



Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

Monitoreo Laguna Batuco

PROYECTO

**Reconversión Tecnológica Planta de
Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada
Región Metropolitana**


Marzo de 2015

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Objetivo.....	2
3.	Alcance	2
4.	Aproximación metodológica	2
4.1	Equipo de trabajo	2
4.2	Organización y procedimientos	2
5.	Diseño de Monitoreo Sedimentos, Algas y Plantas	2
5.1	Ubicación	2
5.2	Caracterización del punto A1	3
5.3	Frecuencia de los Muestreos	5
5.4	Contaminantes (Parámetros)	7
5.4.1	Análisis de contaminantes en sedimentos.....	8
	Generalidades.....	8
	Muestreo de sedimentos.....	9
	Recomendaciones en el muestreo de sedimentos en aguas superficiales	10
	Consideraciones en relación a la concentración de metales en sedimentos	11
5.4.2	Análisis de contaminantes en algas	11
	Generalidades.....	11
	Muestreo de algas.....	13
	Consideraciones en relación a la concentración de metales en algas.....	15
5.4.3	Análisis de contaminantes en macrófitas.....	15
	Generalidades.....	15
	Muestreo de macrófitas.....	17
	Consideraciones en relación a la concentración de metales en macrófitas	19
6.	Conclusiones	20
7.	Bibliografía	21
8.	Anexos.....	23
8.1	Anexo 1 Tabla 3 D.S. N°90 de 2000	23
8.2	Anexo 2 Laboratorios acreditados INN	24
8.3	Anexo 3 Ficha de registro de muestreo	24

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembicorp
EJECUTA		CLIENTE

ÍNDICE DE FIGURAS


Figura 1: Punto de monitoreo en cruce Av. Italia y estero sin nombre	3
Figura 2: Punto A1 en época estival orientación Este	3
Figura 3: Punto A1 en época estival orientación Oeste	4
Figura 4: Panorámica punto A1 orientación Sur-Este	4
Figura 5: Ubicación del lago artificial aportante al humedal laguna Batuco:	5
Figura 6: Muestreo de sedimentos en arroyo	9
Figura 7: Modelos de distribución de los puntos de muestreo	10
Figura 8: Comunidad de fitoplancton.....	12
Figura 9: Gomphonema sp.	13
Figura 10: Red de fitoplancton de 65 µm de poro con botella.....	14
Figura 11: Equipos de muestreo de fitoplancton	14
Figura 12: Aumento explosivo de macrófitas producto de la eutroficación.....	16
Figura 13: Formas de vida de macrófitas	16
Figura 14: Muestra de herbario de <i>Ludwigia peploides</i>	18
Figura 15: <i>Ludwigia peploides in situ</i> punto A1	18
Figura 16: Muestra de herbario de <i>Galega officinalis</i>	19
Figura 17: <i>Galega officinalis in situ</i> punto A1	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Recarga del humedal laguna Batuco desde el lago artificial	6
Cuadro 2: División de productores primarios, fitoplancton y algunas de sus especies asociadas.	12
Cuadro 3: Resumen Tabla 3 D.S. N°90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia	23
Cuadro 4: Laboratorios acreditados INN	24
Cuadro 5: Ficha de registro de muestreo	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relación de caudales y recargas entre lago artificial y HLB	6
Gráfico 2: Evaporación y evapotranspiración	7

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

1. Introducción


El presente informe técnico corresponde a lo comprometido en el “Diseño del monitoreo de sedimentos, algas y plantas humedal laguna Batuco”, como parte del proyecto de reconversión tecnológica de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) La Cadellada (en adelante el proyecto). De esta forma se podrá registrar la información de la calidad de las aguas superficiales que se descargan desde el efluente de la PTAS perteneciente a Aguas Chacabuco S.A. hacia el humedal a través del estero sin nombre.

El proyecto se encuentra calificado ambientalmente favorable mediante la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) número 135 de fecha 23 de marzo de 2012, la cual en su considerando 10, indica que el Titular del proyecto deberá implementar un Plan de Seguimiento, detallando lo siguiente:

“Conforme a lo señalado por la Secretaría Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana, a través de su Ord. N° 1132, de fecha 01 de diciembre de 2011, se deberá incorporar el monitoreo de los siguientes parámetros en la Laguna de Batuco: Níquel, Arsénico, Cobre, Zinc, Hierro Disuelto, Manganeso y Cadmio. El monitoreo de dichos parámetros deberá realizarse en el punto A1 (en el cruce del estero con la Avenida Italia), en sus sedimentos, algas y plantas, con una frecuencia de 2 veces al año (invierno y verano), y de acuerdo a un diseño de muestreo que presente el titular, previo al inicio de la fase de construcción, ante dicha Secretaría, para su revisión y aprobación”.

El lugar del monitoreo señalado como punto A1, descrito por Mellado (2008), se ubica en el cruce del estero sin nombre con Avenida Italia, sector de Batuco, comuna de Lampa, región Metropolitana. El material de análisis en el monitoreo corresponde a sedimento, algas y plantas presentes en dicho punto.

En relación a la normativa vigente, el D.S. N°90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Este decreto caracteriza los Residuos Industriales Líquidos (RILes) y determina la composición física, química y bacteriológica de los efluentes residuales generados en un determinado proceso productivo. Para el caso de la PTAS, su influencia sobre el ecosistema del humedal laguna Batuco (HLB), ubicado aguas abajo de la PTAS, se estableció que la calidad del efluente se controlará bianualmente y se contrastará con lo establecido en la tabla 3 del citado decreto. Cuadro 3, Anexo 1.

