



Tres Importantes Iniciativas para la Conservación de la Biodiversidad del Sitio Prioritario Humedal de Batuco



Guía para el Monitoreo de los Recursos Hídricos en la Laguna de Batuco

Preparado por: Claudia Mellado Tigre

**Versión 1
Junio 2007**

INDICE

1	Descripción Red de Monitoreo	4
1.1	Actividades y Frecuencia de Monitoreo	4
1.2	Lugares de Monitoreo	5
2	Cronograma Red de Monitoreo	12
3	Categorías de Actividades	14
4	Hoja de Terreno y Lista de Materiales	15
5	Antes de ir a terreno, ¿qué hacer?	17
5.1	Ejemplo	18
6	Desarrollo de Actividades de Monitoreo	21
6.1	Actualización catastro de Actividades	21
6.2	Extensión areal en los hitos numerados	22
6.3	Profundidad en estación LC	23
6.4	Profundidad en estaciones LNO, LN y LS	23
6.5	Recorrido por las orillas	24
6.6	Recorrido por pretilos y totora	25
6.7	Batimetría	27
6.8	Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales	28
6.9	Existencia de caudal en puntos E2, E3 y E4	29
6.10	Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias) ...	30
6.11	Caudal efluente de la PTAS La Cadellada que mide la SISS	30
6.12	Niveles en pozos de la Red de la DGA	31
6.13	Niveles en captaciones C1 a C5 y en todos los piezómetros	31
6.14	Variables meteorológicas medidas por la DMC en Colina y Polpaico	34
6.15	Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC	35
6.16	Variables que mide la SISS en la PTAS La Cadellada	35
6.17	Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS	36
6.18	Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC	36
6.19	Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estaciones LNO, LN y LS	37
6.20	Turbiedad, nutrientes (N total, N kjeldahl, N-NH ₃ , N-NO ₃ y Ptotal), DBO, DQO en todas las estaciones en la Laguna	38
6.21	Metales y fósforo en sedimentos en todas las estaciones en la Laguna	38
6.22	Temperatura, pH, EC, OD y potencial redox en C1, C2, C3, C4 y C6 y en todos los piezómetros	39
6.23	Níquel en P1 y P2	39
6.24	Cromo en P1 P2	39
6.25	Cloruros en C2, C3 y C4	39
6.26	NO ₃ en C6, P1, P3	39
6.27	Metales en C2, C4 y C6	39

7	Metodología para la toma de muestras	40
7.1	Muestras de aguas superficiales	40
7.2	Muestras de aguas subterráneas	42
7.3	Muestras de sedimentos	45
8	Uso del equipo Multiparámetro	46
8.1	Descripción del equipo	46
8.2	Medición de calidad de aguas	51
8.3	Cuidados generales y mantención del equipo	65
9	Procesamiento de los Datos	66
10	Referencias	67
11	Anexos	68
11.1	Cronograma de Actividades, Hoja de Terreno y Lista de materiales	68
11.2	Categorías de Actividades	68

1 Descripción Red de Monitoreo

La Red de Monitoreo de Recursos Hídricos en la Laguna de Batuco, diseñada por Cristóbal Cox (2007), permite cuantificar la calidad y cantidad de las aguas asociadas a la Laguna de Batuco, en forma periódica a través del tiempo.

Los objetivos que busca esta Red son:

- a. Complementar la evaluación de la Laguna de Batuco, que se ha venido haciendo desde el año 2006. En el largo plazo, esto permitiría generar límites o estándares de calidad específicos para la Laguna de Batuco.
- b. Detección de Impactos Ambientales que puedan perturbar el ecosistema “Laguna de Batuco” en el corto y largo plazo.

1.1 Actividades y Frecuencia de Monitoreo

El monitoreo de recursos hídricos, contempla un total de 27 actividades, agrupadas en 7 categorías o ítems, las cuales fueron diseñadas de acuerdo a la situación particular evaluada durante el año 2006 para la Laguna de Batuco.

De las 27 actividades totales, 4 de ellas se completan mediante la solicitud de datos que son medidos por otros servicios, como la Dirección General de Aguas (DGA), Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

Las 23 actividades restantes se desarrollan en terreno. De éstas, 7 actividades requieren toma de muestras de aguas o sedimento, las que serán analizadas en laboratorios acreditados.

El total de actividades a desarrollar así como su frecuencia y programación anual, se presentan en el Anexo 11.1 (digital) de esta guía.

La forma de desarrollar cada actividad, se presenta en el Punto 6 de esta guía.

1.2 Lugares de Monitoreo

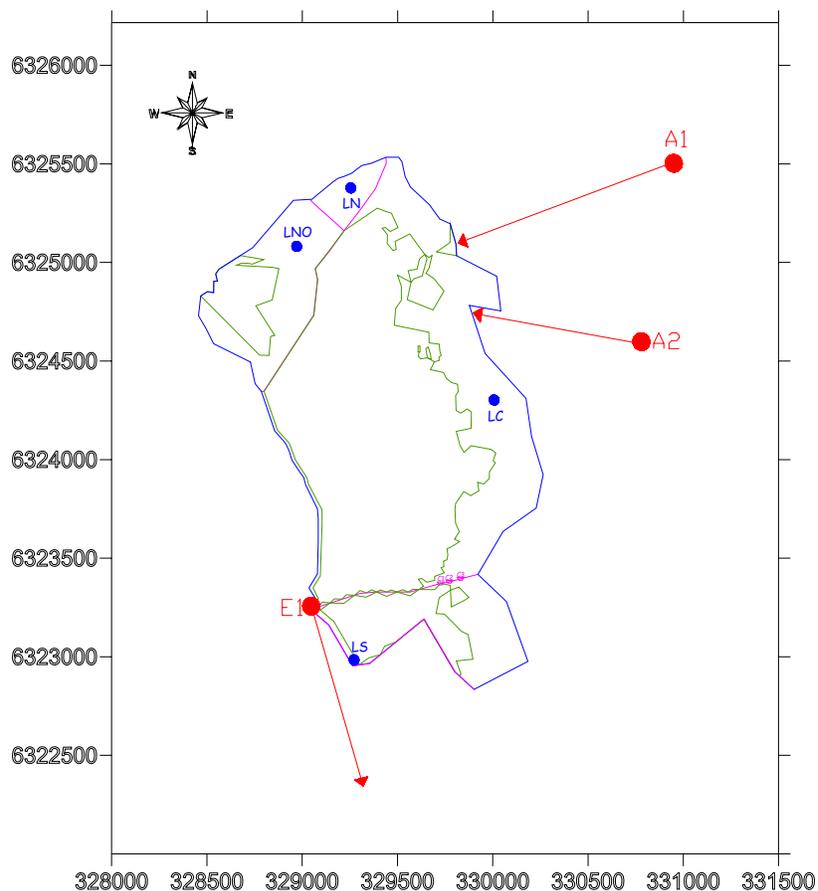
Cada una de las actividades de monitoreo programadas para la Laguna de Batuco, se realizan en lugares específicos, los cuales se definieron de acuerdo a la evaluación realizada en terreno durante el año 2006.

Cada lugar donde se realiza algún tipo de monitoreo, permite representar la condición de sus alrededores, o bien, define alguna particularidad. En su conjunto, todos los lugares de monitoreo, tratan de representar lo más fielmente posible, la situación completa de las aguas de la Laguna de Batuco, así como de la cuenca hidrográfica que la contiene.

- Estaciones aguas superficiales

En la Figura 1 se muestra la ubicación de los lugares (estaciones) de monitoreo de aguas superficiales. Los puntos de la figura indican las estaciones de monitoreo. Las flechas, indican la dirección de los flujos, en los afluentes y efluentes principales de la Laguna.

