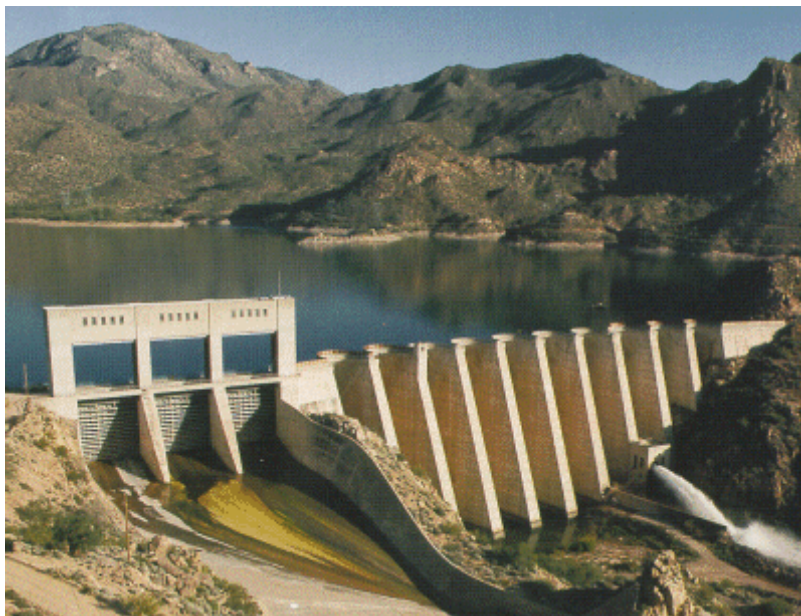
Es posible el proveer vigas de concreto o diafragmas, colocados como elementos que proveen rigidez entre contrafuertes adyacentes ó tirantes de concreto para evitar deformación de los contrafuertes. Para espaciamientos muy grandes tales elementos son costosos, contrafuertes huecos no macizos se utilizan algunas veces para incrementar el ancho efectivo del contrafuerte.

Resulta muy importante la articulación de la losa plana; la losa no se encuentra rígidamente unida al contrafuerte. La unión entre la losa y el contrafuerte se rellena con material (masilla) asfáltica ó algún compuesto flexible, lo que permite que cada losa actúe independientemente y cualquier asentamiento diferencial de la fundación no dañará seriamente la estructura.

En la unión contrafuerte – losa, el contrafuerte debe tener mayor ancho. Las presas de contrafuerte y losa plana se adaptan bien a valles anchos donde se requiere una presa de longitud y los materiales de fundación son de baja resistencia.

La presión sobre la fundación puede reducirse con zapatas de cimentación más anchas, o aún pensar en plateas. Las presas de contrafuerte y losas planas se han construido en fundaciones de material desde arena fina y roca sólida, con fundaciones de material débil o pobre, la altura será menor. En la Fotografía N° 13.3 se puede apreciar una presa de contrafuertes.

Fotografía N° 13.3
Presa de Contrafuertes



d) Presas de Tierra

Son terraplenes de materiales inertes naturales diferentes, compactados de tierra y roca con acomodo especial, diseñados para estabilidad y control de filtración por una zona impermeable conocida como núcleo y/o manto impermeable aguas arriba. Las presas de tierra utilizan materiales naturales con un mínimo de tratamiento, como cribado, mezcla, humedecimiento, etc., pueden construirse con equipo simple bajo condiciones donde cualquier otro material de construcción sería impracticable.

Las primeras presas que se conocen fueron de tierra. Los avances importantes en equipos de movimiento de tierras han significado en reducción de costos en las operaciones (movimiento de tierras) como comparación con incremento de costos en producción y vaciado de concreto como resultado de incrementos permanentes de salario y costos de agregados y materiales.

Actualmente la presa de tierra resulta competitiva en costo con las de mampostería en todos los tamaños. Las presas altas de arco y gravedad que requieren una buena roca como fundación se diferencian de la presa de tierra en que se adaptan a fundaciones en tierra, estas presas resultan muy útiles para ubicaciones donde las condiciones de la base no son satisfactorios para las presas de concreto.

No debemos asumir que la construcción de la presa de tierra (PT) es una simple operación y que su diseño no requiere de mucho criterio, ya que han ocurrido fallas por un diseño pobre, esto hace aparente el que la presa de tierra requiere la habilidad de ingeniería en su concepción y construcción como los otros tipos de presas. En ningún otro tipo de presa son la construcción y el diseño interdependientes. En la Fotografía N° 13.4 se puede apreciar una presa de tierra.

Estas presas pueden tener fallas de rellenos como las siguientes:

- * Rebasamiento (aliviadero insuficiente), limos poco cohesivos, arenas significan mayores riesgos a corto plazo.
- * Tubificación: erosión interna en núcleo del cuerpo y/o cimentación, migración de los finos, formación de cavidades, se inicia a partir de grietas internas ó a lo largo de tubo de descarga que cruza el cuerpo de la presa, en su contorno, acción de retroceso.
- * Asentamiento: del relleno ó terraplén, deformación y agrietamiento interno (pérdida del borde libre).

- * Inestabilidad talud aguas abajo: pendiente muy pronunciada, en relación a la resistencia de corte, fluye ante aumento de carga.
- * Inestabilidad del talud aguas arriba: fluencia por rápido vaciado.
- * Falla cimentación: por sobre esfuerzos efectivos en capas débiles (blandas).

Fotografía N° 13.4

Presa de Tierra



e) Presas de Roca

Estas presas se construyen con rocas cuyo componente principal es el cuarzo; estas rocas proveen estabilidad estructural, con una membrana de concreto o pantalla de metal en la cara de la pendiente aguas arriba como barrera de agua; preferiblemente en cimentaciones de roca; puede aceptar calidad variable y meteorización limitada. Se refieren pantallas de cierre de infiltración hasta horizontes sólidos. El enrocado es apropiado para colocar en todo tipo de clima, requiere material para el núcleo, filtros, entre otros.

Las presas de relleno de roca tienen características intermedias entre las presas de gravedad y tierra. Estas presas de roca tienen dos componentes estructurales, una membrana impermeable y un terraplén de roca que da estabilidad que soporta la membrana.

El terraplén usualmente consiste de una sección aguas arriba de escombros, roca seca o albañilería y una porción de sección aguas debajo de un relleno suelto de roca.

La roca utilizada debe ser capaz de resistir la erosión y lo suficiente consistente para soportar cargas de importante intensidad aún mojado. El relleno de roca aguas abajo del terraplén soporta al resto del terraplén, la membrana y la carga de agua desde que la carga se transmite en el relleno por contacto de roca a roca; un relleno denso con una buena graduación de la roca es lo mejor, arena y grava en pequeñas cantidades no hacen daño en tanto que el contacto de roca a roca se mantiene y el drenaje es adecuado.

Las rocas pueden variar de pequeñas a bolonería de 10 a más pies de diámetro, la porción de aguas arriba de cascajo se transfiere la carga desde la membrana al relleno de roca. Las rocas alargadas de forma rectangular es utilizada para conformar una superficie plana sobre la cual la membrana puede ser vaciada.

La membrana es algunas veces vaciada de forma monolítica sin juntas de expansión pero con elevada cantidad de acero de refuerzo en ambas direcciones vertical y horizontal, la mayoría de las membranas tienen juntas de expansión a intervalos de 10 metros con relleno de mastic asfáltico para minimizar infiltración. El espesor de la losa varía entre 6 y 18 pulgadas; con mayor espesor cerca de la base de la presa.

Las presas de relleno de roca son sujetas de asentamientos considerables que pueden determinar cuartenamiento (cracking) de la membrana. Esta es quizás la mayor debilidad de la presa de roca, en muchos casos la infiltración ha sido controlada mediante separación periódica de la membrana. El buen diseño y la cuidadosa construcción de la presa de roca tienen alta resistencia a sismos debido a su naturaleza o característica flexible.

Presas de baja altura de roca tienen taludes aguas arriba de 1 vertical y 1/2 horizontal; presas mayores de 200 pies de alto usualmente tienen pendientes 1:1.3 (el ángulo material de reposo del relleno de roca).

Como las pendientes de los taludes son más pronunciados en las presas de roca que en la presa de tierra, la cantidad de material utilizado es menor. Los requerimientos de fundación para la presa de enrocado son más rígidos que para la presa de tierra debido a que la presa de enrocado requiere menor dimensión de base que la presa de tierra y a la posibilidad de alto grado de infiltración. La densidad compactada es el principal factor que rige la resistencia al corte en el enrocado y su asentamiento. Las principales ventajas del enrocado como material de construcción de relleno son:

- * Su resistencia al corte en fricción alta que permite la construcción de pendientes más empinadas que los terraplenes de tierra.
- * Una permeabilidad relativamente alta que elimina los problemas asociados con la construcción o con presiones de agua en los posos de infiltración.

Las desventajas de los enrocados están en la dificultad del control de la granulometría de la roca triturada. En los asentamientos durante y después de la construcción.

Este hecho puede ocasionar problemas en las interfaz donde los espaldones de enrocado son adyacentes al núcleo de arcilla compresible. La resistencia al corte de los enrocados se define por una curva envolvente de falla de la forma.

La estabilidad de los taludes en un enrocado compactad puede determinarse utilizando métodos de equilibrio límite y análisis comparables para superficies de falla de tipo cuña.

Las presas de relleno de enrocado son más económicas (menor costo) que las presas de concreto y pueden ser construidas en menor tiempo si el material apropiado es disponible. En la Fotografía N° 13.5 se puede apreciar una presa de roca.

Fotografía N° 13.5

Presa de Roca



13.1.2) Criterios para la selección de una presa

El tipo óptimo de presa para un sitio específico, se determina con las estimaciones de costo y el programa de construcción para las alternativas que sean técnicamente válidas. Las consideraciones que se deben tener en cuenta son:

- * Gradiente hidráulico: el valor nominal del gradiente hidráulico para infiltración baja, alrededor o a través de la presa.
- * Esfuerzo en la cimentación: los esfuerzos nominales transmitidos a la cimentación varían bastante con el tipo de presa.
- * Deformación de la cimentación: ciertos tipos de presa se acomodan mejor sin un daño severo, a deformaciones y asentamientos significativos en la cimentación.
- * Excavación de la cimentación: consideraciones de costo establecen entre que los volúmenes excavación y la preparación de la cimentación deben minimizarse.

13.1.3) Procesos para la construcción de una presa

La forma transversal U o V, la amplitud del cauce, la estructura geológica y condiciones de trabajo de la obra determinarán la necesidad y el requerimiento de construir accesos, trochas para el transporte, manipuleo del concreto mediante grúas de oruga o rueda, pluma desplazable sobre rieles o la construcción de torres y tendido de cables para el transporte aéreo del bucket de concreto.

La estructura ha de construirse en seco en el cauce, por ello debemos desviar el caudal del río, en la época de mínimo caudal; concentrándola hacia una ribera del cauce; lo cual permite dos etapas de trabajo.

Una en el sector definido del cauce que queda vacío, lo que permite construir parte de la sección (elegir y estudiar tipo de desvío). Desviando el río hacia una ribera de manera planificada y controlada es posible excavar en seco la cimentación (arena, grava o roca) y definir el tipo de tratamiento de la misma, y sellar las fallas, alcanzan costos del orden del 20%. Simultáneamente se construyen las facilidades como: caminos, planta de concreto, torres y cables para transporte aéreo de materiales, instalación planta chancada, selección de canteras, etc.

El proceso se repite para el desvío a la otra ribera. Se efectúan los trabajos de la cimentación, se continúa con los encofrados (de preferencia metálicos), conformando blocks de 15 m x 15 m x 1.50 m aproximadamente con juntas de contracción y construcción. El vaciado de la masa del concreto con cables, grúa o pluma debe ser alternado, es decir quedará un block intermedio sin vaciar.

El concreto debe llevar de preferencia aditivos impermeabilizantes. Las superficies de contacto deben ser pintadas con emulsión asfáltica entre block y se instalarán juntas water stop; de preferencia utilizar cemento y o aditivos que alcancen bajas temperaturas en la fragua que evitarán fisuras y permitan la liberación completa del calor del concreto. Si esta gran masa de concreto se construye en buena cimentación resulta una estructura permanente que requiere poca conservación, la estructura debe ser inspeccionada con alta frecuencia, evaluar sus deformaciones.

Desde que la construcción se efectúa en pleno cauce del río, se debe tomar en cuenta de que el río ser totalmente desviado por el alto costo a menos que tuvieran previstas obras de túneles o laterales, la programación debe contemplar el fenómeno natural de la función escalonada de las descargas del río, su concentración en los meses de verano y lo bajo de su caudal en el estado de los meses de julio-agosto-septiembre, mínimo con dos etapas de trabajo.

La hidrología establecerá el caudal del río, en el momento de los trabajos de las obras. Encausar mediante trabajos de movimiento de tierra (relleno y enrocado) y derivar del río hacia una de sus lados y en la segunda etapa permitir que el agua vierta sobre la sección incompleta construida en la primera etapa.

13.1.4) Dragado de presas

El dragado de las presas tiene como finalidad el mantenimiento de su capacidad de uso al máximo rendimiento posible. Las presas son zonas de decantación y acumulación de los sólidos en suspensión que transporta un río desde sus orígenes. Este proceso se encuentra con frecuencia acelerado por varias razones, siendo la más importante la erosión sobre todo en la época de lluvias, además de la actividad humana en la cuenca, estos procesos tienden a reducir el tiempo de vida de la presa, ya que se produce la colmatación de la misma.

a) Razones para la realización de dragados

Aunque las razones para realizar dragados pueden ser múltiples, se consideran cuatro causas por las que se suelen dragar las presas:

a.1) Aumentar la capacidad de almacenamiento

Es aplicable cuando el volumen de los sedimentos retirados no suponga un problema grave de almacenamiento en otras zonas. Se debe evaluar la reutilización de estos sedimentos para regeneración de suelos, aunque generalmente el éxito es escaso por predominar los materiales arcillosos que impermeabilizan y reducen la textura del suelo. Para sistemas de gran volumen se suelen dragar ciertas zonas por motivos operacionales como la reparación de compuertas.

a.2) Control de nutrientes

Los sedimentos son zonas de acumulación de nutrientes. Parte del material sedimentado es orgánico, que contiene nitrógeno amoniacal y fósforo. Paralelamente, se puede producir precipitación de diferentes compuestos de fósforo que tienen solubilidades muy bajas y que por lo tanto son retirados de circulación.

Este proceso es tanto más importante cuanto más eutrófico es el embalse y constituye uno de los mecanismos de autodepuración de los ecosistemas acuáticos. Si los embalses son someros, puede producirse una resuspensión por efecto del viento, mientras que si los sedimentos son limos o arenas pueden liberarse parte de los nutrientes acumulados. En ambos casos el carácter eutrófico de los embalses persiste como consecuencia de la recirculación de los nutrientes entre el agua y el sedimento.

a.3) Retiro de sustancias tóxicas

El sedimento es la zona de acumulación de muchos de los materiales que se encuentran en el agua. Además de los nutrientes, muchos metales tienden a precipitar en condiciones oxidantes y de elevado pH o potencial de oxidoreducción. Aunque las concentraciones en el agua puedan ser bajas, el carácter acumulativo del sedimento los hace potencialmente peligrosos en caso de movilización en condiciones químicas adecuadas.

De forma similar se puede decir lo mismo con respecto a la materia orgánica tóxica. Mientras las tasas de sedimentación sean elevadas y los sedimentos arcillosos, la materia orgánica queda enterrada en los mismos y con escasas posibilidades de retorno al agua, pero puede retornar al medio si los sedimentos son porosos y las condiciones oxidantes.

a.4) Presencia de macrofitos enraizados

Una de las causas que determinan el dragado total o parcial de una zona de los embalses es la erradicación de los macrófitos enraizados en las zonas litorales, en el caso de represas construidas en la costa; este fenómeno se da cuando los embalses no tienen muchas fluctuaciones de nivel y permite el desarrollo de macrófitos en la zona litoral o en la cola de los embalses.