<p>Oscar Fernández P.</p>	<p>DISEÑO MUESTREO</p> <p>SEMBICORP AGUAS</p> <p>CHACABUCO S.A.</p>	 <p>sembicorp</p>
<p>EJECUTA</p>		<p>CLIENTE</p>

2. Objetivo

Controlar la calidad del efluente descargado al estero sin nombre en el punto A1, a través de medición bianual para los contaminantes níquel, arsénico, cobre, zinc, hierro disuelto, manganeso y cadmio, sumado al abatimiento de fósforo y nitrógeno total.

3. Alcance

El monitoreo se llevará a cabo durante la etapa de construcción del proyecto de Reconversión Tecnológica Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada y durante la etapa de operación de dicho proyecto.

4. Aproximación metodológica

Para realizar el estudio se consideró las metodologías establecidas por normativas y protocolos nacionales e internacionales, realizando una revisión de diversas publicaciones científicas y memorias de título relativas al estudio de trazas de metales en sedimentos, algas y plantas, así como información pertinente al Estudio de Impacto Ambiental del proyecto. De esta forma, se procedió a establecer la justificación de las fechas de muestreo, así como proponer la metodología de colecta de sedimentos y de especies biológicas a coleccionar.

4.1 Equipo de trabajo

Oscar Fernández
Francisco Riquelme
Catherine Jiménez


4.2 Organización y procedimientos

El estudio contó con el intenso apoyo de personal de Sembicorp Chile, tanto en las actividades de terreno, como de las oficinas corporativas, en lo que se refiere a la recopilación de la información.

5. Diseño de Monitoreo Sedimentos, Algas y Plantas

5.1 Ubicación

La ubicación del monitoreo se realizará en el punto A1, cruce Avenida Italia con estero sin nombre como se muestra en la Figura 1.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

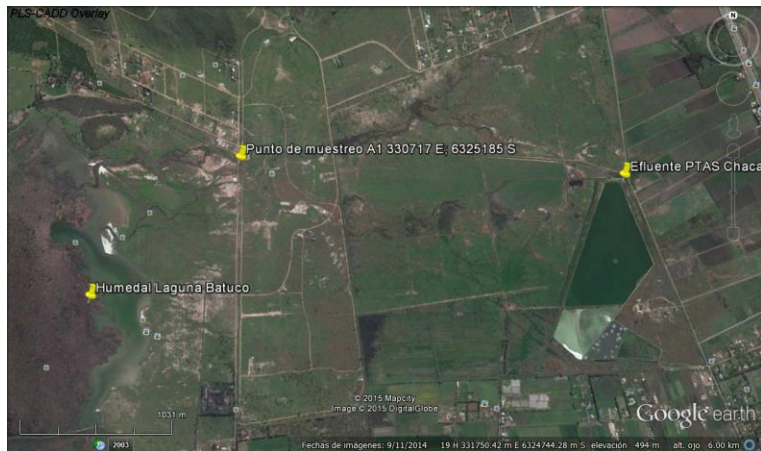


Figura 1: Punto de monitoreo en cruce Av. Italia y estero sin nombre

5.2 Caracterización del punto A1

Este lugar corresponde a un camino de tierra, como se muestra en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4



Figura 2: Punto A1 en época estival orientación Este


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembicorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 3: Punto A1 en época estival orientación Oeste




Figura 4: Panorámica punto A1 orientación Sur-Este

El cauce del estero sin nombre en el punto A1 presenta un ancho mojado de 4,2 m y una profundidad aproximada de 20 cm. Como se observa en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4, la presencia de cercos permite muestrear en un área acotada en las cercanías del camino.

Se aprecia además, que dado lo abierto del lugar y su lejanía al efluente de la PTAS (2.800 metros aproximadamente siguiendo el cauce del estero sin nombre) puede haber posibles alteraciones ambientales, sobre las cuales Sembicorp no puede ejercer vigilancia.

Como observaciones puntuales, los días 3 y 18 de febrero, se recogieron muestras de macrófitas y plantas asociadas al cauce de las cuales destaca la presencia de *Ludwigia peploides*, *Galega officinalis*, *Chenopodium glaucum*, *Distichlis spicata*, *Hypochaeris* sp., predominando la presencia de cardos muertos. Además, se constató la presencia de ganado alimentándose y perturbando las zonas aledañas al lugar de muestreo.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

5.3 Frecuencia de los Muestreos

El control de la calidad del efluente descargado en el estero sin nombre, aportante del HLB, se realizará por medición bianual. Para establecer las fechas de estos muestreos, se usó información presente en el estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Reconversión tecnológica de la PTAS, en el cual se realizó una estimación del aumento progresivo del caudal de las aguas tratadas en la PTAS por parte de CPH consultores (2010). Siguiendo este estudio, la nueva descarga proyectada, contempla el aporte directo de las aguas tratadas hacia el HLB, eliminando el coeficiente de pérdida por el trayecto de las aguas.

De las aguas que salen de la PTAS se considera un caudal aproximado de 20 l/s que van a alimentar un pequeño lago artificial aportante al HLB, Figura 5.




Figura 5: Ubicación del lago artificial aportante al humedal laguna Batuco:

Fuente: CPH consultores 2010

En la relación existente entre la recarga del HLB desde el lago artificial, a través del análisis del Cuadro 1, y del Gráfico 1 y Gráfico 2 se observa lo siguiente:

- 1) El menor caudal descargado al lago artificial en época estival se registra en enero y el mayor en época de invierno en los meses junio y julio.
- 2) La recarga desde el lago artificial al HLB sin pérdida de transporte (l/s) es mínima en enero y máxima entre los meses de mayo a julio.
- 3) La recarga efectiva desde el lago artificial al lago de Batuco con un 20% menos de caudal por transporte (l/s) es mínima en enero y febrero y máxima entre mayo y julio.
- 4) La evaporación registrada es máxima en enero y mínima en los meses de junio y julio.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

5) La evapotranspiración fue máxima entre enero a abril y septiembre a diciembre.