Figura 1
Estaciones de Monitoreo de aguas superficiales

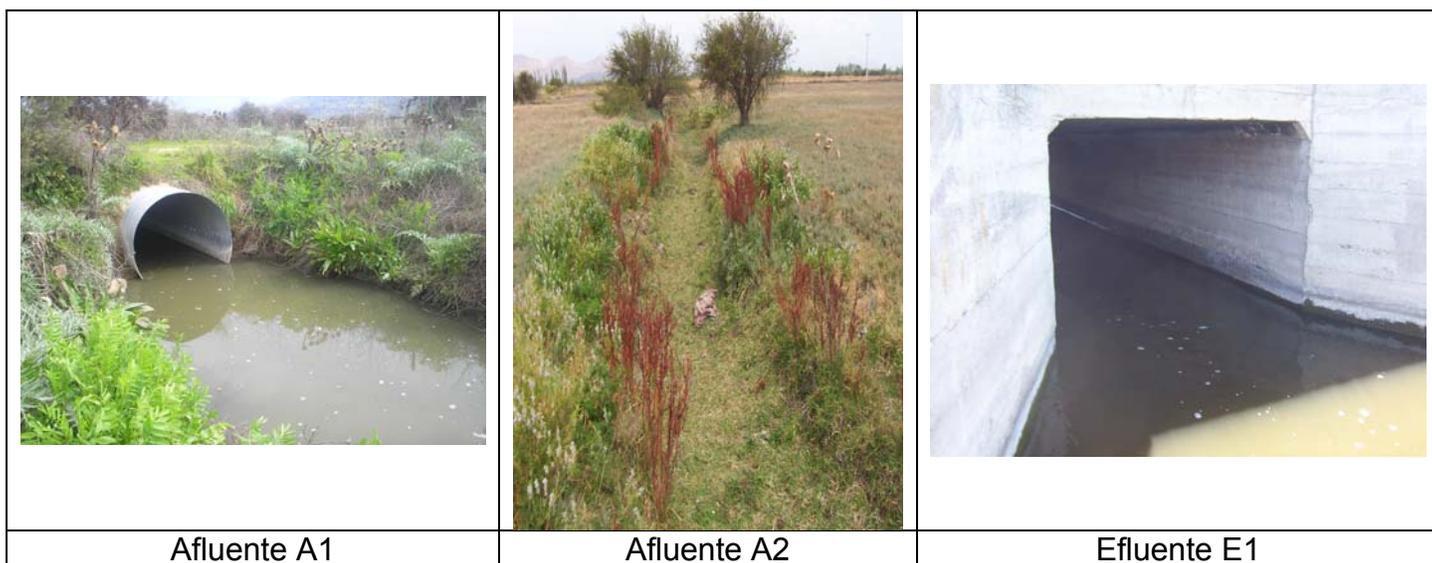


La Tabla 1, muestra la ubicación geográfica y principales accesos, para las estaciones de medición de afluentes y efluentes de la Laguna de Batuco.

Tabla 1
Ubicación de afluentes y efluentes principales

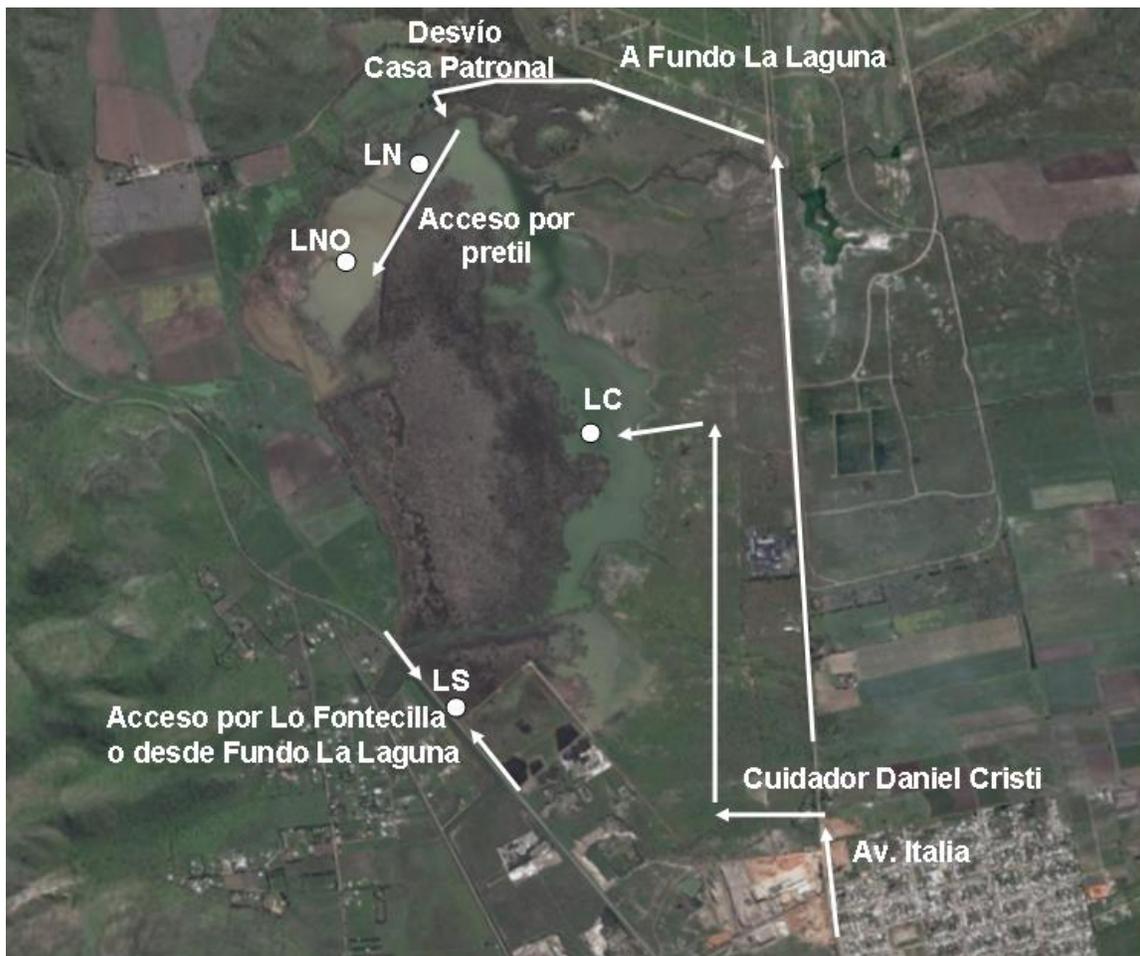
Nombre Estación	UTM norte (m)	UTM este (m)	Acceso Principal
A1 (Afluente 1)	6325509	330956	Acceder por Av. Italia. Continuar por el camino al fundo la Laguna hasta encontrar puente bajo el cual pasa este cauce.
A2 (Efluente 2)	6324865	330902	Acceder por Av. Italia. Continuar por el camino al fundo la Laguna hasta encontrar puente bajo el cual pasa este cauce.
E1 (Efluente 1)	6323246	329062	Por camino a Lo Fontecilla, acceder al desagüe de la Laguna, bajo la línea del tren.

Figura 2
Afluentes y efluentes principales



La Figura 3, muestra la ubicación y principales accesos, para las estaciones de medición de calidad y niveles, al interior de la Laguna de Batuco. En Anexo 11.1 (digital), se presenta la ubicación geográfica de estas estaciones.

Figura 3
Accesos a estaciones de monitoreo en la Laguna



- Otros lugares, aguas superficiales

En la Figura 4, se presenta la ubicación de los puntos de control, para afluentes y efluentes temporales en la Laguna de Batuco. En la Tabla 3, se presenta su ubicación.

Figura 4
Afluentes y efluentes temporales

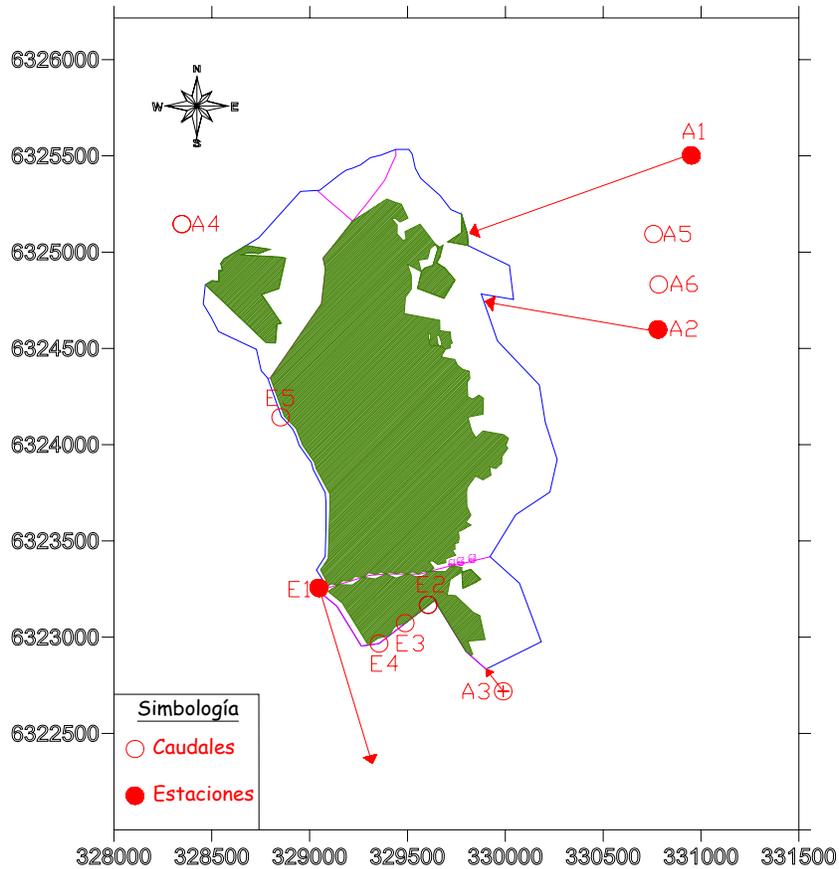


Tabla 3
Ubicación de afluentes y efluentes temporales

Punto	UTM norte (m)	UTM este (m)
A3	6322617	330063
A4	6325209	328267
A5	6325095	330757
A6	6324830	330786
E2	6323168	329606
E3	6323073	329489
E4	6322967	329355
E5	6324145	328856

- Batimetría, control de totora y control de pretiles

La Figura 5, muestra la ubicación de los pretiles que acotan a la Laguna, así como los sectores sugeridos (transectos) para realizar medición continua de profundidades en la Laguna (batimetría), y control de totora (T1 a T8). La Tabla 4, muestra la ubicación aproximada de los puntos donde se debe controlar la totora.