Los macrofitos son un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo que abarca taxones tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, microalgas o cianobacterias. Un tipo de macrofito se muestra en la Fotografía N° 13.6.

Fotografía N° 13.6 **Macrofitos Enraizados**



Es evidente que el dragado del embalse es muy importante, ya que se pretende acceder a determinadas infraestructuras (aliviadero), repararlas para mantener la capacidad operacional plena del embalse y aumentar las condiciones de seguridad de la presa. El aumento de la turbidez y de los sólidos en suspensión produce un cambio importante en el clima lumínico, que puede reducir la penetración de la luz.

De forma paralela es previsible que el aumento de los nutrientes (amonio y fósforo) pueda producir un incremento de la producción en las zonas en las que llegue luz suficiente. Finalmente, si la concentración de sustancias tóxicas y metales pesados se incrementa, el efecto sobre las comunidades planctónicas será negativo.

Es indudable que todos estos efectos no tienen porqué darse de forma simultánea, es más, incluso pueden ser despreciables, pero, en cualquier caso, constituyen una serie de hipótesis de trabajo que deberán ser verificadas mediante el seguimiento de diferentes variables ambientales representativas.

El vaciado de un embalse hay que situarlo dentro del ciclo anual de variabilidad ambiental. Un embalse es un ecosistema y como tal responde a los cambios externos (aportes de agua, energía y todos los materiales sólidos o disueltos que pueda aportar el río). Además, se autorganiza mediante una serie de procesos internos, en los que los organismos juegan un papel muy importante a través del balance producción-respiración.

En síntesis, los ciclos biogeoquímicos de los elementos que se encuentran en el embalse tienen una variabilidad temporal natural en la que hay que inscribir los efectos producidos por el vaciado del embalse.

b) Métodos de dragado

En general, los métodos de dragado pueden ser clasificados por el tipo de draga a ser utilizada: mecánica o hidráulica. Además de la diferencia conceptual que da origen a estas dos familias de dragas, existe una gran diferencia de rendimiento a favor de las hidráulicas.

Las dragas mecánicas se caracterizan por extraer el material con un contenido de sólidos mucho mayor que las dragas hidráulicas, pero a su vez presentan rendimientos horarios mucho más limitados. Por este motivo, salvo en ocasiones donde el tipo de material o las restricciones propias del sitio lo impiden, las dragas hidráulicas son las preferidas, hecho que se manifiesta en la conformación de la flota mundial de dragas y en el volumen dragado ejecutado con estos equipos.

b.1) Dragas Mecánicas

Las dragas mecánicas fueron las primeras en ser desarrolladas, son equipos que realizan el dragado extrayendo los sedimentos con su humedad natural, sin diluirlos. Estas dragas no son autopropulsadas por lo que requieren una maquinaria auxiliar para su transporte y posicionamiento. El material extraído se vuelca en chatas, que lo transportan y descargan en los sitios de disposición; estas características limitan las posibilidades de este tipo de dragas para el transporte del material. Según su diseño, las dragas mecánicas son clasificadas como excavadoras, de cangilones, y con grampas. Ver Fotografía N° 13.7.

Fotografía N° 13.7

Draga Mecánica

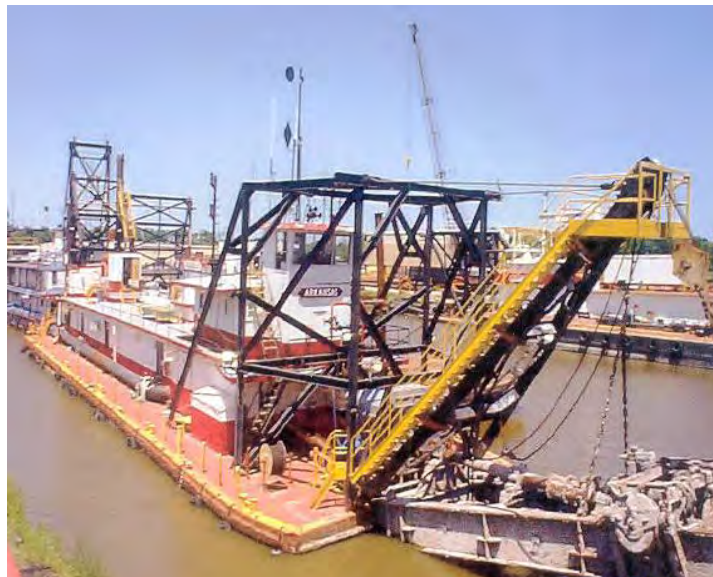


b.2) Dragas Hidráulicas

Las dragas hidráulicas realizan un trabajo completo de dragado, es decir, son capaces de extraer los sedimentos, depositarlos dentro de la propia draga o en otro sitio y transportarlos mecánica o hidráulicamente.

Estas características hacen que este tipo de draga opere de manera más eficiente y económica. Los equipos hidráulicos de uso más común son las dragas de succión por arrastre y las de cortador, aunque existen otras de interés para aplicaciones particulares, como las dustpan y las de rueda. Ver Fotografía N° 13.8

Fotografía N° 13.8
Draga Hidráulica



c) Disposición del material dragado

El lugar de disposición del material dragado debe de tener condiciones geológicas y topográficas adecuadas.

Se recomienda colocar un terraplén de contención para retener los sólidos del material dragado mientras que permite la liberación de los efluentes a través de un sistema de descarga. El efluente podría precisar un tratamiento adicional de separación, clarificación y descontaminación previo a su liberación.

Los objetivos de la disposición del material de dragado son los siguientes:

- Proporcionar una capacidad adecuada para el almacenamiento del material dragado
- Alcanzar una alta eficiencia en la retención de sólidos con el fin de cumplir normas de sólidos suspendidos y sustancias contaminantes en efluentes.

La ventaja principal de este sistema se relaciona directamente con la facilidad de llevar a cabo monitoreos en el sitio de contención. Las desventajas provienen básicamente de los altos costos del dique y de la descarga de los materiales provenientes del dragado, del impacto visual que causa, y de las medidas de aislamiento necesarias para que los materiales contaminados no impacten sobre los ambientes en los que se encuentran.

c.1) Criterios ambientales

El objetivo de los criterios ambientales es anticipar cuáles son las vías de posible liberación de contaminantes al medio ambiente durante las operaciones de manejo del material. Las vías de transporte de contaminantes incluyen:

- Liberación de efluentes durante la disposición.
- Liberación de contaminantes a los cursos superficiales por rebalse.
- Filtraciones del dique y movimiento de lixiviados a la napa de agua.
- Volatilización a la atmósfera y emanación de olores.

Estos procesos son importantes para ser tenidos en cuenta, ya que muchos de los componentes químicos que se encuentran fijados a los sedimentos saturados de humedad se movilizan con el secado.

El diseño de los recintos, por lo tanto, deberá incluir las necesarias impermeabilizaciones laterales y de fondo, el tratamiento del material, y las condiciones geotécnicas e hidráulicas de la zona.

c.2) Consideraciones de ubicación

La selección de un sitio para el depósito del material dragado debe considerar la factibilidad económica y de ingeniería para las distintas alternativas de ubicación de este lugar. Los puntos a considerar son los siguientes:

- Suficiente extensión superficial para la contención de los volúmenes dragados y tratamiento del efluente por deposición.
- Suficiente resistencia mecánica del suelo para soportar la construcción del dique y la altura de relleno.
- Ubicación más próxima a la zona de dragado.
- Ubicación de menor elevación para facilitar el transporte de los materiales dragados.
- Ubicación cercana a zonas de disponibilidad de materiales para la construcción del terraplén.
- Ubicación preferencial fuera de zonas de inundación o deslizamientos.
- Ubicación que considere los planes estratégicos de desarrollo a largo plazo y las futuras necesidades de dragado.

13.2) ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Previamente a la construcción del dique se deben realizar estudios geotécnicos para evaluar la calidad del suelo y de la roca en donde será construido el dique de represamiento.

13.2.1) Calicatas

Las calicatas tienen como objetivo principal evaluar las condiciones del suelo en donde se construirá el dique. Se recomienda hacer 2 calicatas en cada estribo (izquierdo y derecho) y 2 en la parte central, muy cercano al cauce del río, haciendo un total de 6 calicatas, cada calicata debe tener 1 metro de largo, un metro de ancho y 3 metros de profundidad. Si se llega a roca antes de llegar a esta profundidad se debe paralizar la construcción de la calicata. Se puede observar una calicata en la Fotografía N° 13.9.

En cada calicata se debe hacer un logueo geotécnico indicando, la profundidad del suelo orgánico, la humedad, la clasificación SUCS para cada tipo de suelo y demás características geotécnicas. Se debe evaluar a cada metro la densidad, además de ensayos de resistencia (SPT y Conopeck) y ensayos de permeabilidad (Lefranc). Se deben enviar a analizar a laboratorios especializado 1 muestra de cada calicata para realizar ensayos triaxiales.

Fotografía N° 13.9

Calicatas



13.2.2) Perforaciones Diamantinas

Las perforaciones diamantinas tienen como objetivo principal evaluar las condiciones del suelo y de la roca en donde se construirá el dique. Se recomienda hacer 3 perforaciones diamantinas, 1 en cada estribo (izquierdo y derecho) y 1 en la parte central muy cercano al cauce del río, haciendo un total de 3 perforaciones diamantinas. Cada perforación debe ser vertical, con diámetro HQ y revestimiento HW y tener además 20 metros de profundidad, haciendo un total de 60 metros. Se puede observar una calicata en la Fotografía N° 13.10.

En cada perforación se debe hacer un logueo geotécnico indicando el contacto suelo-roca, la recuperación de los testigos en cada corrida, la clasificación SUCS para cada tipo de suelo, el Índice RMR, el Índice Q y el RQD en roca, y demás características geotécnicas, se debe hacer además cada 3 metros, ensayos de resistencia (SPT y Conopeck) y ensayos de permeabilidad (Lefranc y Lugeon).

Fotografía N° 13.10
Perforaciones Diamantinas



13.3) CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE (PRESA)

El basamento en donde se ubicará el dique de concreto (presa de gravedad) está compuesto tanto por suelo como por roca. El suelo presente en el área de represamiento es de origen aluvial y tiene una cobertura aproximadamente de 2 metros.

El substrato es de roca arenisca intercalada con lutitas, presentando tonalidades grisáceas y amarillentas, perteneciente a la formación Chicama del periodo Jurásico Superior. Estas rocas tienen un Índice RMR que va de 36 a 68, lo que nos indica que tienen una resistencia a presiones de regular a buena.

El estribo izquierdo donde se emplazará el dique presenta pendientes que varían de 55° a 75°, con escasa vegetación, mientras que en estribo derecho presenta pendientes que varían de 55° a 75°, con escasa vegetación, en este estribo la roca arenisca se encuentra alterada presentando algunas tonalidades amarillentas.

Las características del basamento y de los estribos se pueden observar en la Fotografía N° 13.11 y Fotografía N° 13.12.

El dique de concreto, el cual será usado para la sedimentación de los sólidos suspendidos del río Boca Cabana agua, tiene las características geográficas mostradas en la Tabla N° 13.1.

Tabla N° 13.1
Características geográficas del dique

Coordenadas UTM		
Norte	Este	Zona
9073421	162633	18
Cota Promedio	Rumbo	Pendiente Promedio
1848 msnm	N10°E	8.33%

Zona de emplazamiento del Dique



Fotografía N° 13.11

Estribos del Dique

Estribo Derecho



Estribo Izquierdo



Los estribos del dique están compuestos por roca arenisca de tonalidades grisáceas, estas rocas pertenecen a la formación Chicama, formación geológica del periodo Jurásico Superior, el estribo derecho presenta mayor alteración que el estribo izquierdo por lo que se observa también tonalidades amarillentas.

13.4) CALCULOS DE MASAS Y VOLUMENES EN LA ZONA DE REPRESAMIENTO

De acuerdo a las características de la zona de represamiento, la presa que mejor se adapta a los propósitos de este estudio es la presa de gravedad.

13.4.1) Cálculo de la cantidad de insumos químicos a utilizar

Según los datos mostrados en el capítulo 12, se tiene que la dosificación de cal y floculante es la siguiente:

- 0,4 gramos de cal / Litro de agua, es decir 400 gramos Cal / m³ de agua.
- 0,5 ml de floculante/ Litro de agua, es decir 500 ml de floculante / m³ de agua. El floculante es Magnafloc al 0,05% W/V

De acuerdo al caudal evaluado en campo en la zona de dique en una temporada intermedia se tiene lo siguiente:

$$\mathbf{2.352\ m^3 / seg = 203\ 212\ 800\ litros / día}$$

La cantidad de cal utilizada por día sería la siguiente:

$$\mathbf{81\ 285\ 120\ gramos\ de\ Cal / día = 81.25\ Ton\ de\ Cal / día}$$

El volumen de floculante Magnafloc al 0,05% W/V utilizado por día sería el siguiente:

$$\mathbf{101\ 606\ 400\ ml\ de\ Floculante / día = 101.61\ m^3 / día = 5.08\ Ton / día}$$

13.4.2) Cálculos de la cantidad de sólidos suspendidos presentes en la zona de represamiento.

Según los resultados de laboratorio mostrados en el Anexo 4, se tiene que la Turbidez presente en la zona del río Boca Cabana en la zona del dique es:

2700 NTU

A partir de la turbidez y la fórmula de conversión mostrada en el Capítulo 7.

$$\text{SST (mg/L)} = (0.62) \times \text{Turbidez (NTU)} + 10.7$$

Se tiene que la cantidad de Sólidos Suspendidos Totales en el río Boca Cabana en la zona del dique es:

1684.7 mg / litro

Por lo tanto se tiene que la cantidad de sedimento proveniente de los sólidos suspendidos totales por día es:

$$\text{SST X Caudal} = 1684.7 \text{ (mg/litro)} \times 203\,212\,800 \text{ (litros/día)}$$

Lo cual es igual a:

$$\text{342 352 604 160 mg / día} = \text{342.36 Ton / día}$$

13.4.3) Cálculo del volumen de sedimentos acumulados en la zona de represamiento por sedimentación.

De acuerdo a los resultados de laboratorio mostrados en el Anexo 4, se tiene que la densidad mínima de los sedimentos finos del río Boca Cabana en la zona del dique es:

$$1.43 \text{ g / cm}^3 = 1.43 \text{ kg / litro} = 1.43 \text{ Ton / m}^3$$

Obs. Se utiliza únicamente los sólidos finos del río, ya que estos provienen de la sedimentación de los sólidos suspendidos.

A partir de los resultados anteriores se tiene que el volumen de sedimento proveniente de los sólidos suspendidos totales por día es:

$$\text{SST X Caudal / Densidad} = 342.36 \text{ (Ton/día) / 1.43 (Ton/m}^3\text{)}$$

Lo cual es igual a:

$$239.41 \text{ m}^3 / \text{día}$$

13.4.4) Cálculo de cantidad de material utilizado en la construcción del dique

El dique que se está proponiendo construir es un dique de gravedad, el cual estará compuesto de concreto. Las características del dique se muestran en la Tabla N° 13.2 y el Plano N° 6.

Tabla N° 13.2
Características volumétricas del dique

Material	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Zona
Concreto (presa de gravedad)	9073421	162633	18
Cota Mínima	Cota Máxima	Pendiente Promedio	Volumen Máximo del Dique
1745 msnm	1950 msnm	8.33%	25 974 772.21 m ³

De acuerdo a esta tabla, el volumen máximo de concreto a utilizar será de:

25 974 772.21 m³

13.4.5) Cálculo de las dimensiones y del volumen de la presa

Las características de la presa tal y como es el caso del volumen de almacenamiento de acuerdo a la cota, el volumen acumulado, las áreas y los perímetros de acuerdo a las cotas se muestran en la Tabla N° 13.3 y Tabla N° 13.4. Todas estas características mencionadas también se muestran en el Plano N° 6 y en el Plano N° 7.