Cuadro 1: Recarga del humedal laguna Batuco desde el lago artificial

mes		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	Caudal descargado al lago artificial (l/s)	18	19	18	16	21	21	21	20	21	22	22	21
2	Recarga desde el lago artificial al HLB sin pérdida de transporte (l/s)	12	13	14	13	20	20	20	19	19	19	18	15
3	Recarga efectiva desde el lago artificial HLB con un 20% menos de caudal por transporte (l/s)	10	10	12	11	16	16	16	15	15	15	14	12
4	Evaporación (l/s)	5	4	3	2	1	0	0	1	1	2	3	4
5	Evapotranspiración (l/s)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

Fuente: modificado de CPH consultores 2010

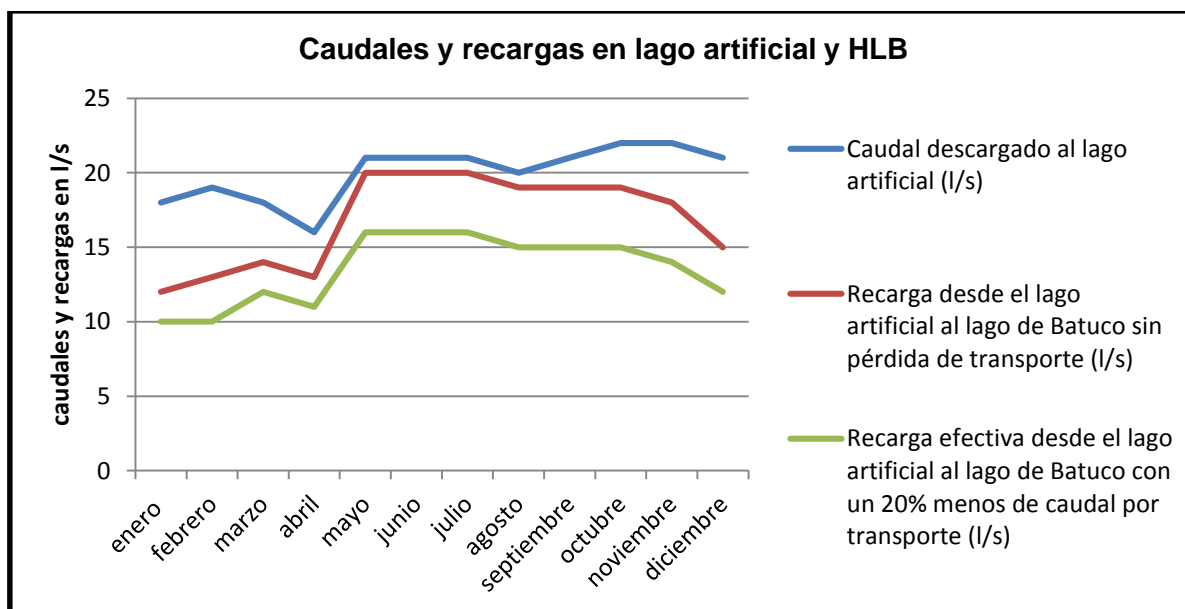



Gráfico 1: Relación de caudales y recargas entre lago artificial y HLB

Fuente: Basado en datos de CPH (2010)

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembicorp
EJECUTA		CLIENTE

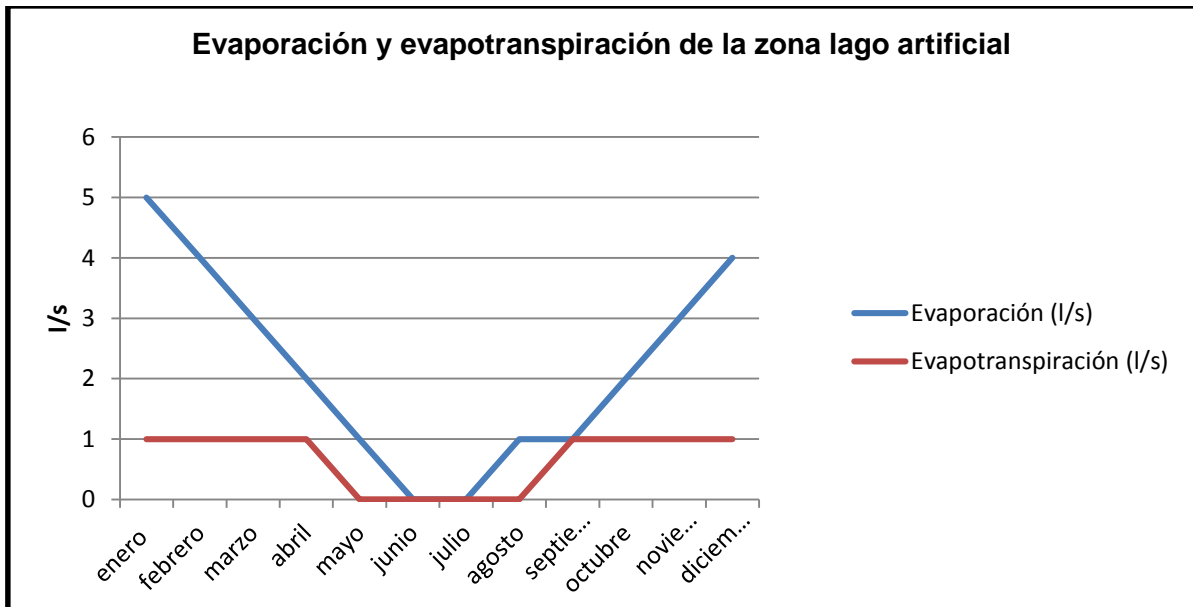


Gráfico 2: Evaporación y evapotranspiración

Fuente: Basado en datos de CPH (2010)


Basado en lo anterior, se desprende que los meses representativos para realizar las actividades de monitoreo, corresponden a enero y julio para las temporadas de aguas altas y bajas respectivamente. Como los análisis mensuales son promedios, se aconseja realizar los muestreos las segundas semanas de enero y julio.