Figura 5
Lugares para batimetría, control de totora y pretiles

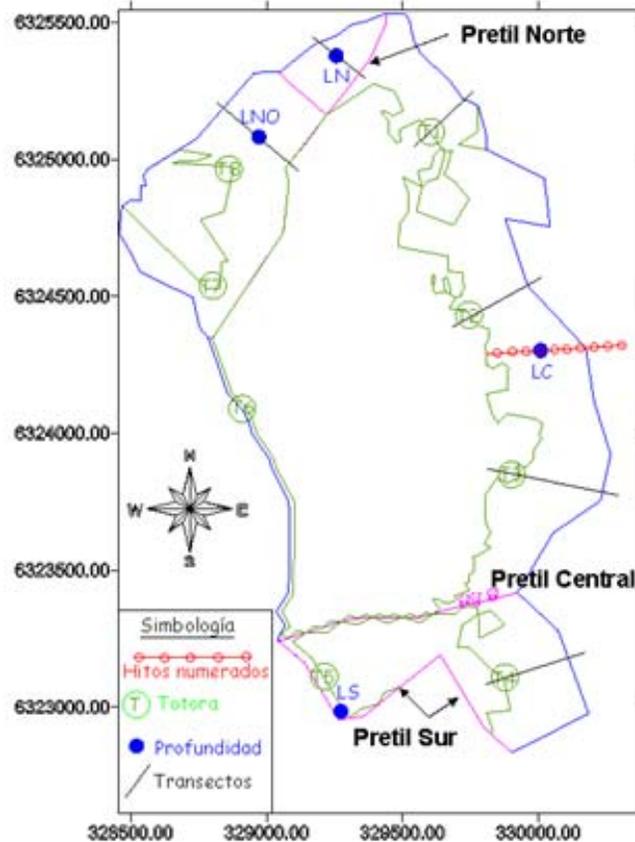


Tabla 4
Ubicación de puntos para el control de totora

Punto	UTM norte (m)	UTM este (m)
T1	6325094	329601
T2	6324428	329748
T3	6323841	629927
T4	6323104	329872
T5	6323104	329211
T6	6324089	328927
T7	6324529	328800
T8	6324963	328875

- Aguas subterráneas

En la Figura 6 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de aguas subterráneas (6 captaciones y 3 piezómetros). En la Tabla 5, se muestran las principales características y ubicación de estos lugares.

Figura 6
Lugares para el monitoreo de aguas subterráneas

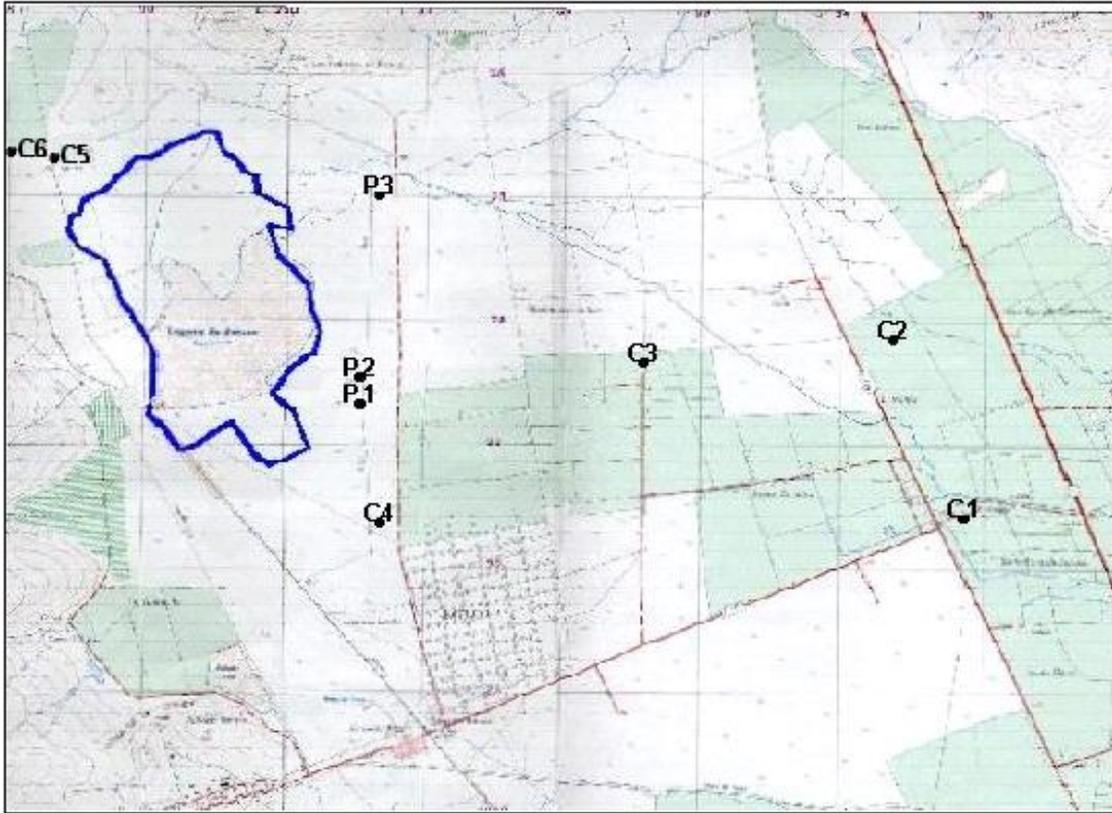


Tabla 5
Información para puntos de monitoreo, aguas subterráneas

Captación/ Piezómetro	UTM norte (m)	UTM este (m)	Altitud (msnm)	Pedio	Contacto	h captación (m)	Prof. total (m)
C1	6,322,368	334,890	488.2	APR Santa Sara-Batuco	Betsabé Castillo	0.19	>100
C2	6,323,965	334,257	491.5	Condominio Quilquén	Juan Hermosilla	0.09	16.94
C3	6,323,506	332,522	487.2	Parcela alfalfa	Miriam González	0.23	14.9
C4	6,322,341	330,683	481.7	Casa Cuidador Laguna	Daniel Cristi	0.4	3.98
C5	6,325,367	328,378	484	Fundo La Laguna	Alberto Polet	0.2	>100
C6	6,325,373	328,045	488.5	Fundo La Laguna	Alberto Polet		>60
P1	6,323,323	330,555	482	Terreno Fundo La Laguna	Alberto Polet	0.15	3.85
P2	6,323,523	330,555	482	Terreno Bodegaje Petcoke	Miguel Riveros	0.18	4.35
P3	6,325,125	330,588	481.5	Terreno Bodegaje Petcoke	Miguel Riveros	0.07	2.31

- Catastro de actividades

La Figura 7, presenta las principales actividades detectadas durante el año 2006, que afectan o podrían afectar la condición de las aguas de la Laguna de Batuco.

Figura 7
Catastro de actividades



Actividad	UTM norte (m)	UTM este (m)	Dirección/Comentario
SERVICOMUNAL S.A. La Cadellada	333,971	6,323,872	Coquimbo
Cerámicas Santiago	330,843	6,322,299	Av. Italia 1000
Cerámicas Batuco	330,968	6,321,496	Av. Italia 750
Bodegaje petcoke	330,726	6,323,522	Las Calerías S/N
Bencinera	331,269	6,320,734	Av. España
Agricultura y urbanización sin alcantarillado	-	-	Actividad difusa en la cuenca
Corte de totora	-	-	Principalmente en la zona norte de la Laguna
Pastoreo en la Laguna	-	-	Principalmente en la zona sur y este de la Laguna
Caza y pesca	-	-	Actividad difusa en la Laguna

2 Cronograma Red de Monitoreo

Como se mencionara en el Punto 1, la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos para la Laguna de Batuco, comprende la ejecución de varias actividades, con distinta frecuencia.