De acuerdo a los volúmenes de acumulación de la presa mostrados en las dos tablas anteriores, se realizó la Tabla N° 13.5, a fin de determinar el tiempo de colmatación de la presa a partir de los sólidos suspendidos y metales sedimentados y acumulados según la cota.

Dimensiones de la presa según la cota (1ra Parte)

COTA (msnm)	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	VOL.(ACUM) (m ³)	PERIMETRO (m)
1,745.000	5,048.210	0.000	0.000	451.464
1,750.000	108,670.814	284,297.560	284,297.560	1,784.894
1,755.000	126,740.881	588,529.237	872,826.796	1,857.460
1,760.000	145,497.996	680,597.191	1,553,423.987	1,930.226
1,765.000	164,921.232	776,048.069	2,329,472.055	2,003.161
1,770.000	185,010.824	874,830.139	3,204,302.194	2,076.189
1,775.000	205,813.149	977,059.932	4,181,362.126	2,164.626
1,780.000	227,438.321	1,083,128.674	5,264,490.800	2,252.918
1,785.000	249,775.626	1,193,034.865	6,457,525.665	2,330.531
1,790.000	272,875.308	1,306,627.335	7,764,153.000	2,429.774
1,795.000	302,897.871	1,439,432.949	9,203,585.948	2,715.960
1,800.000	353,810.872	1,641,771.859	10,845,357.807	3,084.371
1,805.000	386,892.093	1,851,757.414	12,697,115.220	3,119.852
1,810.000	415,697.879	2,006,474.930	14,703,590.150	3,179.048
1,815.000	445,534.411	2,153,080.726	16,856,670.876	3,238.766
1,820.000	475,942.998	2,303,693.523	19,160,364.398	3,298.512
1,825.000	506,923.779	2,457,166.942	21,617,531.340	3,358.258
1,830.000	538,476.792	2,613,501.428	24,231,032.768	3,418.005
1,835.000	570,605.177	2,772,704.923	27,003,737.691	3,478.031
1,840.000	603,322.095	2,934,818.180	29,938,555.870	3,538.241
1,845.000	636,898.838	3,100,552.332	33,039,108.203	3,637.329
1,850.000	683,872.138	3,301,927.440	36,341,035.642	3,913.133

Tabla N° 13.3

Dimensiones de la presa según la cota (2da Parte)

COTA (msnm)	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	VOL.(ACUM) (m ³)	PERIMETRO (m)
1,855.000	718,391.693	3,505,659.576	39,846,695.218	3,985.897
1,860.000	753,535.045	3,679,816.844	43,526,512.062	4,060.022
1,865.000	789,421.202	3,857,390.617	47,383,902.679	4,134.147
1,870.000	826,050.165	4,038,678.419	51,422,581.098	4,208.271
1,875.000	863,423.528	4,223,684.233	55,646,265.331	4,282.398
1,880.000	901,537.188	4,412,401.788	60,058,667.119	4,356.703
1,885.000	940,402.832	4,604,850.048	64,663,517.167	4,432.342
1,890.000	980,507.100	4,802,274.829	69,465,791.996	4,604.234
1,895.000	1,045,540.729	5,065,119.572	74,530,911.568	5,274.478
1,900.000	1,171,555.946	5,542,741.686	80,073,653.253	5,990.928
1,905.000	1,224,724.437	5,990,700.955	86,064,354.209	6,088.609
1,910.000	1,279,086.789	6,259,528.064	92,323,882.272	6,187.348
1,915.000	1,334,668.161	6,534,387.375	98,858,269.647	6,286.087
1,920.000	1,391,469.285	6,815,343.615	105,673,613.262	6,385.161
1,925.000	1,449,502.144	7,102,428.573	112,776,041.835	6,485.041
1,930.000	1,508,770.959	7,395,682.757	120,171,724.592	6,584.921
1,935.000	1,569,275.469	7,695,116.069	127,866,840.661	6,684.645
1,940.000	1,631,014.920	8,000,725.974	135,867,566.634	6,788.019
1,945.000	1,708,149.253	8,347,910.434	144,215,477.068	7,397.921
1,948.000	1,787,079.410	5,242,842.995	149,458,320.062	7,901.371
1,950.000	1,863,837.149	3,650,916.559	153,109,236.621	8,241.319
SUMA TOTAL		153,109,236.621	SUMA TOTAL	179,620.608

Tabla N° 13.4

Tiempos de colmatación de la presa

Cota (msnm)	Volumen de Presa Acumulado (m ³)	Tiempo de Colmatación por Sólidos Suspendidos (años)	Cota (msnm)	Volumen de Presa Acumulado (m ³)	Tiempo de Colmatación por Sólidos Suspendidos (años)
1,745.000	0.000	0.0	1,855.000	39,846,695.218	456.0
1,750.000	284,297.560	3.3	1,860.000	43,526,512.062	498.1
1,755.000	872,826.796	10.0	1,865.000	47,383,902.679	542.2
1,760.000	1,553,423.987	17.8	1,870.000	51,422,581.098	588.5
1,765.000	2,329,472.055	26.7	1,875.000	55,646,265.331	636.8
1,770.000	3,204,302.194	36.7	1,880.000	60,058,667.119	687.3
1,775.000	4,181,362.126	47.9	1,885.000	64,663,517.167	740.0
1,780.000	5,264,490.800	60.2	1,890.000	69,465,791.996	794.9
1,785.000	6,457,525.665	73.9	1,895.000	74,530,911.568	852.9
1,790.000	7,764,153.000	88.9	1,900.000	80,073,653.253	916.3
1,795.000	9,203,585.948	105.3	1,905.000	86,064,354.209	984.9
1,800.000	10,845,357.807	124.1	1,910.000	92,323,882.272	1,056.5
1,805.000	12,697,115.220	145.3	1,915.000	98,858,269.647	1,131.3
1,810.000	14,703,590.150	168.3	1,920.000	105,673,613.262	1,209.3
1,815.000	16,856,670.876	192.9	1,925.000	112,776,041.835	1,290.6
1,820.000	19,160,364.398	219.3	1,930.000	120,171,724.592	1,375.2
1,825.000	21,617,531.340	247.4	1,935.000	127,866,840.661	1,463.3
1,830.000	24,231,032.768	277.3	1,940.000	135,867,566.634	1,554.8
1,835.000	27,003,737.691	309.0	1,945.000	144,215,477.068	1,650.4
1,840.000	29,938,555.870	342.6	1,948.000	149,458,320.062	1,710.3
1,845.000	33,039,108.203	378.1	1,950.000	153,109,236.621	1,752.1
1,850.000	36,341,035.642	415.9	Volumen Total Acumulado (m³)		153,109,236.621

Tabla N° 13.5

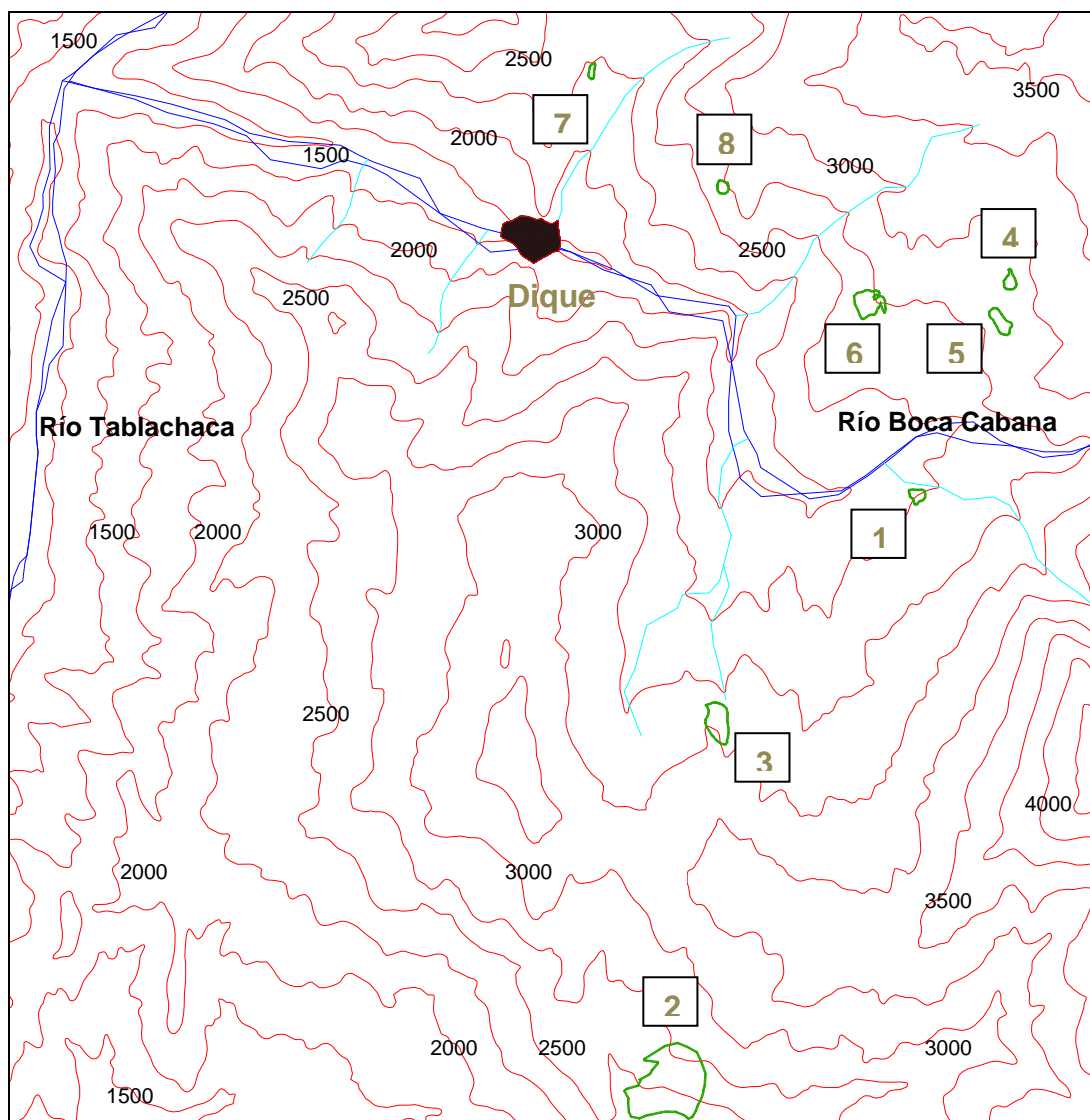
13.5) LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DESPUÉS DE SER DRAGADOS

13.5.1) Ubicación de los lugares de deposición de lodos

Los criterios principales usados para poder determinar los lugares donde podrían ser depositados los lodos tratados, fueron la topografía del área y la distancia del dique a estos depósitos. Ver Figura N° 13.2.

Figura N° 13.2

Lugares de deposición de los lodos después de ser dragados



En total fueron ubicados 8 posibles lugares donde pueden ser depositados los lodos tratados, estos lugares presentan las características que se mencionan en la Tabla N° 13.6.

Tabla N° 13.6
Características de los lugares de deposición
de los lodos después de ser dragados

	Coordenadas UTM – WGS 84			Cota (msnm)	Distancia del Dique (Km)
	Norte	Este	Zona		
Depósito 1	9070017	828606	17 S	2914	6.31
Depósito 2	9062174	825221	17 S	3284	11.63
Depósito 3	9067003	825856	17 S	2484	7.06
Depósito 4	9072383	829771	17 S	3382	6.49
Depósito 5	9072880	829907	17 S	3498	6.53
Depósito 6	9072622	827968	17 S	3106	4.66
Depósito 7	9075816	824280	17 S	2696	2.36
Depósito 8	9074208	826030	17 S	3222	2.68

El traslado de los lodos a los depósitos más cercanos como el 7 y el 8, puede ser realizado mediante bombeo, mientras que para los más alejados será necesario el uso de maquinaria y la construcción de vías de acceso.

Estos depósitos pueden ser observados también en la Fotografía N° 13.13, Fotografía N° 13.14, Fotografía N° 13.15, Fotografía N° 13.16, Fotografía N° 13.17, Fotografía N° 13.18, Fotografía N° 13.19 y Fotografía N° 13.20.

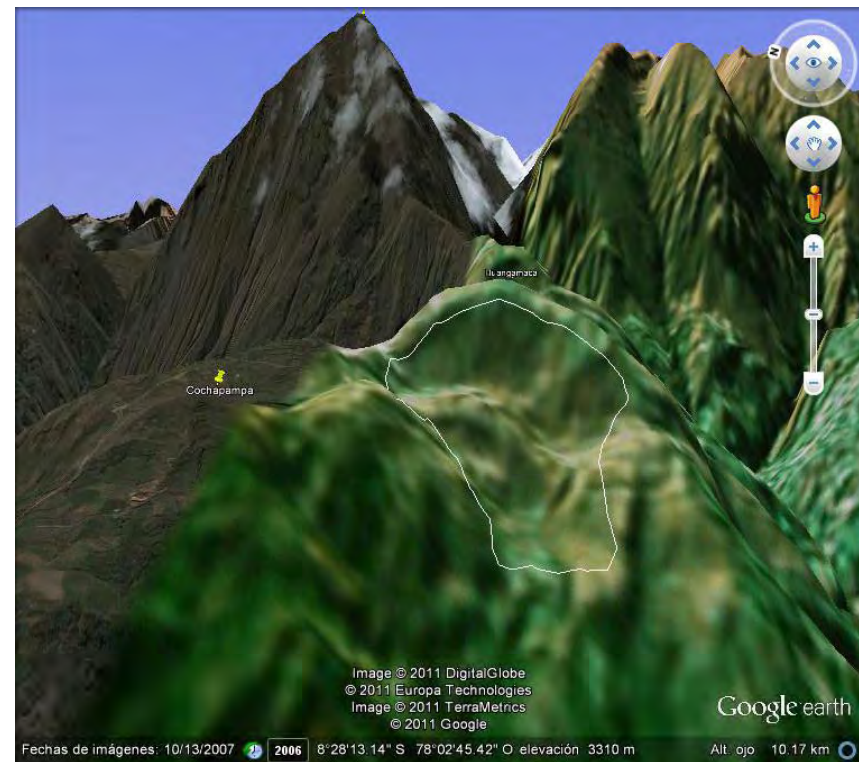
POSIBLES LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DESPUÉS DE SER DRAGADOS

Depósito 1



Fotografía N° 13.13

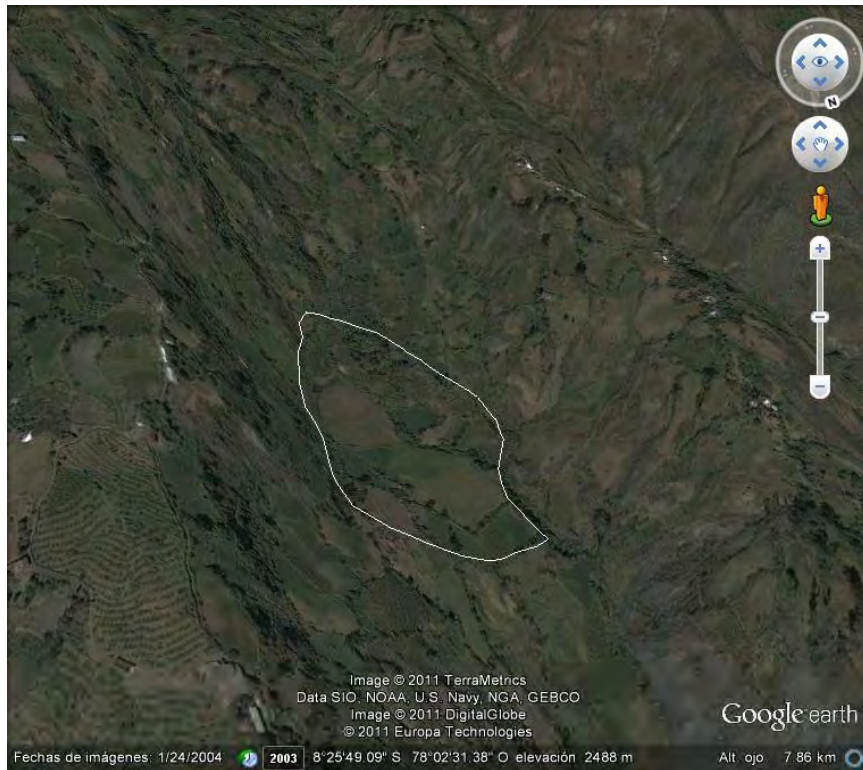
Depósito 2



Fotografía N° 13.14

POSIBLES LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DESPUÉS DE SER DRAGADOS

Depósito 3



Fotografía N° 13.15

Depósito 4



Fotografía N° 13.16

POSIBLES LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DESPUÉS DE SER DRAGADOS

Depósito 5



Depósito 6



Fotografía N° 13.17

Fotografía N° 13.18

POSIBLES LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LOS LODOS DESPUÉS DE SER DRAGADOS

Depósito 7



Depósito 8



Fotografía N° 13.19

Fotografía N° 13.20

13.5.2) Remediación ambiental de los lugares deposición de lodos

Para evitar la contaminación del suelo e infiltraciones, deberá colocarse una membrana impermeable con lecho de cal en los lugares de deposición antes del traslado de los lodos.