5.4 Contaminantes (Parámetros)

Los contaminantes a medir en el punto A1, corresponden a níquel, arsénico, cobre, zinc, hierro disuelto, manganeso y cadmio. La normativa con la que se compararán los resultados se encuentra en la tabla 3 del D.S. N°90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Se destaca que se cumplirá con lo establecido en la tabla 3 del D.S N°90 (Cuadro 3, Anexo 1) para nitrógeno total y fosfato. Siguiendo a Dussart, en Bahamonde y Cabrera 1984, la importancia de monitorear estos últimos elementos, radica en su potencial de indicación de la productividad del agua sobre su capacidad de reciclaje de la materia orgánica. Además, el aumento en la concentración de estos se relaciona directamente con los procesos de eutroficación en los cuerpos de agua lénticos.

En relación al nitrógeno total Kjeldahl (TKN), este se entiende como la suma de amonio, amoníaco y nitrógeno orgánico. Refleja la cantidad total de nitrógeno en el agua, suma del

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

nitrógeno orgánico en sus diversas formas tales como proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminos, etc. y el ion amonio NH_4^+ .

5.4.1 Análisis de contaminantes en sedimentos

Generalidades

En estricto rigor los sedimentos son las partículas no consolidadas creadas por la meteorización y la erosión de las rocas, por precipitación química de las soluciones acuosas o por secreciones de organismos, transportadas por el agua o el viento (Tarbuck, 1999 en Castro, 2007).

Siguiendo a Castro (2007), se entiende por sedimentos a aquella materia orgánica y/o mineral situada bajo una capa líquida, la cual puede encontrarse tanto en medios lénticos (embalses, lagos, tranques) y lóticos (ríos, arroyos, canales). Las muestras de sedimentos pueden ser recogidas mediante diversos métodos y equipos, en función de la profundidad de la capa líquida, dependiendo de si la fracción de sedimento requerida es superficial o subsuperficial, la alteración de la muestra, los contaminantes presentes y el tipo de sedimento.

Relacionado a la toma de muestras, almacenamiento y preservación de sedimento, la técnica puede variar según las facilidades con que cuente el laboratorio. Se puede coleccionar con conos plásticos para transferirse luego a bolsas de polietileno convenientemente rotuladas (Instituto de investigaciones marinas y costeras. 2002), o se pueden usar otras herramientas como palas o dragas.

En el caso de usar dragas, idealmente la muestra debe coleccionarse usando elementos plásticos para recoger lo capturado desde la parte central de la draga, con la finalidad de evitar el contacto con las paredes de metal. Las muestras se deben transportar al laboratorio bajo refrigeración. En la Figura 6 se muestra la forma de obtención de sedimentos en un arroyo utilizando draga.


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 6: Muestreo de sedimentos en arroyo


Fuente: <http://www.scoutsdelaciencia.org/blog/campana-arroyos-tandilenses/primeros-servicios-al-proyecto-ambiental-en-arroyos-tandilenses/>

Muestreo de sedimentos

Para la obtención de la muestra, se debe considerar que los sedimentos pueden encontrarse como material en suspensión o depositado. Si está en suspensión, el muestreo se puede efectuar con una botella sumergida con agua sin filtrar, y si está depositado, su muestreo se puede realizar con palas, cucharas y dragas, dependiendo de las condiciones del sitio de muestreo.

En el caso de aguas en movimiento como arroyos o ríos, es recomendable tomar muestras compuestas de sedimentos, recolectando a lo largo y ancho de la sección del cuerpo de agua, con especial interés en los puntos con baja velocidad de circulación donde pueda producirse sedimentación de partículas. El procedimiento de muestras compuestas es similar al de suelos, la profundidad media deberá ser determinada por excavación en terreno y no deberá ser mayor a 30 centímetros de profundidad.

La distribución de la obtención de los sedimentos, puede realizarse a través de muestras compuestas, las que sumarán un mínimo de 500 gr de sedimento. Para tener una muestra representativa, se propone el uso de distribuciones en grilla al azar, sistemática al azar o sistemática distribuida sobre un área representativa del punto de muestreo. Considerando el ancho mojado del punto A1, se puede generar una grilla de 4 * 4 metros sobre la cual se puede obtener una muestra compuesta según se propone en la Figura 7.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

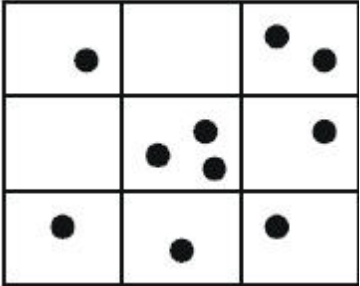
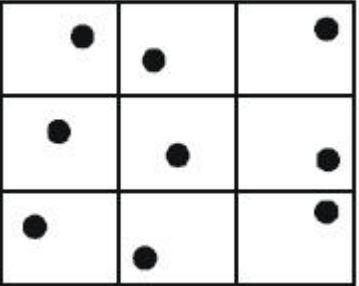
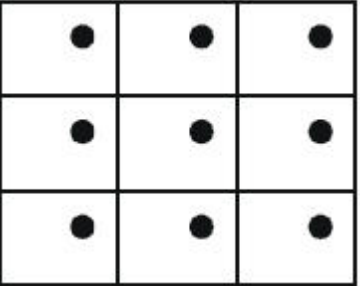

		
Azar	Sistemática al azar	Sistemática

Figura 7: Modelos de distribución de los puntos de muestreo

Recomendaciones en el muestreo de sedimentos en aguas superficiales

Respecto a la toma de muestras en aguas superficiales es importante considerar lo siguiente:

- Las tomas de muestras deben extraerse de una zona donde el flujo sea representativo de las características direccionales y de velocidad de la corriente a muestrear.
- Se debe enjuagar el recipiente con agua del cauce 1 a 2 veces antes de la toma de muestras definitiva.
- Para evitar turbulencias y mezclar el agua con los sedimentos, los equipos de muestreo deben descenderse lentamente bajo la superficie del agua, esto además minimiza la turbiedad de la muestra.
- La muestra debe depositarse en el recipiente reduciendo toda agitación que pudiera producir la pérdida de compuestos volátiles o gases disueltos y evitar la formación de burbujas de aire que pudieran mantenerse adheridas a las paredes del recipiente.
- El volumen aconsejado de muestreo es de 1.000 centímetros cúbicos, como norma general los envases se llenarán hasta el borde, procurando no dejar aire entre el agua y el cierre del recipiente de muestreo.
- En la toma de muestras de aguas superficiales, debe evitar la extracción de muestras en los márgenes, ya sea de ríos o lagunas, pues pueden no ser representativas de toda la lámina de agua.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	
EJECUTA		CLIENTE

Consideraciones en relación a la concentración de metales en sedimentos

Quiroz (1998), encontró concentraciones de Pb en sedimento con valores de hasta 12,3 mg/kg y en agua de hasta 16 µg/l en la estación de muestreo de Pucón.

Figuroa (2004), en su trabajo señala que existe variación temporal de los metales traza analizados, así como para los diferentes elementos, encontrándose que en los muestreos de verano sus concentraciones son más altas. Esto es observable tanto en sedimentos como en la flora analizada.

Dada la relación entre los metales traza y los sedimentos, estos últimos pueden usarse como registro de la evolución histórica de la contaminación de un sistema dado, ya que los sedimentos reflejan las condiciones químicas de las masas de agua sobre ellos (Ryan y Windom, 1988).

Independiente a la forma de muestreo, el laboratorio se basará en lo establecido en la Norma Chilena Oficial 2313 Of.97 para determinación de metales por espectroscopía de emisión de plasma – Método de plasma acoplado inductivamente indicado como I.C.P.

5.4.2 Análisis de contaminantes en algas

Generalidades

En los ecosistemas acuáticos continentales, los productores primarios¹, son principalmente algas azules y verdes y diatomeas (Reino Protista), los que en su conjunto conforman el fitoplancton (Figura 8). En el Cuadro 2 se señalan algunos de los representantes de cada división.

¹ Aquellos organismos que transforman la energía solar en energía química para el desarrollo de la vida.


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 8: Comunidad de fitoplancton

Cuadro 2: División de productores primarios, fitoplancton y algunas de sus especies asociadas.

División	Especie
Bacillariophyta	<i>Achnantes sp.</i>
	<i>Aulacosira sp.</i>
	<i>Fragilaria sp.</i>
Chlorophyta	<i>Spirogyra sp.</i>
	<i>Ulothrix sp.</i>
	<i>Closterium sp.</i>
Cyanophyta	<i>Lyngbia sp.</i>
	<i>Microcoleus sp.</i>
	<i>Zygnema sp.</i>

Para Díaz (en CONAMA, 2008), las diatomeas (Figura 9: Gomphonema sp. Figura 9) son un grupo diverso, cuyas especies están adaptadas a distintos tipos de ambientes y con requerimientos biológicos restringidos, según la especie. Esto sirve para asociarlas en comunidades adaptadas a diversas condiciones físico-químicas presentes en las aguas continentales, pudiendo hacerse distinguo entre comunidades marinas, continentales de ríos y arroyos, lagos, salares y separar comunidades planctónicas de bentónicas.


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 9: Gomphonema sp.

Imagen: Licursi y Gómez


Las microalgas, habitantes de los medios acuáticos, son capaces de indicar la calidad del agua donde éstas se desarrollan, gracias a su sensibilidad a los cambios en el medio en que viven, por lo tanto, se convierten en un referente del estado ecológico de cualquier sistema acuático.

El uso de las diatomeas como bioindicadores de la calidad del agua se sustenta en las siguientes ventajas:

- Se encuentran presentes en prácticamente todos los ecosistemas acuáticos;
- Su muestreo resulta relativamente rápido y fácil;
- Son sensibles a los cambios en la calidad del agua;
- Sus ciclos de vida son rápidos, siendo capaces de colonizar sustratos y reaccionar en un breve periodo de tiempo a las perturbaciones ambientales;

Muestreo de algas

Para la colecta del fitoplancton, se usarán redes de 45 a 500 μm de poro para obtener concentraciones de células adecuadas como se ejemplifica en la Figura 10 y Figura 11. Para su conservación y traslado a laboratorio, siguiendo la metodología de la confederación hidrográfica del Ebro (2005), se sugiere usar botellas transparentes de color ámbar para proteger las muestras de la luz, las botellas deben tener tapas

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

herméticas y los preservantes establecidos por el laboratorio para transportar las muestras para su análisis.




Figura 10: Red de fitoplancton de 65 μ m de poro con botella



Figura 11: Equipos de muestreo de fitoplancton

Arandia (2012), propone filtrar un mínimo de 50 litros y concentrar las microalgas en vaso precipitado.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

El laboratorio responsable del muestreo se basará en lo establecido en la Norma Chilena Oficial 2313 Of.97 para determinación de metales por espectroscopía de emisión de plasma – Método de plasma acoplado inductivamente indicado como I.C.P.

Consideraciones en relación a la concentración de metales en algas

En cuanto a los productores primarios (fitobentos y fitoplancton), estos son capaces de caracterizar la calidad del agua, en una amplia escala de tiempo y espacio, siendo mejores que los factores químicos, dado que estos últimos, entregan una visión instantánea de la calidad, en los diferentes tramos del cauce. Diversos autores, han descrito la capacidad de estos organismos para acumular metales. A continuación se citan algunos de ellos.