Dichas actividades fueron programadas para el periodo Mayo 2007 – Abril 2008, de tal forma que se respetase su frecuencia, y que fuese posible llevar a cabo el total de actividades en el mínimo tiempo posible, con un mínimo de personal.

La Figura 8, muestra una vista parcial del cronograma, para su posterior explicación.

Figura 8
Vista del cronograma de monitoreo

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
43	[Bar]											
44	[Bar]											
45	[Bar]											
46	[Bar]											
47	[Bar]											
48	[Bar]											
49	[Bar]											
50	[Bar]											
51	[Bar]											
52	[Bar]											
53	[Bar]											
54	[Bar]											
55	[Bar]											
56	[Bar]											
57	[Bar]											
58	[Bar]											
59	[Bar]											
60	[Bar]											
61	[Bar]											
62	[Bar]											
63	[Bar]											
64	[Bar]											
65	[Bar]											
66	[Bar]											
67	[Bar]											

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
43	[Bar]											
44	[Bar]											
45	[Bar]											
46	[Bar]											
47	[Bar]											
48	[Bar]											
49	[Bar]											
50	[Bar]											
51	[Bar]											
52	[Bar]											
53	[Bar]											
54	[Bar]											
55	[Bar]											
56	[Bar]											
57	[Bar]											
58	[Bar]											
59	[Bar]											
60	[Bar]											
61	[Bar]											
62	[Bar]											
63	[Bar]											
64	[Bar]											
65	[Bar]											
66	[Bar]											
67	[Bar]											

Como se aprecia en la Figura 8, el Cronograma de Monitoreo es una planilla tipo Excel, que agrupa el total de actividades a realizar, para cada mes. Además, para cada una de las actividades, les asigna su frecuencia y lugar de realización.

A la derecha de la Figura 8, se muestra un calendario para el mes correspondiente. Dentro de este calendario, se puede ver, para cada día del mes, el total de actividades a realizar (si las hubiera), así como una categoría asociada a cada día, lo que será de utilidad para su planificación. El detalle de las categorías de monitoreo, se explica en el Punto 3 de esta guía.

De la forma antes señalada, el (los) encargado (s) del monitoreo, saben de antemano las actividades que corresponde realizar en un día específico, y pudiendo programarse con anticipación.

La programación completa de las actividades, para el periodo Mayo 2007-Abril 2008, se presenta en el Anexo 11.1 (digital).

3 Categorías de Actividades

Dada la programación presentada en el Punto 2, se observa que muchas de las actividades se repiten en grupos, a lo largo del año. Por esta razón, se definieron 9 “categorías de actividades”, donde cada categoría agrupa a un conjunto de actividades que siempre se deben ejecutar simultáneamente.

Dentro del Cronograma de Monitoreo (Punto 2 y Anexo 11.1), se señala la categoría a la que pertenece cada día de muestreo.

La utilidad de asignar categorías a los días de monitoreo, es que se facilita su ejecución, pues en base a ellas se han elaborado Hojas de Terreno y listados de materiales estándar, que serán de utilidad al momento de monitorear. Este tema se aborda con mayor detalle en el Punto 4 de esta guía.

Una descripción breve de las categorías existentes, se presenta en la Tabla 6. La descripción detallada de cada categoría, se presenta en el Anexo 11.2.

Tabla 6
Categorías de actividades

Categoría	Nº de actividades	Nº de lugares
A	4	5
B1	7	8
B2	9	8
B3	7	8
C1	4	9
C2	4	9
D	6	11
E	9	14
F	13	15

4 Hoja de Terreno y Lista de Materiales

Con objeto de que cada persona que realice un monitoreo, recopile toda la información necesaria para cada una de las actividades, se elaboraron hojas de terreno, para cada categoría de actividades.

De esta forma, para el día de monitoreo que corresponda, y sabiendo a qué categoría pertenece ese día, basta imprimir la Hoja de Terreno correspondiente a esa categoría, donde se incluye toda la información a ser determinada en terreno para el grupo de actividades que corresponda.

Las actividades a desarrollar para cada categoría, se encuentran en un orden predeterminado. Éste es el orden en que se sugiere visitar cada uno de los lugares que han de monitorearse ese día, de tal forma de tardar lo menos posible en completar todas las actividades. A excepción de la categoría B3, todas las otras categorías permiten ejecutar el total de actividades en un día.

Finalmente, al término de cada hoja, se muestra una lista de materiales necesarios a llevar a terreno para el desarrollo de las actividades. Los encargados del muestreo de ese día, deben chequear la lista con antelación, de modo de no olvidar ningún equipo o material.

El total de hojas de terreno, se encuentra en una planilla Excel, que se muestra en la Figura 9 a través de un ejemplo. Los listados de materiales asociados a cada categoría, se muestran en la Figura 10, mediante un ejemplo.

Figura 9
Hoja de terreno, según categoría

Lugares y Datos a Completar para cada actividad						
	A	B	C	D	E	F
1	¡IMPORTANTE: No olvide completar todos los campos de la Hoja					
2						
3	Día/Mes/Año					
4						
5	Lugar	E1		Lugar	A1	
6						
7	Medición de caudal			Medición de caudal		
8						
9	Hora			Hora		
10	Nivel regleta (cm)			Nivel regleta (cm)		
11						
12	Observaciones			Observaciones		
13						
14						
15	Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox			Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox		
16						
17	Hora muestreo			Hora muestreo		
18	OD (mg/l)			OD (mg/l)		
19	T (°C)			T (°C)		
20	pH			pH		
21	EC (mS/cm)			EC (mS/cm)		
22	P redox (mV)			P redox (mV)		
23						
24	Observaciones			Observaciones		
25						

Categoría de Actividades

Figura 10
Listado de materiales, según categoría

		Materiales para actividad Tipo "A"			
57					
58	Check List				
59					
60	Hojas de Anotaciones y lápiz				
61	Cámara de Fotos				
62	GPS				
63	Bote plástico, inflador y bastones				
64	Regleta Metálica				
65	Botas de goma				
66	Maleta Multiparámetro				
67	Agua destilada				
68	Botellas plásticas pequeñas				
69	Guía de Monitoreo				
70					
Listo					
Categoría de Actividades					

Asimismo, el archivo Excel que contiene todas las hojas de terreno, incluye también los mapas y ubicaciones de los lugares de muestreo, que fueron descritos en el Punto 1.2 de esta guía.

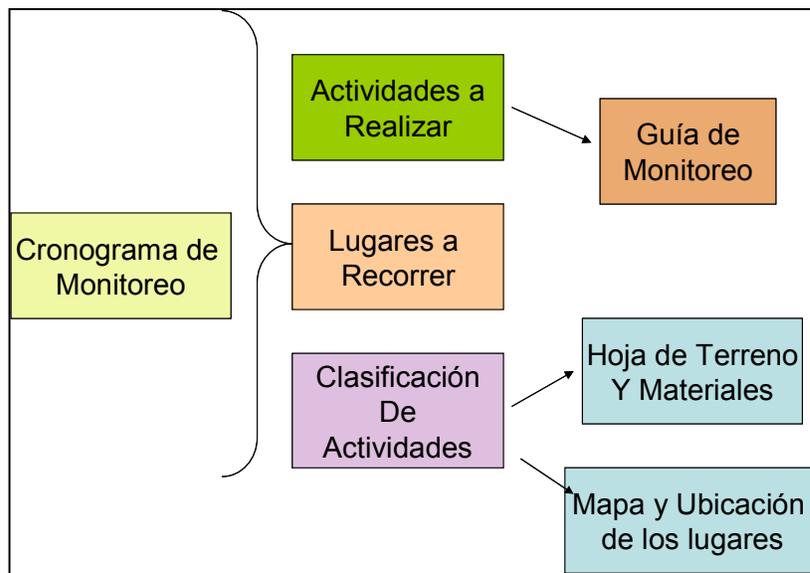
El total de hojas de terreno por categoría, se presentan en el Anexo 10.1 (digital).

5 Antes de ir a terreno, ¿qué hacer?

Como se explicara anteriormente, el Cronograma de Monitoreo propone un orden calendario, para la realización de todas las actividades de Monitoreo. Asociado a este Cronograma, existe un orden sugerido, que permite planificar la actividad de terreno, sin olvidar detalles.

En la Figura 11, se presenta el orden sugerido para planificar una campaña de terreno.

Figura 11
Esquema para la planificación de campaña de terreno



A continuación, se señala el orden de lectura de la Figura 11.