Una vez que los lodos han sido trasladados a los lugares de deposición y estos depósitos llegaron a su capacidad máxima de almacenamiento se procederá como se menciona a continuación. Ver figura N° 13.3.

- Se cubrirá el material con suelo arcilloso (impermeable), para evitar que haya infiltraciones de la superficie hacia los lodos.
- Encima de la capa de arcilla se colocará una capa impermeable, la cual servirá como drenaje.
- En la parte superior de esta capa se colocará suelo orgánico.
- En la zona más superficial se revegetará, logrando de esta forma que el lugar se mantenga las condiciones que tuvo antes de la deposición de lodos.

Todo este proceso mencionado puede ser observado en la Figura N° 13.3.

REMEDIACIÓN AMBIENTAL DE LOS LUGARES DE DEPOSICIÓN DE LODOS

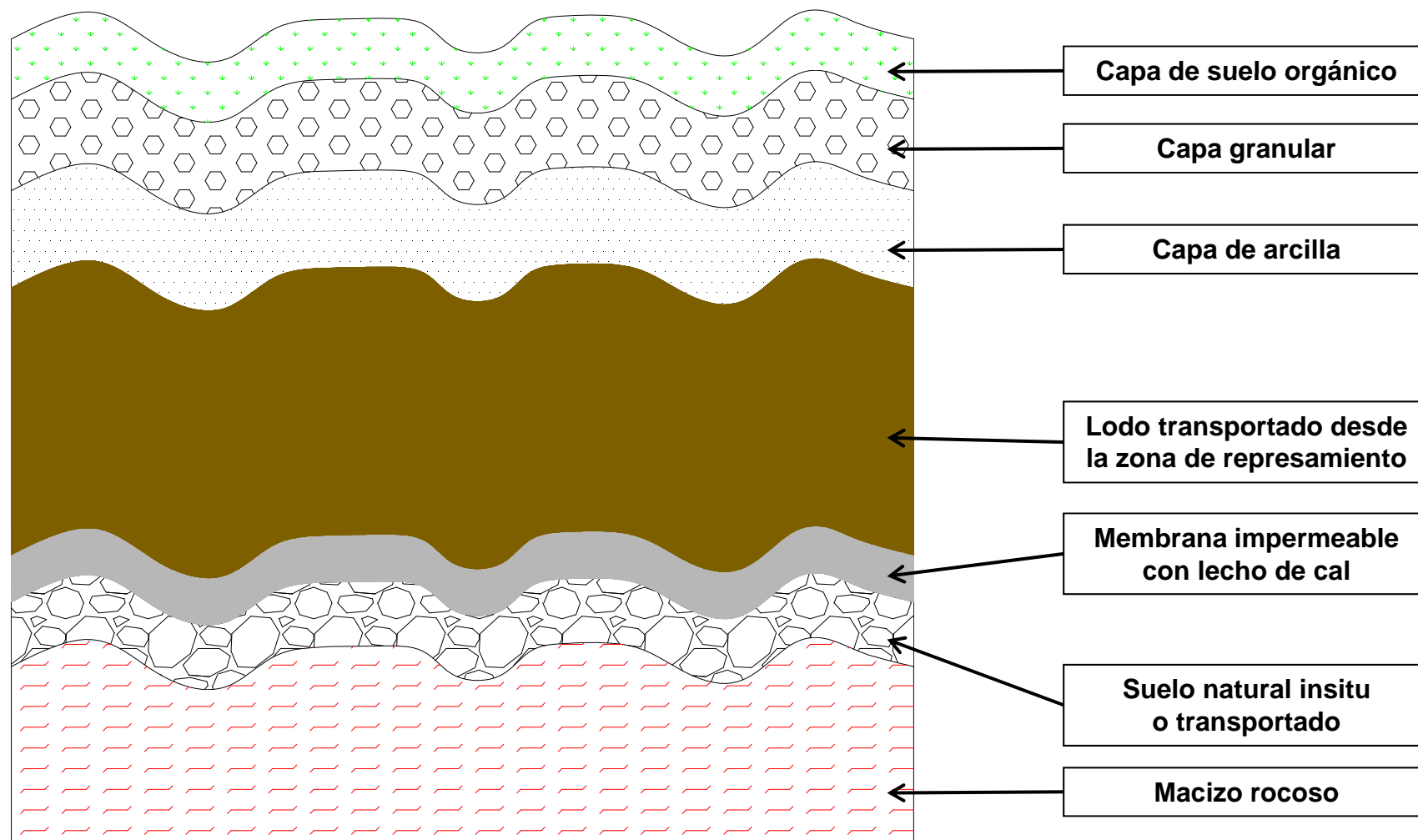


Figura N° 13.3

13.6) COSTO DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN

Este subcapítulo está referido al costo de los insumos y materiales que serán necesarios para realizar el proceso de remoción de iones metálicos y sólidos suspendidos presentes en el agua del río Boca Cabana. Los insumos y materiales utilizados son tres principalmente: cal, floculante (Magnafloc) y concreto. Estos productos presentan en el mercado internacional los precios que se muestran en la Tabla N° 13.7 y los montos totales para realizar el proceso de remoción se muestran en la Tabla N° 13.8.

Tabla N° 13.7

Insumos utilizados y precios en el mercado internacional

Insumo o Material	Utilidad en el Proceso	Precio por Kg
Cal (80% hidratada)	Precipitación de iones metálicos	U\$ 0.12
Floculante (Magnafloc)	Aglomeración y Sedimentación de Sólidos Suspendidos	U\$ 4
Concreto (Cemento Puzolánico)	Construcción del dique	U\$ 0.15

13.6.1) Cal

Este insumo es utilizado para regular el pH y hacer precipitar los iones metálicos; de acuerdo a los análisis de laboratorio mostrados en el subcapítulo 13.4 la cantidad de cal que debe ser utilizada diariamente es de:

81.25 Ton de Cal / día

Según el precio de la cal en el mercado internacional, el costo diario para realizar el proceso de remoción sería:

U\$ 9750 diarios

13.6.2) Floculante (Magnafloc)

Este insumo es utilizado para aglomerar y hacer sedimentar los sólidos suspendidos con mayor velocidad; de acuerdo a los análisis de laboratorio mostrados en el subcapítulo 13.4 la cantidad de floculante (Magnafloc) que debe ser utilizado diariamente es de:

5.08 Ton de Floculante / día

De acuerdo al precio del Floculante (Magnafloc) en el mercado internacional, el costo diario de éste necesario para realizar el proceso de aglomeración y precipitación de sólidos suspendidos sería:

U\$ 20 320

Es importante mencionar que el uso del floculante podría evitarse en el caso que se realice la sedimentación natural, abaratando los costos; sin embargo, este proceso de sedimentación sin floculante tardaría más tiempo en llevarse a cabo.

13.6.3) Concreto

Este material es utilizado para la construcción del dique, de acuerdo a los datos de la topografía se tiene que el volumen máximo del dique para un tiempo de vida de 1752.1 años es:

25 974 772.21 m³

En el caso que el tiempo de vida fuera de 100 años, el volumen del dique sería aproximadamente:

1 482 493.71 m³

A partir de datos experimentales se tiene que la densidad promedio del cemento puzolánico es:

$$2.9 \text{ g / cm}^3 = 2.9 \text{ Ton / m}^3$$

Por lo tanto la cantidad de cemento puzolánico utilizado sería:

75 326 839.41 Ton (1752.1 años – Volumen máximo)

4 299 231.76 Ton (100 años)

De acuerdo al precio del concreto en el mercado internacional, el costo diario de éste necesario para realizar la construcción total de dique sería:

U\$ 11 299 025 911.5 (1752.1 años – Volumen máximo)

U\$ 644 884.8 (100 años)

Tabla N° 13.8

Montos necesarios en insumos y materiales para el proceso de remoción

Insumo o Material	Cantidad de Insumo o Material	Precio
Cal (80% hidratada)	81.25 Ton / día	U\$ 9750 diarios
Floculante (Magnafloc)	5.08 Ton / día	U\$ 20 320 diarios
*Concreto (Cemento Puzolánico)	75 326 839.41 Ton (1752.1 años – Volumen Máximo)	U\$ 11 299 025 911.5
*Concreto (Cemento Puzolánico)	4 299 231.76 Ton (100 años)	U\$ 644 884.8

* La presa podría también ser de tierra, reduciendo los costos de la remediación.

A partir de los datos mostrados en la tabla anterior, se observa que la inversión es demasiada alta para el volumen máximo del dique, por lo que se recomienda la alternativa para un tiempo de vida de 100 años.

CONCLUSIONES

- En la zona de la presa del río Boca Cabana y de un canal de drenajes cercano a ésta, donde confluyen los efluentes de áreas donde hubo actividad minera, se determinó que según los *ECA*s (Cat. 3) para riego vegetal y bebida animal, el agua río Boca Cabana en la zona de la presa excede los valores permisibles en Cu, Pb, As, Fe y Mn, y en el canal de drenajes lo excede en Pb y Cd.

- A partir de los *límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas*, el agua del canal de drenajes cercano a la presa no excede los valores permisibles, tanto en el valor medido en cualquier momento como en el promedio anual.

- En la zona de la presa del río Boca Cabana y del canal de drenajes mencionado, se determinó que de acuerdo a los *límites máximos permisibles (LMP) para sedimento de la legislación europea (Ministerie VROM-1983)*, el río Boca Cabana en la zona de la presa excede los valores permisible en As únicamente en sedimentos gruesos, mientras que en la zona del canal de drenaje no excede dichos valores.

- De acuerdo al *pH y la conductividad* evaluada en la zona de la presa se tiene que el ph está por debajo del rango, pero la conductividad si está en el rango permisible; en el caso del canal de drenajes, ambos parámetros se encuentran en el rango permisible.

- A partir de la *turbidez y de los sólidos suspendidos totales* evaluados, se tiene que el valor límite sugerido por la FAO para riego (50 mg/L) es superado hasta en 117 veces su valor en la zona de la presa.

- Para el *proceso de remoción de metales y sedimentación de sólidos suspendidos* se necesitará un dique, barreras para disminuir el caudal del río y un túnel por donde se movilizará el agua mientras se realice el dragado, además será necesario el uso de cal y floculante (Magnafloc).

- A partir de la topografía del área se determinó que la cota mínima de la *presa* es 1745 msnm y la cota máxima es 1950 msnm. El perímetro de la cota máxima es de 8241.319 metros, el volumen máximo del dique es 25 974 772.21 m³ y el volumen máximo que puede almacenar la presa es 153 109 236.621 m³.

- De acuerdo a la densidad de los *sólidos suspendidos*, se obtuvo el caudal de este material es 239.41 m³/día, a partir de este dato se determinó también que el tiempo de colmatación de la presa a su volumen máximo por sólidos suspendidos es 1752.1 años; sin embargo, lo más conveniente, por economía y factibilidad, sería construirla para que tenga un tiempo de vida de 100 años.

- A partir de los datos de laboratorio, la cantidad de cal que debe ser utilizada para *precipitar los iones metálicos* del agua del río Boca Cabana es 400 gramos cal/m³ de agua y la cantidad de floculante (Magnafloc) que debe usarse para *sedimentar los sólidos suspendidos* es 500 ml de floculante /m³ de agua.

- Según los análisis realizados a los *lodos* (material sedimentado) se determinó que el potencial neto de neutralización (PNN) es de 3.75 Kg CaCO₃/Tm, dando una posibilidad de generación de acidez incierta; debido a esto será necesario colocar membranas impermeables con lecho de cal en los lugares de deposición.

- Entre los beneficios que tendrá la población con esta remediación está el uso de esta agua para actividades cotidianas, el mejoramiento e incremento de especies vegetales, mejores condiciones de vida de la fauna y abastecimiento de agua en la época de estiaje.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar monitoreos periódicos de agua y sedimentos en el río Boca Cabana.
- Realizar bioensayos con diferentes organismos usando el agua tratada del río, es decir con la reducción de los iones metálicos y los sólidos suspendidos, a fin de determinar nuevos valores para la concentración letal media (CL50).
- Construir vías de acceso adecuadas hacia la zona de represamiento y de ésta zona hacia los lugares de deposición de los lodos (material sedimentado).
- Realizar la evaluación físico-química y biológica del embalse de la presa ya que es un ecosistema y como tal responde a cambios externos (aportes de agua, energía y todos los materiales sólidos o disueltos que pueda aportar el río).
- Evaluar la cantidad de material de arrastre en el río Boca Cabana, a fin de tener un cálculo más preciso del tiempo de colmatación de la presa.
- Realizar dragados periódicos de la presa a fin de aumentar el tiempo de vida de la misma.
- Coordinar con entidades como el FONAM para el financiamiento en la construcción de la presa y las vías de acceso necesarias.

INVESTIGACIONES A SEGUIR

Se debe evaluar diferentes formas de construcción de la presa, como el uso de material de préstamo en vez de concreto, logrando de esta manera rebajar los costos de la construcción. Para el uso de material de préstamo se deberá realizar previamente un estudio de canteras, tanto de material fino como de material grueso, en áreas cercanas a la zona de represamiento.

Por otro lado, también se debe evaluar el uso de otros floculantes para acelerar la sedimentación de lodos, o sino llevar a cabo la sedimentación natural (sin uso de floculante), consiguiendo de esta forma una considerable reducción en los costos de operación.

BIBLIOGRAFÍA

AVALO O. (2010): Separatas del Curso de Mitigación de Problemas Ambientales en la Industria Minera, Maestría UNI. Lima, Perú.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA WEB SITE (2012): Aspectos Legales. Perú.

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES WEB SITE (2012): Aspectos Geotécnicos y de Diseños de Presas. Perú.

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE WEB SITE (2012): Aspectos Legales. Perú.

ENVIRONMENTAL LAW INSTITUTE WEB SITE (2012): Aspectos Legales. USA.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY WEB SITE (2012): Aspectos de Contaminación y Remediación Ambiental. USA.

FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE WEB SITE (2012): Aspectos Legales. Perú.