Moreno (2002), ha realizado distintos experimentos sobre la capacidad de acumulación de cobre y zinc por parte de la microalga *Nannochloropsis gaditana* Lubián (Eustigmatophyceae). Donde las células libres acumularon prácticamente el 100% del Cu o Zn presentes en el medio, en las condiciones experimentales.

Licursi y Gómez (2013), estudiaron el comportamiento de diatomeas frente a diferentes concentraciones de cromo, demostrando su utilidad como bioindicadores de calidad de las aguas debido a su capacidad de asimilar este metal.

5.4.3 Análisis de contaminantes en macrófitas

Generalidades

Este grupo de plantas acuáticas, pertenecen al reino vegetal y por lo tanto no deben ser consideradas algas, aun cuando estén completamente sumergidas dentro del cuerpo de agua. Su reproducción se realiza a través de semillas y también de forma vegetativa por trozos de vástagos desprendidos. Estas plantas acuáticas, dependiendo de las condiciones del cuerpo de agua, pueden llegar a convertirse en malezas causando que se obstruyan canales y otras obras de regadío, pueden contaminar cultivos y generar problemas para el transporte fluvial y otras actividades (Vila, 2006). En los embalses y represas además contribuye a aumentar la tasa de evaporación y generan eutroficación como se muestra delineado con rojo en la Figura 12.

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembicorp
EJECUTA		CLIENTE

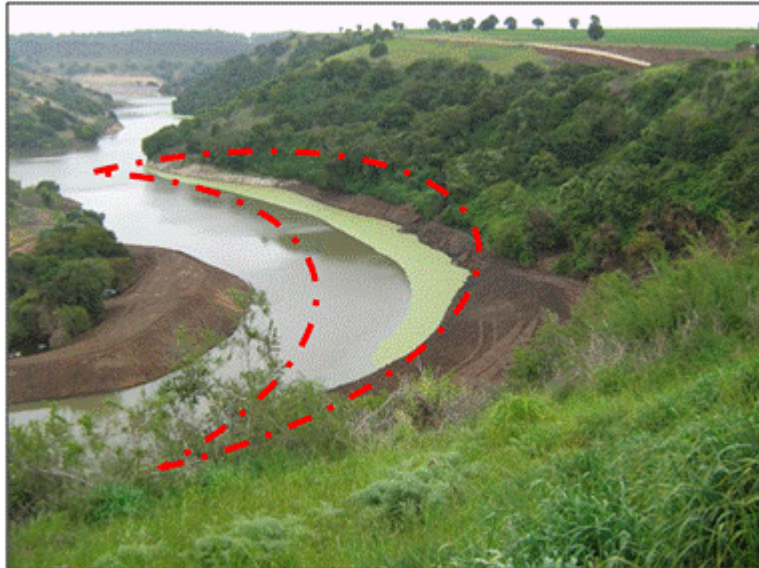


Figura 12: Aumento explosivo de macrófitas producto de la eutroficación

Dentro de la gama de formas de vida de las macrófitas (Figura 13), se encuentran las flotantes de superficie, las cuales no están adheridas al fondo del lecho y que migran a la deriva con la corriente embancándose en tramos asociadas a otras macrófitas, rocas u otro elemento emergido, las flotantes de media columna de agua que migran con la corriente, pero sin flotar superficialmente y las sumergidas que están arraigadas al fondo del lecho sin presentar partes aéreas.

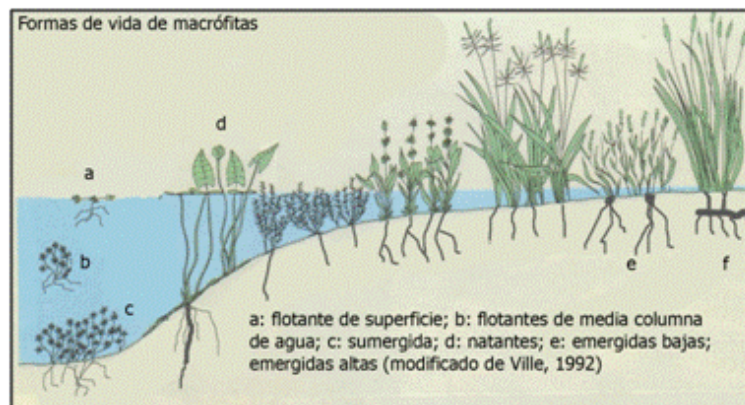



Figura 13: Formas de vida de macrófitas

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

Su principal rol lo constituye la producción primaria al igual que los fitobentos. Estos, además de contribuir a la cadena trófica, aportan oxígeno producto de la fotosíntesis, proporcionan refugio a otras especies y modifican el hábitat continuamente.

Las macrófitas pueden ser utilizadas como bioindicadores, debido a que presentan distintas reacciones y capacidad de adaptación dependiendo de las condiciones físico-químicas y otras variables abióticas de los cuerpos de agua en que se encuentren.

Muestreo de macrófitas

La colecta de macrófitas se puede realizar de manera manual, guardando las muestras en bolsas plásticas, anotando fecha, hora y forma de vida, y procurando establecer muestras en un herbario para la confirmación taxonómica de las especies. Para su traslado al laboratorio, se debe procurar que las muestras no se alteren y no se descompongan, por lo que el laboratorio debe asegurar la integridad de estas para evitar alterar los resultados del análisis químico.

Para determinar los elementos solicitados, se debe seguir la metodología propuesta por la Norma Chilena Oficial 2313 Of.97 para determinación de metales por espectroscopía de emisión de plasma – Método de plasma acoplado inductivamente indicado como I.C.P. o la metodología propuesta por TMECC, 2001.

Otro método corresponde a la prueba para el examen de compostaje y compost (TMECC). Este, proporciona protocolos detallados para la industria de compostaje que verifica la condición física, química, y biológica de la materia prima de compostaje, el material en proceso y de compost. Es por esto que se puede aplicar para el análisis químico en macrófitas.