1. Para un día determinado (ejemplo, 6 de Julio), consultar en el Cronograma de Monitoreo, las actividades a realizar.
2. Leer para el día en consulta, la Categoría asociada (en el ejemplo anterior, la Categoría es B1).
3. Para la Categoría correspondiente, imprimir la Hoja de Terreno asociada, así como los mapas, si fuese necesario.
4. En la Hoja de Terreno, consultar la lista de materiales necesarios, reunirlos, y chequearlos en la lista.
5. Si se contemplan análisis de laboratorio, gestionar el retiro de envases.

5.1 Ejemplo

El siguiente ejemplo, permitirá clarificar la planificación para una actividad de terreno. Supongamos que se está planificando el monitoreo del día **30 de julio**.

Si se consulta la Figura 11, se verá que el primer paso, es buscar el día en cuestión, en el calendario de monitoreo.

1. Abrir el cronograma de monitoreo.
2. Buscar el día y mes señalado, en este caso julio.
3. Fijarse en la Clasificación del día consultado (30 de julio en el ejemplo).

Figura 12
Ejemplo de uso, cronograma de monitoreo

Mes	Día y categoría																														
	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
79																															
80	CATEGORÍA																														
81	B1					D					A					D					C1										
82	JULIO																														
83	Do	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	M
84	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
85																															
86						x							x							x							x				
87						x							x							x							x				
88						x																									
89																															
90																															
91																															
92						x							x							x							x				
93													x														x				
94													x													x					
95		e																													
96		e																													
97																															x
98	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
99						x							x							x							x				
100		e																													
101						x																									
102						x																									
103																															
104																															
105																															
106																															x
107																															x
108																															x
109																															
110																															

Observando la Figura 12, se puede ver que el 31 de julio es un día tipo “C1”. Como ya se sabe la clasificación, ahora se puede continuar con la planificación.

4. En base a la Categoría correspondiente (C1 en el ejemplo), abrir la Hoja de Terreno correspondiente.
5. Imprimir la Hoja de Terreno. En ésta se encuentra el total de actividades a realizar, ordenados según la secuencia que debiera seguirse en terreno,

para demorar el menor tiempo posible. Esta hoja contiene también la lista de materiales necesarios para el terreno.

Figura 13
Ejemplo de uso, Hoja de Terreno, materiales

Materiales para actividad "C1" Categoría seleccionada	
Listado de Materiales	
Hojas de Anotaciones y lápiz	
Cámara de Fotos	
Maleta Multiparámetro	
Agua destilada	
Botellas plásticas pequeñas	
Huíncha metálica	
Pozómetro	
Bailer con cuerda	
Bolsas plásticas	
Guía de Monitoreo	

2007-2008 / Mapas y Ubicaciones / A / B1 / B2 / B3 / C1 / C2 / D / E / F

Figura 14
Ejemplo de uso, Hoja de Terreno, llenado de datos.

IMPORTANTE: No olvide completar todos los campos de la Hoja			
Día/Mes/Año			
Nombre Encargado			
Lugar C6		Lugar C5	
Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox		Medición de Niveles	
Hora muestreo		Nivel agua (m)	
OD (mg/l)		Profundidad Total (m)	>100
T (°C)		h suelo-captación (m)	0.2
pH			
EC (mS/cm)			
P redox (mV)			
Observaciones			
Lugar P3		Lugar P2	
Medición de Niveles		Medición de Niveles	
Nivel agua (m)		Nivel agua (m)	
Profundidad Total (m)	2.31	Profundidad Total (m)	4.35
h suelo-captación (m)	0.07	h suelo-captación (m)	0.18
Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox		Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox	
Hora muestreo		Hora muestreo	
OD (mg/l)		OD (mg/l)	
T (°C)		T (°C)	
pH		pH	
EC (mS/cm)		EC (mS/cm)	
P redox (mV)		P redox (mV)	
Observaciones		Observaciones	

2007-2008 / Mapas y Ubicaciones / A / B1 / B2 / B3 / C1 / C2 / D / E / F

Además de proveer información sobre los materiales y datos a completar para las actividades, según categoría, la Hoja de Terreno permite ver la ubicación de los puntos de monitoreo. En este caso, como se trata de una actividad de monitoreo de aguas subterráneas, el mapa correspondiente es el que se mostrara anteriormente en la Figura 6.

- Finalmente, para planificar la actividad de terreno, debe verificarse que se tengan todos los materiales correspondientes a ese monitoreo. La idea es que, al tener impresa la lista de materiales, se vaya chequeando al lado de cada uno, una vez que se tenga listo para llevarlo a terreno. Aplicando lo anterior al ejemplo, se tendrían que reunir los materiales que muestra la Figura 15.

Figura 15
Ejemplo de uso, materiales para categoría C1

Check List	
Hojas de Anotaciones y lápiz	<input type="checkbox"/>
Cámara de Fotos	<input type="checkbox"/>
Maleta Multiparámetro	<input type="checkbox"/>
Agua destilada	<input type="checkbox"/>
Botellas plásticas pequeñas	<input type="checkbox"/>
Huincha metálica	<input type="checkbox"/>
Pozómetro	<input type="checkbox"/>
Bailer con cuerda	<input type="checkbox"/>
Guía de Monitoreo	<input type="checkbox"/>

En cuanto a la forma de ejecutar cada actividad de monitoreo, el Punto 6 de esta guía lo explica en detalle. De esta forma, esta guía debe ser también un material a llevar a terreno, en caso de surgir cualquier duda.

6 Desarrollo de Actividades de Monitoreo

A continuación, se explica la metodología a seguir para el desarrollo de cada una de las actividades de monitoreo, en el orden mostrado en el cronograma de monitoreo.

- **Catastro de Actividades**

6.1 Actualización catastro de Actividades

La actualización del catastro de actividades en la cuenca, deberá hacerse una vez cada año, en el mes de marzo. Como situación base, a marzo del año 2007, las actividades identificadas se presentaron en el Punto 1 de esta guía.

Los aspectos más relevantes a chequear para las actividades existentes son:

1. Recorrer el área de estudio, observando las actividades existentes
2. Para las actividades existentes, observar:
 - Procesos productivos
 - Usos del agua
 - Manejo de desechos
 - Cumplimiento de la normativa
 - Otros notados por el observador
3. Observar nuevas actividades, construcción o demolición de pretiles o canales, acumulaciones de basura, efectos en flora o fauna, etc. Determinar si son o no una posible amenaza para la Laguna.
4. Registrar las coordenadas de las anomalías (GPS). Fotografiar si es posible.

La unidad coordinadora (Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad de Lampa), deberá reunir la información anterior, en coordinación con los servicios pertinentes en cada caso. Por ejemplo, en el caso de la PTAS La Cadellada, podrá establecerse una coordinación con la SISS, ente fiscalizador de esta empresa, para reunir los datos periódicamente.

En caso de que no exista un ente fiscalizador, la unidad coordinadora deberá generar esta información, a través de un recorrido por la cuenca, evaluando sus actividades, de la forma antes explicada.

- **Cuerpo de agua**

6.2 Extensión areal en los hitos numerados

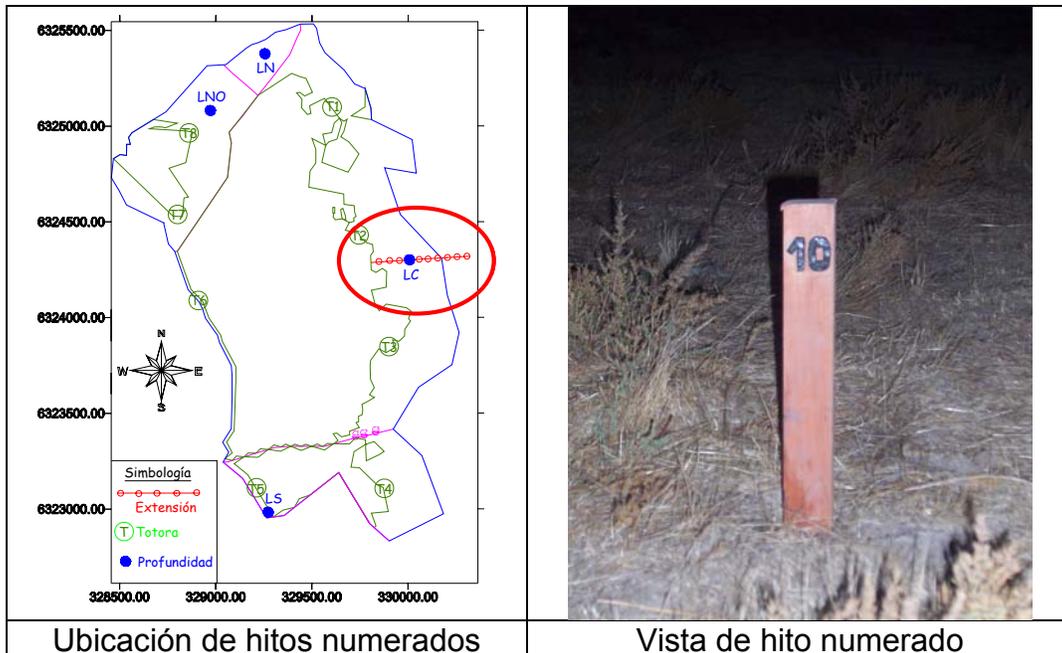
Para medir la variabilidad de la extensión de la Laguna, la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos, considera la instalación de hitos numerados cada 50 m, dispuestos en forma perpendicular a la orilla oriente de la Laguna, abarcando la zona de mínima extensión, a la máxima extensión registradas durante en 2006, y considerando un margen de seguridad de 100 m, pasada la orilla de agua.