GARCIA A. (2003): Bajo el sol del Tablachaca. Ancash, Perú.

INGEMMET (1964): Geología del cuadrángulo de Santiago de Chuco, Boletín 8. Perú.

INGEMMET (1995): Geología del cuadrángulo de Pallasca, Boletín 60. Perú.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS WEB SITE (2012): Aspectos Legales. Perú.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (2012): Aspectos Legales. Perú.

MUNICIPALIDAD DE CABANA (2010): Información de minería proporcionada por dicha municipalidad. Ancash, Perú.

MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE CHUCO (2010): Información de minería proporcionada por dicha municipalidad. La Libertad, Perú.

MENDOZA A. (2006): Separatas del Curso de Minería y Medio Ambiente, 10mo Ciclo UNI. Lima, Perú.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (1990): Manual y de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. USA.

PEREZ G. (2010): Separatas del Curso de Hidrogeología, Maestría UNI. Lima, Perú.

REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE WEB SITE (2012): Aspectos de Remediación Ambiental. USA.

SAMAMÉ M. (1980): El Perú Minero - Tomo 3. Lima, Perú.

SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERÚ (1940): Evolución de los Andes. Boletín 10. Perú.

SERVICION NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (2012): Reportes de estaciones hidrológicas y meteorológicas. Perú.

VALVERDE S. (2010): Separatas del Curso de Manejo y Abandono de Relaveras, Maestría UNI. Lima, Perú.

VIDALÓN J. (2009): Separatas del Curso de Efluentes Líquidos, Maestría UNI. Lima, Perú.

ANEXOS

**ANEXO 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA
DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

**ANEXO 2: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS
PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE
EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES
MINERO – METALÚRGICAS**

**ANEXO 3: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA
AGUA (ECAs)**

ANEXO 4: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

ANEXO 5: PLANOS

ANEXO 1

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA
DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS
(DECRETO SUPREMO Nº 010-2010-MINAM)**

AMBIENTE

Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas

DECRETO SUPREMO Nº 010-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA:

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3 de la Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32 de la Ley Nº 28611 modificado por el Decreto Legislativo Nº 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permissible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley Nº 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Sistema Peruano de Información Jurídica

Que, el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EMVMM, se aprobaron los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos;

Que, el conocimiento actual de las condiciones de biodisponibilidad y biotoxicidad de los elementos que contiene los efluentes líquidos descargados al ambiente por acción antrópica y la forma en la que éstos pueden afectar los ecosistemas y la salud humana, concluyen que es necesario que los LMP se actualicen para las Actividades Minero-Metalúrgicas, a efecto que cumplan con los objetivos de protección ambiental;

Que, el Ministerio de Energía y Minas ha remitido una propuesta de actualización de LMP para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, la misma que fue publicada para consulta y discusión pública en el Diario Oficial El Peruano habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto

Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas de acuerdo a los valores que se indica en el Anexo 01 que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Ámbito de Aplicación

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

Artículo 3.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

3.1 Autoridad Competente.- Autoridad que ejerce las funciones de evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la actividad minero-metalúrgica. En el caso de la gran y mediana minería dicha Autoridad Competente es el Ministerio de Energía y Minas, mientras que para la pequeña minería y minería artesanal son los Gobiernos Regionales.

3.2 Efluente Líquido de Actividades Minero - Metalúrgicas.- Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;

b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción,

Sistema Peruano de Información Jurídica

tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;

d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;

e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y,

f) Cualquier combinación de los antes mencionados.

3.3 Ente Fiscalizador.- Autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad minera-metalúrgica; para la gran y mediana minería será el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, hasta que el Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente - OEFA asuma dichas funciones, y para la pequeña minería y minería artesanal de los Gobiernos Regionales.

3.4 Límite Máximo Permisible (LMP).- Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minerometalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

3.5 Límite en cualquier momento.- Valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento. Para la aplicación de sanciones por incumplimiento del límite en cualquier momento, éste deberá ser verificado por el fiscalizador o la Autoridad Competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.6 Límite promedio anual.- Valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo.

3.7. Monitoreo de Efluentes Líquidos.- Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.8. Parámetro.- Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

3.9 Punto de Control de Efluentes Líquidos.- Ubicación aprobada por la Autoridad Competente en la cual es obligatorio el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

3.10. Programa de Monitoreo.- Documento de cumplimiento obligatorio por el titular minero, contiene la ubicación de los puntos de control de efluentes y cuerpo receptor, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para un determinado centro de actividades minero - metalúrgicas.

Es aprobado por la Autoridad Competente como parte de la Certificación Ambiental y puede ser modificado por ésta de oficio o a pedido de parte, a efectos de eliminar, agregar o

Sistema Peruano de Información Jurídica

modificar puntos de control del efluente y cuerpo receptor, parámetros o frecuencias, siempre que exista el sustento técnico apropiado. El Ente Fiscalizador podrá recomendar las modificaciones que considere apropiadas a consecuencia de las acciones de fiscalización.

El Programa de Monitoreo considerará, además de los parámetros indicados en el presente anexo, los parámetros siguientes:

- a) Caudal
- b) Conductividad eléctrica
- c) Temperatura del efluente
- d) Turbiedad

La autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

3.11 Protocolo de Monitoreo.- Norma aprobada por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, en la que se indican los procedimientos que se deben seguir para el monitoreo del cuerpo receptor y de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Sólo será considerado válido el monitoreo realizado de conformidad con este Protocolo, su cumplimiento es materia de fiscalización.

3.12 Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP.- Documento mediante el cual el Titular Minero justifica técnicamente la necesidad de un plazo de adecuación mayor al indicado, de acuerdo al artículo 4 numeral 4.2. del presente Decreto Supremo, el cual describe las acciones e inversiones que ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP. Este Plan se incorporará al correspondiente estudio ambiental y de ser el caso será parte de la actualización del plan de manejo ambiental señalada en el artículo 30 del Reglamento de la Ley N° 27446, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

3.13 Titular Minero.- Es la persona natural o jurídica que ejerce la actividad minera.

Artículo 4.- Cumplimiento de los LMP y plazo de adecuación

4.1 El cumplimiento de los LMP que se aprueban por el presente dispositivo es de exigencia inmediata para las actividades minero - metalúrgicas en el territorio nacional cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia del presente Decreto Supremo.

4.2 Los titulares mineros que a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo cuenten con estudios ambientales aprobados, o se encuentren desarrollando actividades minero - metalúrgicas, deberán adecuar sus procesos, en el plazo máximo de veinte (20) meses contados a partir de la entrada en vigencia de este dispositivo, a efectos de cumplir con los LMP que se establecen.

Los titulares mineros que hayan presentado sus estudios ambientales con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo y son aprobados con posterioridad a éste, computarán el plazo de adecuación a partir de la fecha de expedición de la Resolución que apruebe el Estudio Ambiental.

4.3 Sólo en los casos que requieran el diseño y puesta en operación de nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP, la Autoridad Competente podrá otorgar un plazo máximo de treinta y seis (36) meses contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, para lo cual el Titular Minero deberá presentar un Plan de Implementación para

Sistema Peruano de Información Jurídica

el Cumplimiento de los LMP, que describa las acciones e inversiones que se ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP y justifique técnicamente la necesidad del mayor plazo.

El Plan en mención deberá ser presentado dentro de los seis (06) meses contados a partir de la entrada en vigencia del presente dispositivo.

Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los criterios y procedimientos para la evaluación de los Planes de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como los Términos de Referencia que determinen su contenido mínimo.

Artículo 5.- Prohibición de dilución o mezcla de Efluentes

De acuerdo con lo previsto en el artículo 113 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, todo Titular Minero tiene el deber de minimizar sus impactos sobre las aguas naturales, para lo cual debe limitar su consumo de agua fresca a lo mínimo necesario.

No está permitido diluir el efluente líquido con agua fresca antes de su descarga a los cuerpos receptores con la finalidad de cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1 del presente Decreto Supremo.

Asimismo, no está permitida la mezcla de efluentes líquidos domésticos e industriales, a menos que la ingeniería propuesta para el tratamiento o manejo de aguas, así lo exija, lo cual deberá ser justificado técnicamente por el Titular Minero y aprobado por la autoridad Competente.

Artículo 6.- Resultados del monitoreo

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, es responsable de la administración de la base de datos de monitoreo de efluentes líquidos y calidad de agua de todas las actividades minero - metalúrgicas; los titulares mineros están obligados a reportar a dicha Dirección General los resultados del monitoreo realizado. Asimismo, el Ente Fiscalizador deberá remitir a la citada Dirección General los resultados del monitoreo realizado como parte de sus actividades de fiscalización.

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros garantizará el acceso oportuno y eficiente a la base de datos al Ente Fiscalizador. Asimismo, deberá elaborar dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados por los titulares mineros durante el año anterior, el cual será remitido al Ministerio del Ambiente.

Artículo 7.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización y sanción por el incumplimiento de los LMP aprobados en el presente Decreto Supremo, así como de la ejecución del Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP está a cargo del Ente Fiscalizador; quien en el desarrollo de sus funciones, recurrirá, entre otros, a la base de datos de monitoreo ambiental administrada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 8.- Coordinación interinstitucional

Si en el ejercicio de su función de fiscalización, supervisión y/o vigilancia, alguna autoridad toma conocimiento de la ocurrencia de alguna infracción ambiental relacionada al incumplimiento de los LMP aprobados por el presente dispositivo, y cuya sanción no es de su competencia, deberá informar al Ente Fiscalizador correspondiente o a la autoridad competente, adjuntando la documentación correspondiente.

Artículo 9.- Regímenes de Excepción

De manera excepcional, la Autoridad Competente podrá exigir el cumplimiento de límites de descarga más rigurosos a los aprobados por el presente Decreto Supremo, cuando de la evaluación del correspondiente instrumento de gestión ambiental se concluya que la

Sistema Peruano de Información Jurídica

implementación de la actividad implicaría el incumplimiento del respectivo Estándar de Calidad Ambiental - ECA.

Artículo 10.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Energía y Minas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con el Ministerio del Ambiente aprobará el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos en un plazo no mayor de doscientos cincuenta (250) días calendario contados a partir de su entrada en vigencia del presente Decreto Supremo.

Segunda.- En el plazo máximo de sesenta (60) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

Tercera.- En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Antimonio
- Manganeso
- Molibdeno
- Níquel
- Fenol
- Radio 226
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004 -94-EM/DGAA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Deróguese la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM, salvo los artículos 7; 9, 10, 11 y 12, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

Sistema Peruano de Información Jurídica

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
 Ministro del Ambiente

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
 Ministro de Energía y Minas

ANEXO 01

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
 PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
 ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

(*) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna “Límite en cualquier momento” son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna “Promedio anual” se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

ANEXO 2

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS

**(RESOLUCIÓN MINISTERIAL
Nº 030-2011-MEM/DM)**

minem.gob.pe) y en el Portal del Estado Peruano (www.peru.gob.pe).

Regístrese, comuníquese y publíquese.

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
Ministro de Energía y Minas

593742-1

Aprueban Términos de Referencia conforme a los cuales se elaborará el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, así como el procedimiento de evaluación de dicho plan

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 030-2011-MEM/DM**

Lima, 19 de enero de 2011

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3º de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32º de la Ley N° 28611, modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permisible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es legalmente exigible por dicho Ministerio y por los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33º de la Ley N° 28611 dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7º del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos; debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo, previa opinión del sector correspondiente;

Que, el numeral 4.3 del artículo 4 del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, que aprobó los Límites Máximos Permisibles (LMP) para las descargas de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, dispone que sólo en el caso que el titular minero requiera diseñar y poner en operación nueva infraestructura de tratamiento para adecuarse a los nuevos LMP, la Autoridad Competente podrá otorgarle un plazo de hasta 36 meses contados a partir de la vigencia de dicho Decreto Supremo. Para la adecuación antes referida, el titular minero debe presentar un Plan de Implementación dentro de un plazo de 6 meses, contado a partir de la vigencia del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM;

Que en la Segunda Disposición Complementaria Final del citado decreto, se estableció el plazo de sesenta (60) días calendario, contado a partir de la entrada en vigencia del referido Decreto, para aprobar los Términos de Referencia conforme a los cuales deberá elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dicho plan;

De conformidad con el artículo 13º, literales b) y h) del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por Decreto Supremo N° 031-21007-EM;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Aprobar los Términos de Referencia, que como Anexo I forma parte integrante de la presente Resolución, conforme a los cuales se elaborará el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, así como el procedimiento para la evaluación de dicho Plan.

Artículo Segundo.- El procedimiento aplicable para la solicitud de evaluación del “Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP)”, será el establecido en el ITEM – BG09 del TUPA del MINEM, correspondiente a la Modificación de Estudios Ambientales.

Artículo Tercero.- En la evaluación del Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles - LMP, serán aplicables los siguientes Mecanismos de Participación Ciudadana (aprobados mediante Resolución Ministerial N° 304-2008-MEM-DM): el acceso de la población a los Resúmenes Ejecutivos y al contenido de los Estudios Ambientales; la distribución de materiales informativos y la presentación de aportes; y, comentarios u observaciones ante la autoridad competente.

Artículo Cuarto.- Aprobar la Ficha de Monitoreo, que como Anexo II forma parte integrante de la presente Resolución, conforme a la cual los titulares mineros deberán actualizar sus puntos de control.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
Ministro de Energía y Minas

Términos de Referencia

Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP)

I. Base Legal

1.1. Art. 4º D.S. N° 010-2010-MINAM.

Inciso 4.3. “...el Titular Minero deberá presentar un Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, que describa las acciones e inversiones que se ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP y justifique técnicamente la necesidad del mayor plazo.”

(...)

“Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los criterios y procedimientos para la evaluación de los Planes de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como los Términos de Referencia que determinen su contenido mínimo.”

1.2. Segunda Disposición Complementaria Final - D.S. N° 010-2010-MINAM.

“En el plazo máximo de sesenta (60) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.”

II. Del Plan de Implementación – Términos de Referencia

El presente documento contiene los Términos de Referencia de acuerdo a los cuales deberá elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP.

1. Resumen Ejecutivo

1.1. Antecedentes.

1.2. Marco legal aplicable.

1.3. Información de línea base ambiental.

1.4. Descripción de la tecnología de tratamiento e infraestructura hidráulica para el manejo de aguas con la finalidad de cumplir los LMP.

1.5. Evaluación de impactos ambientales



1.6. Programa de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los LMP.

- 1.7. Medidas de Contingencias.
- 1.8. Medidas de Cierre.

2. Plan de Participación Ciudadana

2.1. Descripción de los mecanismos de Participación Ciudadana a ser aplicados para la ejecución del proyecto.

2.1.1. Acceso de la población a los Resúmenes Ejecutivos y al contenido de la Modificación del Estudio Ambiental – Plan de Implementación de LMP.

2.1.2. Presentación de aportes, comentarios u observaciones ante la autoridad competente de parte de la población del área de influencia.

- 2.1.3. Distribución de materiales informativos.
- 2.1.4. Monitoreo Participativo.

3. Antecedentes y Breve descripción de la actividad minera

3.1. Descripción de las operaciones y procesos que se desarrollan.

3.2. Incluir diagramas de flujo cuantificados y diagramas pictográficos del proceso de beneficio y/o operación minera en general.

3.3. Incluir breve resumen de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, específicamente de aquel instrumento de gestión o Estudio Ambiental aprobado que tenga relación con el manejo de aguas, proceso de tratamiento de aguas residuales industriales o descarga de efluentes.

4. Información de Línea Base

4.1. Breve información de las características hidrográficas del área de influencia de la actividad minera que presente relación con el manejo de aguas.

4.2. Descripción fisicoquímica de los efluentes minero metalúrgicos (utilizando los datos históricos).

4.3. Breve información hidrobiológica de los cuerpos de agua relacionados con las descargas de efluentes minero-metalúrgicos.