TMECC es un manual de laboratorio de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y proporciona métodos de referencia para el análisis de compost para permitir la comparación de los resultados analíticos.

En relación a las especies a muestrear, dada su abundancia observable en el terreno del 18 de febrero de 2015 en el punto A1, se propone la colecta de *Ludwigia peploides* (Figura 14 y Figura 15) y *Galega officinalis* (Figura 16 y Figura 17)


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 14: Muestra de herbario de *Ludwigia peploides*



Figura 15: *Ludwigia peploides* in situ punto A1


Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE



Figura 16: Muestra de herbario de *Galega officinalis*

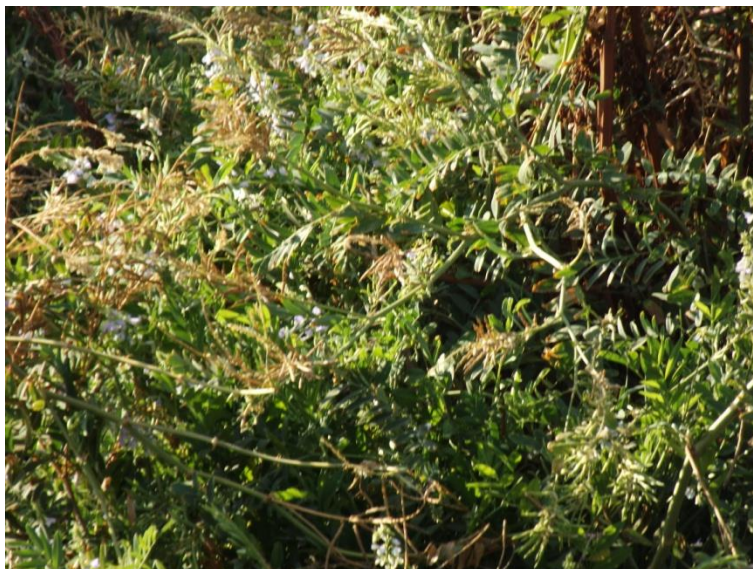



Figura 17: *Galega officinalis* in situ punto A1

Consideraciones en relación a la concentración de metales en macrófitas

Al igual que los sedimentos y microalgas, las macrófitas también tienen una alta capacidad de bioacumulación, la cual es descrita por los siguientes autores.

<p>Oscar Fernández P.</p>	<p>DISEÑO MUESTREO</p> <p>SEMBCORP AGUAS</p> <p>CHACABUCO S.A.</p>	 <p>sembcorp</p>
<p>EJECUTA</p>		<p>CLIENTE</p>

En el trabajo de Figueroa (2004), se relacionó la concentración de metales en sedimentos v/s *S. californicus* y se encontró que existe bioacumulación de Pb, Cu, Cr, Ni y As, por parte de la planta desde los sedimentos. Esto indicaría una potencial bioindicadora para contaminación con metales pesados.

Diversos autores citados por Figueroa (2004), proponen que las plantas acuáticas o macrófitas, tienen el potencial de extraer metales pesados desde el agua y sedimentos, a través del concepto de la fitorremediación, tales como *S. californicus*, *Eichornia crassipes*.

Herrero (2003), utilizando *Brassica napus* y *Helinthus annuus*, demostró que ambas plantas concentran de manera significativa Pb y Cd en las raíces más que en las porciones aéreas de estas plantas.


Según Contreras (2006), en su análisis de *S. californicus* demostró que existen diferencias en las concentraciones de metales entre las proporciones de la planta (tallo, rizoma, raíz), presentando las mayores concentraciones en la raíz y las menores en tallo. Esto se debe a la dinámica de absorción de la planta anclada en el sedimento. Además, se demostró que ya sea en menor o mayor proporción hubo acumulación de metales pesados, por lo que la autora considera que tanto el sedimento como *S. californicus* son buenos indicadores de contaminación.

Un factor importante de analizar es lo planteado por Everad y Denny, 1985, quienes encontraron que para plomo capturado por *Elodea canadensis*, otras angiospermas acuáticas y *Navícula sp.* (microalga), el 90% de este retorna al flujo de agua después de un tiempo, quedando solo un 10% unido irreversiblemente. Esto se puede explicar por el ciclo de vida de las plantas que van liberando su biomasa en forma de materia orgánica al sistema después de su descomposición. Este efecto, podría extrapolarse a otros contaminantes, ya que ellos también al haber sido bioacumulados, se liberarían al medio después de la muerte de las plantas.

6. Conclusiones

El punto de muestreo A1 presenta un fácil acceso a terceros y a su vez se encuentra lejano a las instalaciones de la PTAS lo que impide mantener un control estricto sobre el lugar para fines de mantenerlo como estación de control del efluente de Sembcorp.

En el punto A1 se encuentran sedimento, algas (microalgas) y plantas (macrofitas asociadas al aguas) utilizables para realizar los muestreos solicitados.

<p>Oscar Fernández P.</p>	<p>DISEÑO MUESTREO</p> <p>SEMBCORP AGUAS</p> <p>CHACABUCO S.A.</p>	 <p>sembcorp</p>
<p>EJECUTA</p>		<p>CLIENTE</p>

La revisión bibliográfica demuestra la capacidad de acumulación de metales en sedimentos de cuerpos de agua y de bioacumulación en organismos biológicos, por lo que existe la posibilidad de que al analizarlos, los resultados arrojados sobrepasen las exigencias de la Tabla 3 del D.S. 90.

Si bien existen sedimentos, algas, y plantas en el punto A1, se debe considerar que las concentraciones de metales pesados, nitrógeno y fósforo, pueden ser más altas en estos tres objetos de análisis que en la muestra directa de agua. Esto debido al efecto de sedimentación y principalmente de bioacumulación en la flora que utilizan entre otros al nitrógeno y fósforo como nutrientes.