Es recomendable que el monitoreo de este ítem, se haga al mismo tiempo que otras actividades relacionadas con la estación LC, aprovechando su cercanía a los hitos.

El encargado de este monitoreo, deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Tomar nota del día y hora de la medición.
2. Registrar el número del primer hito visible.
3. Anotar a cuánta distancia está la orilla del hito más cercano, y su número.
4. Tomar nota de las observaciones existentes en el entorno.

Figura 16
Hitos numerados



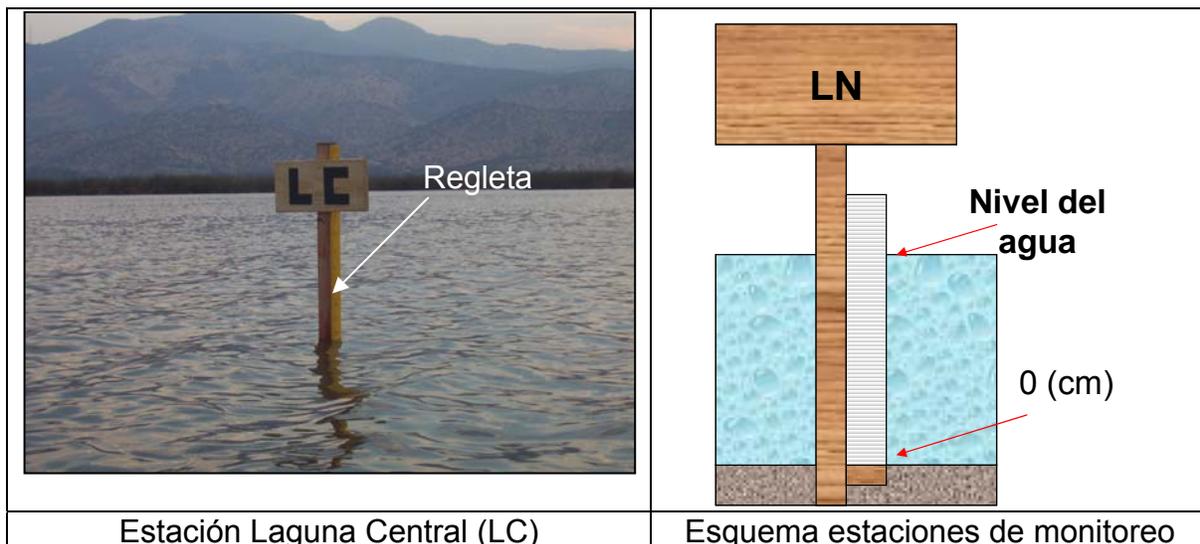
6.3 Profundidad en estación LC

En la Laguna Central fue instalada una señalética de madera, en cuyo borde se encuentra adosada una regleta para la determinación de niveles (Figura 17). Esta estación coincide con el hito numerado N° 4.

Los pasos a seguir son:

1. Aproximarse a la estación, de preferencia en bote
2. Poner la regla metálica en el soporte de la base
Cuidar que el cero de la regla esté abajo
3. Cuidando que la regla esté nivelada, registrar la altura del nivel de agua
4. Anotar otras observaciones de interés

Figura 17
Estaciones de monitoreo en Laguna



6.4 Profundidad en estaciones LNO, LN y LS

Al igual que en el caso de la Laguna Central, se instalaron señaléticas que permiten identificar las restantes Lagunas.

En el caso de las Lagunas LNO, LN y LS, no se instaló directamente una regleta, por lo cual ésta debe ser llevada a terreno al momento de la medición. La señalética de madera, posee un apoyo del mismo material en su parte media y una base, los cuales permiten apoyar la regleta al momento de la medición.

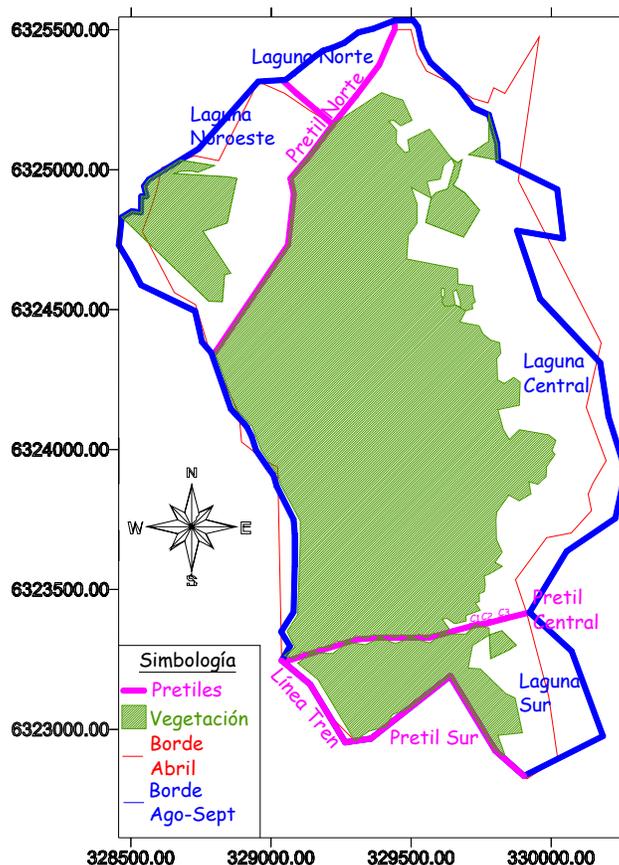
El procedimiento a seguir es el mismo señalado en el Punto 6.3.

6.5 Recorrido por las orillas

Con objeto de actualizar el mapa de la Laguna, deberá hacerse un recorrido completo a través de ella dos veces por año (Marzo y Septiembre), en los periodos más secos y más húmedos respectivamente. Como la Laguna Central es la que presenta mayor variabilidad, debe darse prioridad al recorrido de ésta.

Las variaciones registradas durante el año 2006, se muestran en la Figura 18.

Figura 18
Variación de la extensión, Laguna de Batuco, 2006



Para recorrer las orillas de la Laguna habrán de seguirse los siguientes pasos:

1. Se recorren a pie todas las orillas de la Laguna (donde haya agua)
2. Se define un punto de inicio, y se marca con GPS
3. Se comienza a recorrer el borde, marcando con GPS cada 150 m aprox.
4. Si se ven variaciones importantes a menor distancia, marcarlas también.
5. Anotar todas las observaciones importantes.
Por ejemplo, entradas y salidas de caudal.

Consideraciones:

- En caso que sea pertinente, anotar las observaciones del entorno.
- Chequear que el equipo GPS tenga registrado el Datum PSud 1969, Huso 19S.
- Luego de encendido el GPS, procurar que la precisión de éste sea del orden de 10 m o menos.
- A modo de orientación, utilizar como mapa base el generado con antecedentes del año 2006 (Figura 18).
- Para agilizar el proceso, considerar la factibilidad de realizar tramos del recorrido a pie, y otros en camioneta, según las condiciones del terreno.

6.6 Recorrido por pretilos y totora

Pretilos:

El recorrido a través de los pretilos tiene por objeto identificar posibles alteraciones dentro de éstos (cortes o discontinuidades en pretilos existentes, nuevos pretilos, etc), las cuales podrían incidir sobre las aguas de la Laguna.

Para recorrer los pretilos, seguir el siguiente procedimiento:

1. Recorrer a pie o caballo cada pretil, procurando intervenir lo menos posible el entorno.
2. De encontrar alguna anomalía, registrar su ubicación con GPS, fotografiar y describir en la hoja de ruta.

Totora:

Para determinar la extensión de la totora al interior de la Laguna, se han definido ocho puntos de control de la Figura 5 (T1 a T8), en cuyas cercanías deberá medirse la coordenada donde se encuentra la totora más próxima. Dichas mediciones se realizarán una vez al año, bajo el siguiente procedimiento:

1. Con ayuda de un bote, aproximarse a las cercanías del punto a controlar, siguiendo el orden establecido en la hoja de terreno respectiva. Para facilitar esta aproximación, apoyarse usando GPS para la ubicación de las coordenadas.
2. Una vez en las cercanías del punto a controlar, aproximarse al borde de la totora, en línea recta, y registrar con ayuda del GPS, la coordenada donde se ubica la totora.
3. Registrar la hora y día de la medición, así como observaciones del entorno (ej: condición de la totora, olor y color del agua, etc.).