4.4. Descripción de la Calidad de Sedimentos.

4.5. Planos y mapas de infraestructuras hidráulicas, plantas de tratamiento, etc. relacionadas con el manejo del agua.

4.6. Planos y/o mapas de ubicación de estaciones de monitoreo de efluentes y de calidad de aguas.

4.7. Descripción de los registros históricos del monitoreo de calidad del agua y efluentes por cada estación, específicamente de los parámetros regulados en el Anexo N° 01 del D.S. N° 010-2010-MINAM, y otros parámetros de control de efluentes y calidad de agua establecidos en los respectivos instrumentos de gestión ambiental aprobados por el MINEM.

5. De la Planta de Tratamiento y Manejo de Aguas

5.1. Bases del diseño del sistema de tratamiento y manejo de aguas.

5.2. Introducción.

5.3. Calidad del efluente a ser tratados y Estándares de Calidad Ambiental del cuerpo receptor.

5.4. Selección del proceso tecnológico más adecuado.

5.4.1. Criterios de evaluación y selección.

5.4.2. Experiencia de aplicación del sistema de tratamiento a nivel Nacional e Internacional.

5.4.3. Conclusiones y recomendaciones.

5.5. Diseño de la Planta de Tratamiento y del Sistema de Manejo de Aguas.

5.5.1. Criterios de diseño y su eficiencia.

5.5.2. Descripción del proceso industrial que contenga diagrama de flujo, balance hídrico anual, balance de materia prima e insumos.

5.5.3. Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales incluyendo los planos debidamente firmados por el profesional responsable. Incluir los criterios de diseño.

5.6. Proceso de diseño

5.6.1. Caracterización de las aguas a ser tratadas y pruebas de laboratorio.

5.6.2. Química del proceso seleccionado.

5.6.3. Balance de flujos.

5.6.4. Consumo de reactivos y/u otros insumos principales para el tratamiento de los efluentes.

5.6.4.1. Fuentes y disponibilidad de reactivos e insumos.

5.6.4.2. Especificaciones técnicas de insumos y reactivos.

5.6.5. Dimensionamiento del equipamiento principal.

5.6.6. Calidad del efluente tratado.

5.6.7. Química, reactividad y calidad de los lodos residuales.

5.7. Descripción de la Planta y sistema de Manejo de Aguas.

5.7.1. Localización.

5.7.1.1. Criterios de selección de la localización más adecuada para la Planta, incluyendo el área para el depósito de lodos.

5.7.1.2. Límites de las instalaciones de la planta.

5.7.2. Características básicas de la Planta de tratamiento de efluentes y de la infraestructura hidráulica de manejo de aguas.

5.7.2.1. Sistemas de captación o infraestructura hidráulica de las aguas a tratar y calidad del efluente.

5.7.2.2. Descripción detallada del equipamiento (procesos unitarios) de tratamiento del efluente correspondiente al proyecto propuesto.

5.7.2.3. Descripción del sistema de contingencia y/o emergencia correspondiente al proyecto.

5.7.2.4. Descripción del equipamiento complementario correspondiente al proyecto.

5.7.2.5. Descripción del depósito de lodos.

5.7.3. Infraestructura del sitio seleccionado.

5.7.3.1. Barreras de seguridad.

5.7.3.2. Tuberías y canales.

5.7.3.3. Sistema de desagüe.

5.7.3.4. Caminos y puentes.

5.7.3.5. Preparación del sitio.

5.7.3.6. Edificaciones.

5.7.3.7. Sistema de protección contra incendios.

5.7.3.8. Sistema de aireación de la planta y equipamiento.

5.7.3.9. Sistema de agua.

5.7.3.10. Interrelaciones.

5.7.3.11. Tratamiento y disposición de desagües y otros residuos de la planta.

5.7.4. Energía eléctrica e iluminación.

5.7.4.1. Suministro de energía eléctrica y distribución.

5.7.4.2. Sistema de iluminación de la Planta, servicios complementarios y zonas aledañas.

5.7.4.3. Sistema eléctrico de los procesos de la planta.

5.7.5. Sistemas de control y seguridad de procesos.

5.7.5.1. Características generales de control y seguridad del proceso.

5.7.6. Instrumentación y automatización.

5.7.6.1. Medición de flujos, niveles y temperatura; y limitaciones de la medición.

5.7.6.2. Modulación y limitaciones de los componentes de control.

5.7.6.3. Funcionamiento y limitaciones de la medición de turbidez.

5.7.6.4. Implementación de sistemas de medición de parámetros (pH, temperatura, presión conductividad eléctrica y caudal) antes y después del tratamiento y limitaciones.

5.7.6.5. Componentes de regulación de presión y transmisión de presión y limitaciones.

5.7.6.6. Componentes de regulación de temperatura y limitaciones.

5.7.6.7. Componentes de regulación de flujos y limitaciones.

5.7.6.8. Apreciación y control de riesgos y contingencias.

5.8 Costos de inversión.

5.8.1 Base del estimado del costo de inversión.

5.8.2 Análisis de costos unitarios.

- 5.8.3 Costos directos.
- 5.8.4 Costos indirectos.
- 5.8.5 Conceptos excluidos.
- 5.8.6 Hipótesis.

- 5.9 Costos operativos.
- 5.9.1. Resumen de los costos operativos.
- 5.9.2 Base del estimado de los costos operativos.
- 5.9.3 Conceptos excluidos.
- 5.9.4 Hipótesis.

5.10 Plan de ejecución y cronograma.
 5.10.1 Descripción de las actividades relacionadas con la ejecución del proyecto.

5.10.2 Cronograma de Gantt de las actividades a realizar.

5.11 Oportunidades.

6. De la evaluación de Impactos Ambientales

6.1 Breve análisis de impactos ambientales identificando los impactos potenciales del proyecto.

6.2 Descripción de los impactos ambientales generados por el proyecto.

6.3 Evaluación de la capacidad de carga del cuerpo receptor.

7. De las Medidas de Manejo Ambiental, Control, Seguimiento y Contingencias

7.1 Medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales potenciales identificados.

7.2 Plan de Manejo de Agua de la actividad minera

7.3 Programa Integral de Monitoreo Ambiental de Seguimiento y Control

7.3.1 Sustento de la ubicación de las estaciones de monitoreo y de los puntos de control de efluentes.

7.3.2 Sustento de ubicación de estaciones de monitoreo en el cuerpo receptor para el control del impacto de las descargas de efluentes.

7.3.3 Cuadro resumen de código de estación, (efluente y calidad de agua) que contenga como mínimo lo siguiente:

a. Coordenadas UTM (incluyendo la zona y el Datum de proyección horizontal en PSAD 56),

b. Parámetros a ser controlados de acuerdo a la norma y otros establecidos por el MINEM,

c. Frecuencia de muestreo, según lo establecido en el D.S. N° 010-2010-MINAM

d. Frecuencia de monitoreo para control en el cuerpo receptor.

e. Frecuencia de reporte ante la autoridad competente, sobre el muestreo y ensayo realizado.

f. Valor numérico del Límite Máximo Permissible a cumplir para el efluente o Valor numérico del Estándar de Calidad del Agua a ser alcanzado, según corresponda.

g. Otras observaciones.

7.3.4 Plano de ubicación de infraestructuras hidráulicas (canales, tuberías, pozas de sedimentación, etc.) para el manejo de aguas estrictamente relacionadas con la actividad minera, interrelacionados con la infraestructura de tratamiento.

7.3.5 Planos de ubicación de las estaciones de Monitoreo de Efluentes y de Calidad del Agua, precisando la dirección del flujo.

7.3.6 Fichas de Control de Estaciones de Monitoreo.

7.4 Plan de Manejo de residuos sólidos.

7.5 Plan de manejo para materiales y sustancias peligrosas.

7.6 Plan de Manejo de seguridad y salud ocupacional.

7.7 Plan de Manejo para el transporte.

7.8 Plan de Contingencias.

8. De las Medidas de Cierre

8.1 Objetivos del Plan de Cierre de la Planta, Infraestructuras en general y del depósito de lodos.

8.2 Criterios del cierre.

8.3 Componentes principales de cierre.

8.4 Actividades de cierre de los componentes del proyecto

El Peruano

DIARIO OFICIAL

FE DE ERRATAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que conforme a la Ley N° 26889 y el Decreto Supremo N° 025-99-PCM, para efecto de la publicación de Fe de Erratas de las Normas Legales, deberán tener en cuenta lo siguiente:

1. La solicitud de publicación de Fe de Erratas deberá presentarse dentro de los 8 (ocho) días útiles siguientes a la publicación original. En caso contrario, la rectificación sólo procederá mediante la expedición de otra norma de rango equivalente o superior.
2. Sólo podrá publicarse una única Fe de Erratas por cada norma legal por lo que se recomienda revisar debidamente el dispositivo legal antes de remitir su solicitud de publicación de Fe de Erratas.
3. La Fe de Erratas señalará con precisión el fragmento pertinente de la versión publicada bajo el título "Dice" y a continuación la versión rectificada del mismo fragmento bajo el título "Debe Decir"; en tal sentido, de existir más de un error material, cada uno deberá seguir este orden antes de consignar el siguiente error a rectificarse.

LA DIRECCIÓN



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Minas

Dirección
General de Asesoría
Ambiental y Minas

**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO**

Titular Minero :
Unidad Minera :
Resolución que aprobó punto de control
(De ser nuevo punto omitir dato)

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control ⁽¹⁾ :
Tipo de Muestra : L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración
Clase: E = Efluente / Emisión R = Receptor
Zona de muestreo ⁽²⁾ :
Tipo Procedencia / Ubicación ⁽³⁾ :
Categoría : Colocar Clase anterior, solo para los Titulares que están actualizando Fichas SIA
(Categorizado de Acuerdo al R. J. N° 202-2010-ANA)
Descripción ⁽⁴⁾ :

UBICACIÓN

Distrito : Provincia : Departamento :
Cuenca :
Coordenadas U.T.M. (En Datum Horizontal UTM PSAD56)
Norte : Este : Zona : (17, 18 o 19)
Altitud : (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO ⁽⁵⁾

Parametro	Frecuencia de Muestreo (SEMANA, MENSUAL, TRIMESTRAL O SEMESTRAL)	Frecuencia de Reporte (TRIMESTRAL, SEMESTRAL O ANUAL)



Fotografía : Debera ser tomada a un mínimo de 20 mts. de distancia del punto de monitoreo, permitiendo reconocer el paisaje

Elaborado por : _____

Fecha : ____/____/____

INDICACIONES DEL LLENADO:

(1) **Código de Punto de Control:** El enunciado del código de la estación no debe tener más de 10 caracteres

(2) **Zona de muestreo,** Llenar letra correspondiente a zona de muestreo según Clase:

Efluente / Emisión:

A En área de actividades

B Fuera de área de actividades

Receptor:

C Antes (caso aguas arriba o barlovento)

E Después (caso aguas abajo o sotavento)

D Zona de contacto

F Trayecto, en área de Influencia Directa

(3) **Tipo Procedencia / Ubicación,** Llenar letra correspondiente según procedencia o ubicación:

Para puntos a ser comparados con LMP o Control de Operaciones:

A Labor Subterránea

F Relavera

B Tajo Abierto

G Instalaciones de procesamiento incluyendo concentradora, refinería, fundición

C Desmonte, Pila de escoria, apilamiento de mineral

H Infraestructura y otras instalaciones, incluyendo campamentos, labores abandonadas

D Almacenamiento de concentrado de Mineral

I Planta de tratamiento, almacenamiento de lodos, y/o residuos, etc.

E Depósito de material excedente : depósito donde se dispone producto por habilitación de accesos o infraestructuras o componentes del proyecto

J Generadores de energía

Para puntos de Calidad Ambiental:

K Río o quebrada

O Zona urbana

L Lago o laguna

P Zona rural

M Mar

Q Zona industrial

N Bofedal

(4) **Descripción:**

El titular minero deberá describir la ubicación del punto de muestreo indicado lugares que se pueden tomar como referencia, Indicar el nombre del Receptor Líquido e indicar la procedencia del efluente/Emisión respectivamente, se citan unos ejemplos:

Caso Muestra Líquida, Clase Receptor:

EN EL RÍO YAULÍ A 100 M AGUAS ARRIBA DEL EFLUENTE EM-4, CERCA A LA RELAVERA NUMERO 4

Caso Muestra Líquida, Clase Efluente:

AL FINAL DEL DUCTO DE DESCARGA, A 250 M APROX. AL ESTE DE LA PLATAFORMA Nº 220, EFLUENTE PROCEDENTE DE LA RELAVERA 4

Caso Muestra Gaseosa, Clase Receptor:

EN EL POBLADO CASAS DE LOTE Nº 20, A 5000 M APROX. AL OESTE DE LA PLANTA CONCENTRADORA

Caso Muestra Gaseosa, Clase Emisión:

CHIMENEA UBICADO A 10 M. AL ESTE DEL GRUPO ELECTROGENO Nº 1, EMISIÓN PROCEDENTE DEL PROCESO DE CHANCADO DE MATERIAL

Caso Ruido, Clase Receptor:

A 200 M AL OESTE DE LA PLANTA DE CHANCADO

(5) **Plan de monitoreo:**

El titular minero deberá detallar todos los parámetros a ser muestreados en la estación de control, según corresponda.

ANEXO 3

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECAs)

Los ECAs se encuentran clasificados en cuatro categorías, las cuales se mencionan a continuación:

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
- Categoría 2: Actividades Marino Costeras
- Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales
- Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON
 Jefe (e)
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

AMBIENTE

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO
 N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
 Ministro del Ambiente

El Peruano

DIARIO OFICIAL

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. normaslegales@editoraperu.com.pe

LA DIRECCIÓN



ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para 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						
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 ²⁵	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	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 P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		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		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
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	**
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	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTPP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
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	0,0006	0,0006	**	**	**
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	**	**	**
BETX						

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para 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
Benceno -- 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
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	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno -- 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
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	**	**
Organoclorados (COP)*:						
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	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin -- 72-20-8	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	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenilos Totales						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
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	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

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

CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
ORGANOLÉPTICOS				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
FISICOQUÍMICOS.				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO ₅	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	>=3	>=2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	cebijos	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
INORGÁNICOS				
Amoniaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1



PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Mercurio total	mg/L	0,0094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/L	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/L	0,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si-Si O ₃)	mg/L	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/L	0,081	0,081	0,081
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤88 (área restringida)		

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

* Área Aprobada : Áreas de dónde se extraen ó cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana ó animal, de organismos patógenos ó cualquier sustancia deletérea ó venenosa y potencialmente peligrosa.

* Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados

** Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine

*** La temperatura corresponde al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
Plaguicidas		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	UNIDAD	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
Biológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
Fisicoquímicos			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50	
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Niquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
Orgánicos			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
Plaguicidas			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	

Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
Biológicos		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	

NOTA :

NMP/100: Número más probable en 100 mL.

Vegetales de Tallo alto: Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo; Forestales, árboles frutales, etc.

Vegetales de Tallo bajo : Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

Animales mayores: Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

Animales menores: Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

SAAM: Sustancias activas de azul de metileno

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	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 Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
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	0,05
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	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	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 (H2S 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
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

NOTA : Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

Nitrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

Amonio: Como NH3 no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL.