Dado que el agua vertida desde el efluente al estero sin nombre recorre terrenos de uso agrícola antes de ser nuevamente analizada en el punto A1, es posible que los niveles de nitrógeno total y fósforo sean mayores en A1, ya que tanto nitrógeno como fósforo pertenecen a elementos que integran ciclos biogeoquímicos y además, son usados como fertilizantes en los agrocultivos.

7. Bibliografía

Arandia, N.; González-Gordillo, J. I.; Bartual, A. 2012. Muestreo de fitoplancton para extracción de PUAs (aldehídos volátiles poliinsaturados). CACYTMAR, Universidad de Cádiz

Bahamonde, N y Cabrera, S. 1984. Embalses, fotosíntesis y productividad primaria. Programa sobre el hombre y la biosfera, UNESCO. Santiago, Chile. 231 pp.


Castro, G. 2007. Informe final diseño monitoreo frente derrames de hidrocarburos.

Contreras, Y. 2006. Determinación de metales trazas (Ni, Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Al) en Totorá (*Scirpus californicus*) y sedimentos en el santuario de la naturaleza Carlos Anwandter, río Cruces, Valdivia. Tesis de grado para optar al título de químico farmacéutico. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Escuela de Química y Farmacia.

CPH Consultores. 2010. Estimación del área inundada del lago de Batuco Proyecto PTAS La Cadellada.

Everard, M. y Denny, P. 1985. Flux of lead in submerged plants and its relevance to a freshwater system. Aquatic Botany. Elsevier.

Figueroa, M. 2004. Determinación de metales trazas (Ni, Pb, Cr, Cu y As) en *Scirpus*

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

californicus. Tesis de grado para optar al título de químico farmacéutico. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Escuela de Química y Farmacia.

Herrero, M., López-González, A., Ruiz, M.A., Lucas-García, J.A. y Barbas, C. 2003. Uptake and Distribution of Zinc, Cadmium, Lead and Copper in *Brassica napus* var. oleífera and *Helianthus annuus* Grown in Contaminated Soils. *International Journal of Phytoremediation* Volume 5, Issue 2, pages 153-167

Instituto de investigaciones marinas y costeras. 2002. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos).

Instituto Nacional de Normalización. 1996. Norma Chilena Oficial 411/1. Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.

Instituto Nacional de Normalización. 1996. Norma Chilena Oficial 411/2. Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.


Instituto Nacional de Normalización. 1997. Norma Chilena Oficial 2313. Aguas Residuales- Métodos de análisis – Parte 25 – Determinación de metales por espectroscopía de emisión de plasma – Método de plasma acoplado inductivamente (I.C.P.)

Licursi, M. y Gómez, N. 2013. Short-term toxicity of hexavalent-chromium to epipsammic diatoms of a microtidal estuary (Río de la Plata): Responses from the individual cell to the community structure Instituto de Limnología La Plata, Argentina.

Mellado, C. 2008. “Caracterización hídrica y gestión ambiental del Humedal Laguna de Batuco”. Tesis de Magíster en Recursos Hídricos y Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente confederación Hidrográfica del Ebro. 2005. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton.

Moreno, I. 2002. Acumulación de Cu y Zn por células microalgales marinas de *Nannochloropsis gaditana* (Eustigmatophyceae) inmovilizadas en alginato de calcio .

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBCORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembcorp
EJECUTA		CLIENTE

Nelson, P. 1996. Concentración de Metales Pesados en Invertebrados, Helófitos y Sedimento del Complejo Estuarial Valdiviano. Tesis, Esc. de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 52 p.

Ryan, J. y Windom, H. 1988. A Geochemical and Statistical Approach for Assessing Metal Pollution in Coastal Sediments. Springer. pp 47- 58

TMECC. 2001. Test Methods for the Examination of Composting and Compost. U.S. The Composting Council Research and Education Foundation.

Vila, I.; Veloso, A.; Schlatter, R.; Ramírez, C. 2006. "Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile". Editorial Universitaria. 187 p.

Páginas WEB

<http://compostingcouncil.org/tmecc/>


<http://www.chlorischile.cl/batucopaula/Tabla1.htm>

8. Anexos

8.1 Anexo 1 Tabla 3 D.S. N°90 de 2000

Cuadro 3: Resumen Tabla 3 D.S. N°90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Contaminante	Límite máximo permisible mg/L
Níquel Ni	0,5
Arsénico As	0,1
Cobre Cu	0,1
Zinc Zn	5
Hierro disuelto Fe	2
Manganeso Mn	0,5
Cadmio Cd	0,02
Fósforo P	2
Nitrógeno total N	10

Oscar Fernández P.	DISEÑO MUESTREO SEMBICORP AGUAS CHACABUCO S.A.	 sembicorp
EJECUTA		CLIENTE

8.2 Anexo 2 Laboratorios acreditados INN

Cuadro 4: Laboratorios acreditados INN

Laboratorio	Dirección	Teléfono	E-mail	Web
Dictuc	Vicuña Mackenna 4860, Macul.	+56 2 2354 4171	aguasyriles@dictuc.cl	dictuc.cl/aguasyriles
Hidrolab	Avenida Central 681, Quilicura.	+56 2 2756 6350	contacto@hidrolab.cl	hidrolab.cl/
Anam	Av. Pde. Balmaceda 1398, Santiago.	+56 2 2569 4400	anam.cl/contacto	anam.cl/contacto

8.3 Anexo 3 Ficha de registro de muestreo

Cuadro 5: Ficha de registro de muestreo

Actividad	Monitoreo Punto A1 Cruce Av. Italia y Estero sin Nombre	
Fecha		
Hora		
Ubicación		
Laboratorio a Cargo		
Asistentes (Nombre y Firma)	Laboratorio	Sembicorp Aguas Chacabuco
Registro fotográfico		