Consideraciones Generales:

- Con objeto de intervenir lo menos posible en las condiciones de la Laguna, la aproximación en bote debe realizarse levantando la menor cantidad de sedimento posible.
- Chequear que el equipo GPS tenga registrado el Datum PSud 1969, Huso 19S.
- Luego de encendido el GPS, procurar que la precisión de éste sea del orden de 10 m o menos.

Diferenciar además si existe intervención por corte de totora, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19
Variaciones en la cobertura de totora



6.7 Batimetría

Una vez por año, recomendablemente en el mes de septiembre, se realizará una batimetría del espejo de agua, con transectos de tres a cuatro puntos. Para ello, habrá de seguirse la siguiente metodología:

1. Ubicar un transecto (Figura 5)
2. Definir el sentido de avance del recorrido (orilla-totora o viceversa).
3. Seleccionar punto de inicio del recorrido por el espejo de agua, marcando sus coordenadas con ayuda del GPS.
4. En este punto, registrar con ayuda de una regla, la profundidad del nivel de agua. Procurar que la regla se encuentre perpendicular al suelo y que su base no se entierre.
5. Desplazarse hacia el segundo punto del transecto.
6. Registrar las coordenadas del punto con GPS.
7. Registrar el nivel de agua, con ayuda de la regla.
8. Repetir hasta completar el transecto.

Con los pasos anteriores, se tiene la batimetría de un transecto. La Laguna tiene en total 6 transectos, como se mostró en la Figura 5.

Consideraciones:

- En caso de existir viento y de aproximarse en bote, tratar de mantener la estabilidad del de éste, para no desviarse de la línea recta.
- En caso de aproximación a pie, procurar no alterar significativamente las condiciones del lugar, con el levantamiento de sedimentos.
- Chequear que el equipo GPS tenga registrado el Datum PSud 1969, Huso 19S.
- Luego de encendido el GPS, procurar que la precisión de éste sea del orden de 10 m o menos.

- **Escorrentía Superficial**

6.8 Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales

La Red de Monitoreo de Recursos Hídricos de la Laguna (Cox, 2007), considera la instalación de estaciones fluviométricas en los lugares donde se detectara agua en forma permanente durante la evaluación del 2006. El procedimiento para determinar caudal a partir de estas estaciones es el siguiente:

1. Registrar el día y hora.
2. Si no está instalada la estación pluviométrica, ubicar la regleta en el punto medio del cauce. Siempre medir en la misma sección.
3. Chequear nivel de agua sobre la regleta y anotarlo, tanto el valor como sus unidades.
4. Anotar observaciones (ej. escurrimiento rápido, lento o estancado, estado de la vegetación, estado de la estación).

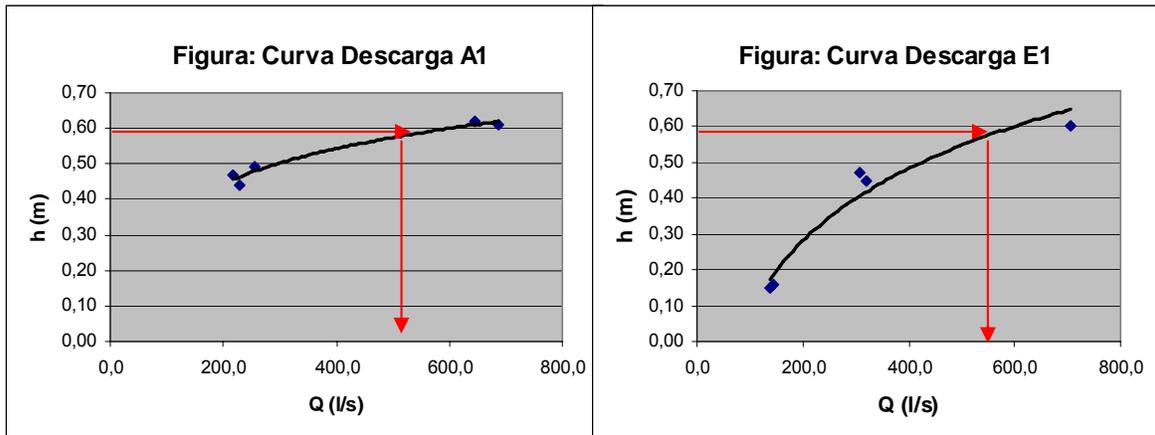
Posteriormente, utilizando las curvas de descarga de cada estación fluviométrica, la altura del pelo de agua permite obtener el caudal pasante.

Figura 20
Medición de caudales mediante altura



Finalmente, con la altura registrada, se puede conocer el caudal mediante las curvas de descarga generadas con los datos del año 2006 (Figura 21). Debido a irregularidades de terreno, esto sólo fue posible para el afluente 1 y efluente 1 (A1 y E1). En el caso del afluente 2 (A2), deberá construirse la curva midiendo con molinete.

Figura 21
Curvas de descarga para A1 y A2



6.9 Existencia de caudal en puntos E2, E3 y E4

En el orden establecido en el cronograma de monitoreo, se hará un recorrido de las compuertas ubicadas sobre el pretil de Cerámicas Santiago, que separa la Laguna de sus pozas de extracción de áridos. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Acceder al pretil donde se ubican las compuertas E2, E3 y E4.
- Observar el estado de cada una de las compuertas (abierta, semi-abierta, cerrada) y anotarlo.
- Observar el estado de la Laguna y las pozas (cantidad de agua, estado de la vegetación, etc), y tomar nota.
- De ser posible, averiguar con algún trabajador del lugar, sobre el tiempo desde el cual las compuertas se encuentran en ese estado.

Figura 22
Compuerta E2



6.10 Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias)

En el orden establecido en el cronograma de monitoreo, se hará un recorrido de los posibles afluentes y efluentes de la Laguna, según el diagnóstico del año 2006. Seguir los siguientes pasos:

- Observar si existe o no caudal pasante.
- Consignar la posible procedencia de este caudal.
- Evaluar el estado de humedad del suelo y vegetación en el cauce. Éste puede ser un indicador de que habría pasado caudal recientemente.
- Anotar todas estas observaciones, además del día y hora de éstas.

6.11 Caudal efluente de la PTAS La Cadellada que mide la SISS

Esta información debe ser solicitada externamente a la SISS, una vez por mes.

- **Aguas Subterráneas**

6.12 Niveles en pozos de la Red de la DGA

Esta información debe ser solicitada externamente a la DGA, una vez cada dos meses. Los pozos de los cuales se solicitará información se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7
Pozos de la Red de Monitoreo de Niveles, DGA

Nº	Código BNA	Nombre	UTM norte (m)	UTM este (m)	Altitud (msnm)	Profundidad (m)
DGA1	5734003	Fundo La Cadellada	6,323,966	333,943	489	45
DGA2	5734005	Entel Batuco	6,321,157	332,124	485	-
DGA3	5734006	Fundo La Laguna	6,324,369	329,064	482	-
DGA4	5734007	Asentamiento Laguna	6,326,161	329,344	487	64

6.13 Niveles en captaciones C1 a C5 y en todos los piezómetros

Según lo establecido en el cronograma de monitoreo, se realizará la medición de niveles en piezómetros y captaciones en el orden sugerido en la Hoja de Terreno.

Para la medición de niveles en captaciones (4 pozos y una noria), proceder de la siguiente forma:

1. Evaluar estado de funcionamiento del pozo o noria. En lo posible, se deben medir niveles estáticos, para lo cual el pozo debe estar detenido. En caso contrario, se estará determinando un nivel dinámico. Registrar esta condición.
2. Con ayuda del pozómetro, determinar el nivel de aguas subterráneas al interior de la noria o pozo. Registrar este valor.
3. Utilizando el pozómetro, sumergir la huincha y sensor hasta el fondo de la captación, para medir su profundidad. Registrar este valor.

Para medir niveles en piezómetros, se utilizará la misma metodología anterior (pozómetro). En caso que en el lugar de medición se encuentre afloramiento de la napa, debe consignarse dentro de las observaciones.

Es muy importante que las mediciones se hagan siempre con respecto al mismo punto. Por ejemplo, respecto al suelo, a la parte superior de un tubo, etc. Como todas las captaciones son distintas, la Figura 22 muestra el punto de medición para captación.