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

ANEXO 4

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los análisis que se realizaron en laboratorio para este estudio fueron los siguientes:

- Análisis de parámetros fisicoquímicos y metales totales de dos muestras de agua
- Análisis de tres sedimentos
- Remoción de iones metálicos y sólidos suspendidos
- Ensayo de densidad mínima ASTM D-4254



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA Y METALURGICA
INSTITUTO DE MINERIA Y MEDIO AMBIENTE

EVALUACIÓN DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL RÍO BOCA CABANA

ATENCIÓN : MIGUEL SALVA

Procedencia de muestra : Río Bocacabana - Ancash

1.- MUESTRAS EVALUADAS

Muestra	Procedencia
De agua	Río Bocacabana en la zona del dique
De agua	Canal de drenajes donde confluyen los efluentes de algunas minas abandonadas
De sedimento	Sedimento grueso del río en la zona del dique
De sedimento	Sedimento fino del río en la zona del dique
De sedimento	Sedimento del canal de drenajes donde confluyen los efluentes de algunas minas abandonadas

2.- RESULTADO DEL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES TOTALES DE DOS MUESTRAS DE AGUA

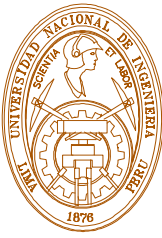
Parámetros	Río Boca Cabana	Canal de Drenajes
pH	5,1	7.9
Conductividad (mS)	1,94	1,095
Potencial redox (mV)	254	156
Turbidez (NTU)	2700	525
Sulfatos (mg/L)	172,43	164,87
Cu (mg/L)	0,325	0,026
Pb (mg/L)	0,396	0,12
Zn (mg/L)	0,814	0,059
Fe (mg/L)	702,8	----
Mn (mg/L)	5,51	----
Cd (mg/L)	0,002	0,059
As (mg/L)	6,12	0,0086
Hg (mg/L)	0,001	----

3.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE TRES MUESTRAS DE SEDIMENTO

Parámetros	Sedimento grueso de río	Sedimento fino de río	Sedimento del canal de drenajes
Cu (ppm)	20	29	28
Pb (ppm)	50	12	50
Zn (ppm)	23	105	163
Cd (ppm)	6	5	5
As (ppm)	25	65	38

Lima, 10 de Febrero del 2012

MSc. Atilio Mendoza Apolaya
 Director del Instituto de Minería y Medio Ambiente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA Y METALURGICA
INSTITUTO DE MINERIA Y MEDIO AMBIENTE

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE MUESTRA DE AGUA
PROCEDENTE DE RÍO BOCACABANA

ATENCIÓN : MIGUEL SALVA

Procedencia de muestra : Río Bocacabana - Ancash

1.- MUESTRAS EVALUADA

Muestra	Procedencia
De agua	Río Bocacabana 1 Km aguas debajo de dique

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 386
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

2.- CARACTERIZACIÓN DE INICIAL DE MUESTRA DE AGUA

Parámetros	Río Boca Cabana
pH	5,1
Conductividad (mS)	1,94
Potencial redox (mV)	254
Turbidez (NTU)	2700
Sulfatos (mg/L)	172,43
Cu (mg/L)	0,325
Pb (mg/L)	0,396
Zn (mg/L)	0,814
Fe (mg/L)	702,8
Mn (mg/L)	5,51
Cd (mg/L)	0,002
As (mg/L)	6,12
Hg (mg/L)	0,001

MUESTRA DE AGUA INICIAL DEL RÍO BOCA CABANA



Muestra de agua inicial con abundante sólidos suspendidos

3.- REMOCIÓN DE METALES CON CAL

Principio del proceso: El proceso consiste en una neutralización con adición de cal hasta un pH entre 7,5 – 8,0 en agitación, seguido de una adición de floculante con agitación y separación del lodo por sedimentación.

SOLUCIÓN BARREN TRATADA



Después del tratamiento y sedimentación podemos observar agua transparente y lodo en la parte inferior

DOSIFICACIÓN

1.- Consumo de 0,4 gramos de cal / Litro de agua

= 400 gramos Cal / m³ de agua a tratar

2.- Floculante Magnafloc al 0,05% W/V :

= 0,5 ml de Floculante/ Litro de agua

= 500 ml de floculante / m³ de agua

2.- CARACTERIZACIÓN DE AGUA TRATADA

Parámetros	
pH	7,5
Conductividad (mS)	1,2
Potencial redox(mV)	164
Cu (mg/L)	0,001
Pb (mg/L)	0,010
Zn (mg/L)	0,013
Fe (mg/L)	0,001
Mn (mg/L)	0,001
Cd (mg/L)	0,001
As (mg/L)	0,001
Hg (mg/L)	0,0001
Lodo	10% del volumen inicial de solución de agua

La solución tratada muestra una remoción total de los metales del agua río Boca Cabana.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL LODO DE TRATAMIENTO

Muestra	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
Lodo de tratamiento	7,2	0,02	4,37	0,62	3,75	7,05

El lodo muestra un comportamiento incierto en la generación de drenaje ácido.

Lima, 10 de Febrero del 2012

MSc. Atilio Mendoza Apolaya
Director del Instituto de Minería y Medio Ambiente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S11-085

SOLICITADO : ING. ANTONIO SALVA PANDO
UBICACIÓN : PALLASCA ANCASH - RIO BOCA CABANA
FECHA : 09 DE FEBRERO DEL 2011

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA ASTM D-4254

Profundidad : 0.50 cm.

Densidad Minima : 1.43 gr/cm³

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Téc. Poul Huambo

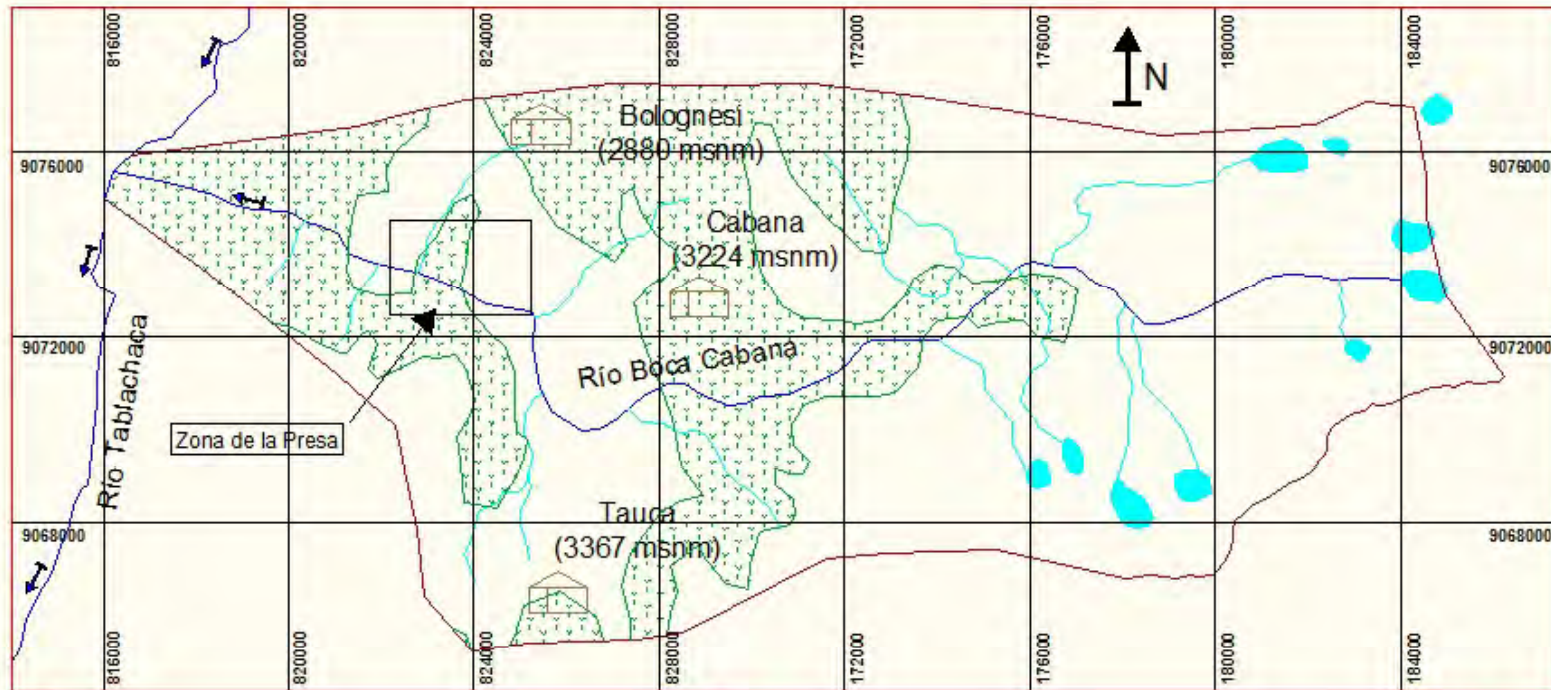


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO 5

PLANOS

- Plano N° 1: Poblaciones y zonas de Vida
- Plano N° 2: Plano geológico
- Plano N° 3: Plano metalogénico
- Plano N° 4: Hidrografía de la cuenca
- Plano N° 5: Estaciones de monitoreo
- Plano N° 6: Plano topográfico del área del dique
- Plano N° 7: Sección transversal y longitudinal del área del dique



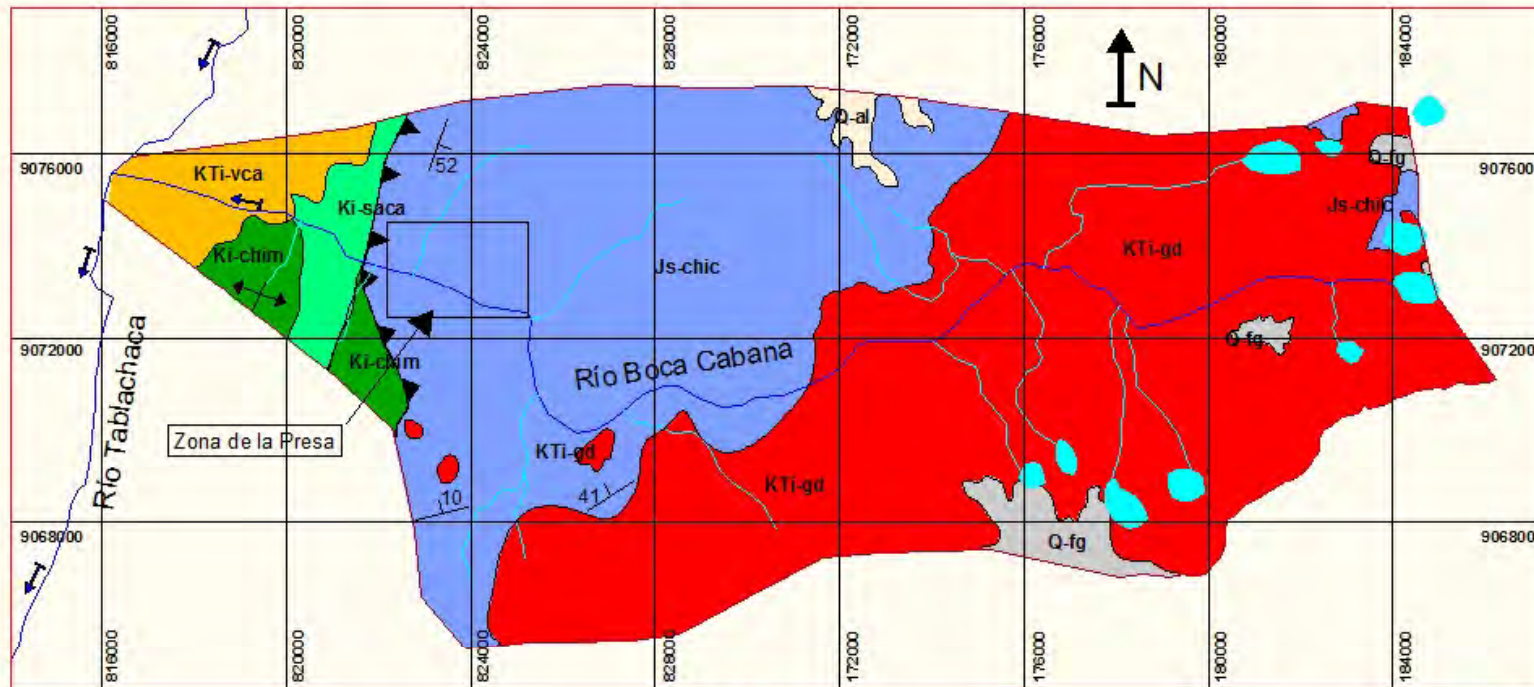
Sistema (Quesada)
WGS 84-Zona17 S

PLANTA
Escala: 1/100000

Sistema (Quesada)
WGS 84-Zona18 S

LEYENDA	
	Dirección de flujo
	Laguna
	Límite de la Cuenca
	Río Principal
	Afluente
	Comunidad
	Zona Agrícola y Ganadera

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		
CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) POBLACIONES Y ZONAS DE VIDA		
ESCALA: 1/100000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO N° 1



Sistema (Oeste)
WGS 84—Zona17 S

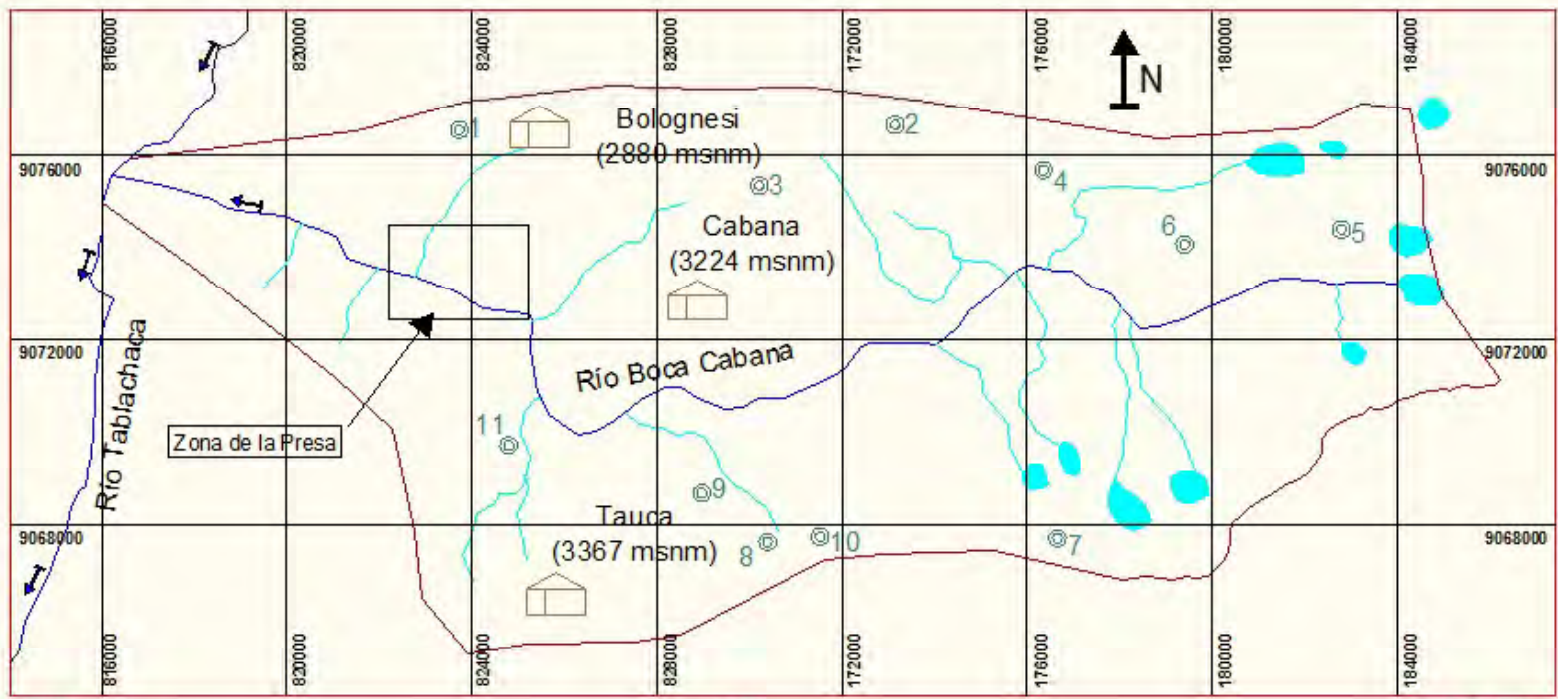
PLANTA
Escala: 1/100000

Sistema (Este)
WGS 84—Zona18 S

LEYENDA	
	Laguna
	Límite de la Cuenca
	Río Principal
	Afluente
	Dirección de flujo
	Lineamiento
	Rumbo y Buzamiento
	Falla Inversa
	Pliegue Antidinal

era	Sistema	Serie	Unidad	Simbología
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Dep. Aluviales	Q-al
			Dep. Fluvio-glaciares	Q-fg
		Pleistoceno	Dep. Colapay	KI-vca
Mesozoico	Cretácico	Superior	Afloramiento de Gneodonta	KI-saca
			Im. Carhuaz	KI-chim
		Medio Inferior	Im. Sate	Js-chic
		Im. Chimo	KTI-gd	
Jurásico	Superior	Dep. Chocoma	Q-fg	
			Js-chic	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) PLANO GEOLÓGICO		
ESCALA: 1/100000	DIBUJADO: ING. MIGUELA. SALVÁ BERENZ	PLANO Nº 2



Sistema (Utm)
WGS 84-Zona17 S

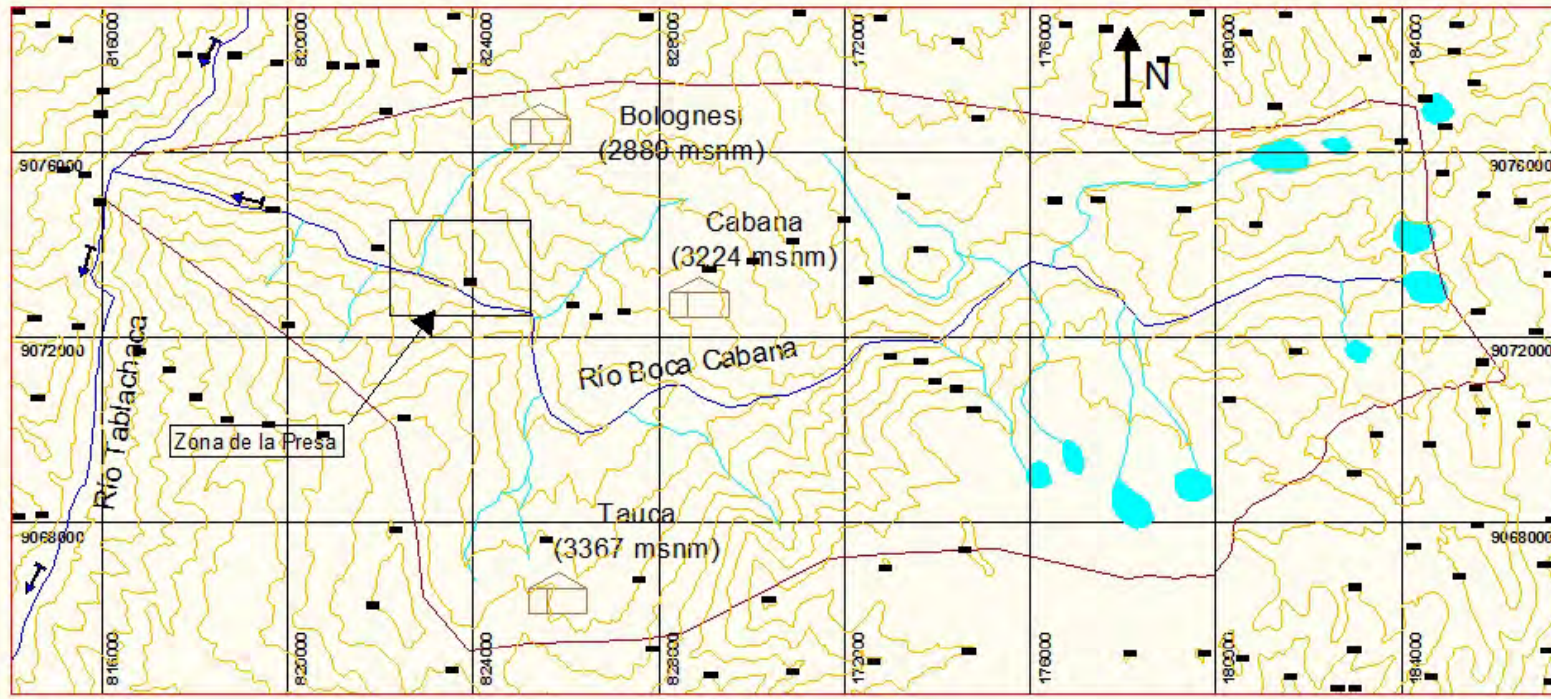
PLANTA
Escala: 1/100000

Sistema (Utm)
WGS 84-Zona18 S

LEYENDA	
	Dirección de flujo
	Laguna
	Límite de la Cuenca
	Río Principal
	Afluente
	Comunidad
	Mina

UNIDADES MINERAS (ABANDONADAS) UBICADAS EN LA CUENCA			
①	Mina Ogopito	⑦	Mina Joya
②	Mina Santísima Cruz de Pedro Uraca	⑧	Mina Carolina
③	Mina Huamayara	⑨	Mina Montecristo
④	Mina Sucra	⑩	Mina Rosa
⑤	Mina Beatriz	⑪	Depósito Río Negro
⑥	Mina La Verde		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) PLANO METALOGÉNICO		
ESCALA: 1/100000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO N° 3



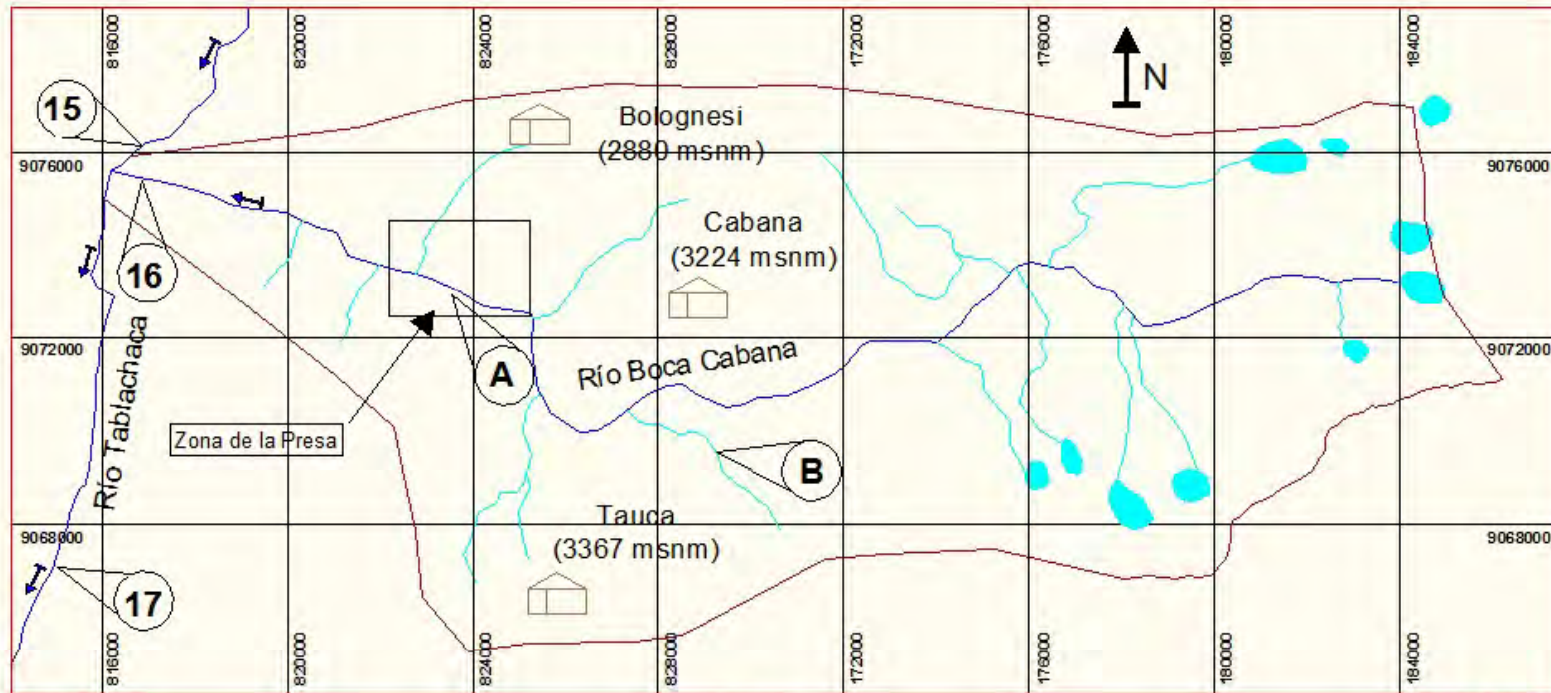
Sistema (Oeste)
 WGS 84-Zona17 S

PLANTA
 Escala: 1/100000

Sistema (Este)
 WGS 84-Zona18 S

LEYENDA	
	Dirección de flujo
	Laguna
	Límite de la Cuenca
	Río Principal
	Afluente
	Curva de Nivel
	Comunidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA		
ESCALA: 1/100000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO N° 4



Sistema (Oeste)
WGS 84-Zona17 S

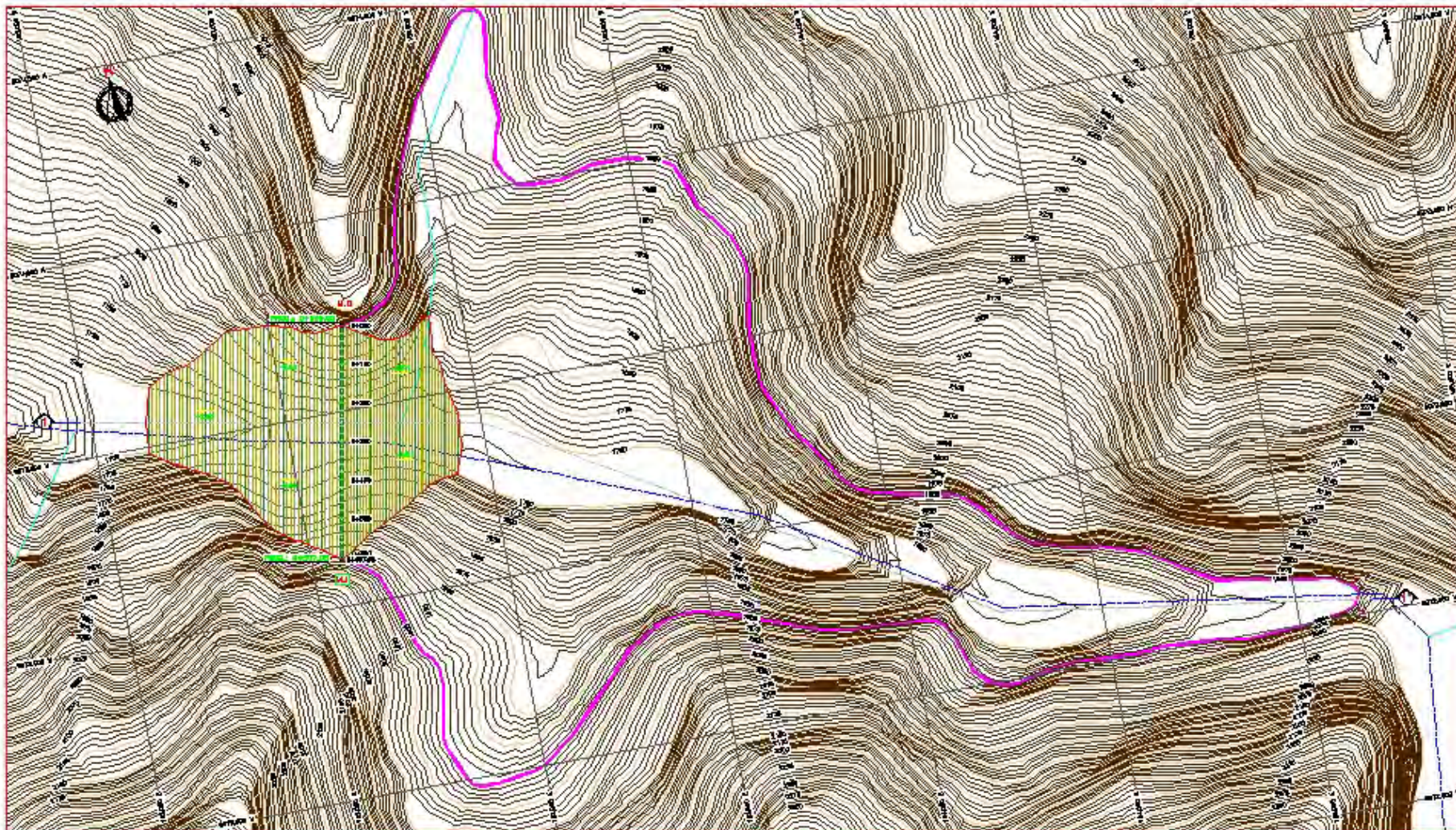
PLANTA
Escala: 1/100000

Sistema (Este)
WGS 84-Zona18 S

LEYENDA	
	Dirección de flujo
	Estación de Monitoreo
	Laguna
	Límite de la Cuenca
	Río Principal
	A fuente
	Comunidad

DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	
	En el río Tablachaca, antes de la desembocadura del río Boca Cabana
	En el río Boca Cabana
	En el río Tablachaca, después de la desembocadura del río Boca Cabana
	En el río Boca Cabana en la zona de la presa
	En un canal de drenajes procedente de la zona donde hubo actividad minera

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		
CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) ESTACIONES DE MONITOREO		
ESCALA: 1/100000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO Nº 5



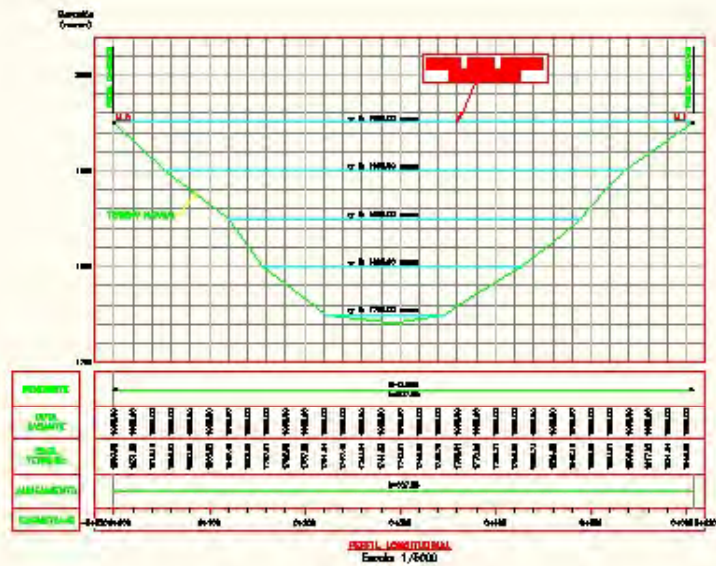
PLANTA
Escala: 1/10000

Siemens
WGS 84 - Zona 18 S

LEYENDA

- Contorno del Dique
- Contorno de la Presa
- Eje del Dique
- Río Principal
- Afluente
- Curva Mayor
- Curva Menor
- Sección 1-1'

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		
CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH) PLANO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DEL DIQUE		
ESCALA: 1 / 10000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO Nº 8



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		
CUENCA DEL RÍO BOCA CABANA (ANCASH)		
SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL DEL ÁREA DEL DIQUE		
ESCALA: 1/10000-1/5000	DIBUJADO: ING. MIGUEL A. SALVÁ BERENZ	PLANO N° 7