Figura 22
Punto de referencia para mediciones de niveles, aguas subterráneas



C1 (borde superior, tubo pequeño)



C2 (borde superior balde)



C3 (borde superior tubo)



C4 (tablón superior)

Figura 22
Punto de referencia para mediciones de niveles, aguas subterráneas



C5 (suelo, sobre latón)



P1 (borde del tubo, sin tapa)



P2 (borde del tubo, sin tapa)



P3 (borde del tubo, sin tapa)

Si en un mismo pozo se deben medir niveles y tomar muestras para calidad de aguas, primero se debe medir el nivel con el pozómetro, pues no se debe bombear. Posteriormente, se bombea el sistema, y se extrae la muestra para determinar su calidad.

- **Meteorología**

6.14 Variables meteorológicas medidas por la DMC en Colina y Polpaico

Esta información debe ser solicitada externamente a la DMC. El detalle de la información a solicitar se presenta a continuación:

- Variables: Precipitación, Temperatura, Evaporación, humedad, dirección y velocidad del viento
- Frecuencia de medición variable: diaria
- Frecuencia de solicitud: mensual

Los datos de las estaciones a solicitar, se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8
Datos estaciones meteorológicas

Nº	Código nacional	Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Activada
1	33081	Polpaico	33° 08´	70° 52´	540	04/1992
2	33083	Colina (Fundo San Miguel)	33° 14´	70° 41´	570	05/1992

Cabe señalar que las estaciones mencionadas se encuentran fuera de la cuenca de Batuco, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23
Ubicación estaciones meteorológicas



- **Calidad de Aguas Superficiales**

6.15 Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC

Para este ítem, es posible la determinación de los parámetros en el mismo lugar (A1, A2, E1 o LC), por lo cual no se requiere toma de muestra. Sin embargo, si existiera alguna complicación, puede tomarse una muestra (Punto 7.1) y medir el parámetro fuera del lugar muestreado.

Para que la medición de OD y Temperatura sean representativas de la condición de terreno, deben determinarse en el terreno mismo, o bien, deben medirse inmediatamente tomada la muestra.

Para determinar los parámetros de calidad mencionados, se debe hacer uso del equipo multiparámetro, lo que se detalla en el Punto 8 de esta guía.

Consideraciones:

- Con un día de anticipación a la medición, chequear la calibración del equipo multiparámetro.
- De existir observaciones en el entorno, anotarlas (ejemplo, olor o color del agua, etc.).
- Al momento de la medición, procurar ubicar la sonda en un lugar con escurrimiento (no agua estancada), en caso de afluentes y efluentes.
- Asimismo, ubicar la sonda aguas abajo de cualquier alteración que pueda influir en los resultados.
- En el caso de la Laguna Central (LC), aproximarse los últimos metros en bote, para no levantar sedimentos y no alterar las mediciones.

6.16 Variables que mide la SISS en la PTAS La Cadellada

Esta información debe ser solicitada externamente a la SISS. El detalle de la información a solicitar se presenta a continuación:

- Variables: aquellas pertinentes a la normativa vigente aplicada. A la fecha, se exige a la PTAS La Cadellada, el cumplimiento del Decreto Supremo N° 90, Tabla 3 (descarga a cuerpos lacustres).
- Frecuencia de medición variable: mensual
- Frecuencia de solicitud: mensual

6.17 Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS

Para el desarrollo de esta actividad, seguir el mismo procedimiento establecido para la Actividad señalada en el Punto 6.15.

Al igual que en afluentes, efluente y Laguna Central, es posible realizar la medición de variable in-situ, es decir, no se requiere de toma de muestras.

Consideraciones:

- Con un día de anticipación a la medición, chequear la calibración del equipo multiparámetro.
- De existir observaciones en el entorno, anotarlas (ejemplo, olor o color del agua, etc.).
- Al momento de la medición, procurar ubicar la sonda en un lugar con escurrimiento (no agua estancada), en caso de afluentes y efluentes.
- Asimismo, ubicar la sonda aguas abajo de cualquier alteración que pueda influir en los resultados.
- Aproximarse los últimos metros en bote, para no levantar sedimentos y no alterar las mediciones.

6.18 Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC

Para la determinación del **perfil de temperatura** en LC, seguir los siguientes pasos:

1. Sumergir el sensor de CE (también mide temperatura) hasta una profundidad cercana al fondo. Registrar esta temperatura.
2. Repetir el procedimiento a una profundidad media. Registrar la temperatura
3. Finalizar midiendo la temperatura en superficie. Registrar la temperatura

Es muy probable que no se registre estratificación de temperatura, sobre todo en invierno. Sin embargo, **de observar cambios significativos de temperatura entre las distintas mediciones, repetir el procedimiento, pero registrando las distintas profundidades.**

Consideraciones:

- Tener presente que el sensor de temperatura está aproximadamente en la mitad de la sonda (sin considerar cable).
- En caso de haber viento, cuidar que no se modifique la profundidad durante la medición.
- Mantener la convención de medición de profundidades (de superficie a fondo o viceversa), durante la determinación del perfil de temperatura.

Para aplicar la metodología de **Disco Secchi**, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Sumergir lentamente el disco, hasta una profundidad donde ya no sea visible.
2. Desde la profundidad anterior, levantar cuidadosamente el disco, hasta que éste sea visible nuevamente.
3. Repetir el procedimiento anterior, esta vez, registrando las profundidades a las cuales se deja de ver el disco y cuando se ve nuevamente.
4. El valor de profundidad definitivo, será el promedio entre los valores de subida y de bajada.

Consideraciones:

- Antes de la medición, verificar la perpendicularidad de la cuerda respecto al disco.
- Para validez de las mediciones, éstas deben realizarse durante en la mañana, en lo posible antes de las 13:00.
- Procurar no tapar la luz del sol con el cuerpo, al momento de la medición.

Figura 24
Medición con Disco Secchi



6.19 Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estaciones LNO, LN y LS

Para el desarrollo de esta actividad, seguir el mismo procedimiento establecido para el Punto 6.18.

6.20 Turbiedad, nutrientes (N total, N kjeldahl, N-NH₃, N-NO₃ y Ptotal), DBO, DQO en todas las estaciones en la Laguna

La determinación de los parámetros en esta actividad, requiere la toma de muestras y su análisis en laboratorio acreditado. Para ello, seguir el procedimiento descrito en el Punto 7.1.

Además de la toma de muestras, deben tenerse las siguientes consideraciones:

Sobre la recepción de envases:

- Previo al muestreo (en lo posible el día anterior), el encargado de éste debe dirigirse a el o los laboratorios respectivos, a recepcionar los envases, la planilla para la cadena de custodia y una caja aislante para el almacenamiento de las muestras.
- Todos los envases deben estar esterilizados, por lo que no es necesario enjuagarlos en el momento de muestreo. Debe tenerse especial cuidado en los envases que contengan preservantes, para no derramarlos.

Sobre la cadena de custodia:

- Normalmente, al momento de recepcionar los envases, se recibe también una hoja que debe completarse con la información de cada muestra (identificación, hora de la muestra, pH, T°, etc.). Deberán chequearse estos campos antes del muestreo, para no olvidar registrar ninguno de ellos.

Sobre la devolución de muestras a laboratorio:

- Según lo que se acuerde con el laboratorio respectivo, deberán devolverse las muestras y la cadena de custodia a la brevedad, en especial si se están midiendo nutrientes y parámetros biológicos.
- El plazo de devolución normalmente es en la tarde del día de muestreo, o como máximo, a la mañana siguiente. Este ítem debe acordarse con el laboratorio.

6.21 Metales y fósforo en sedimentos en todas las estaciones en la Laguna

La determinación de los parámetros en esta actividad, requiere la toma de muestras y su análisis en laboratorio acreditado. Normalmente en este caso, los envases no son proporcionados por el laboratorio, por lo que deben adquirirse externamente.

Para el muestreo, seguir el procedimiento del Punto 7.3.

- **Calidad de Aguas Subterráneas**

6.22 Temperatura, pH, EC, OD y potencial redox en C1, C2, C3, C4 y C6 y en todos los piezómetros

El desarrollo de esta actividad requiere de la extracción de muestras, y de su análisis fisicoquímico, utilizando el equipo multiparámetro.

Respecto a la extracción de muestras, consultar el Punto 7.2 de esta guía.

Respecto al análisis fisicoquímico, consultar el Punto 8 de esta guía.

6.23 Níquel en P1 y P2

El desarrollo de esta actividad requiere de la extracción de muestras, y de su análisis fisicoquímico, en laboratorio acreditado (SERNAGEOMIN).

La muestra final, debe permitir el llenado de un recipiente de 50 ml, con preservante, que se mandará al laboratorio respectivo para la determinación del Níquel.

Respecto a la extracción de muestras, consultar el Punto 7.2 de esta guía.

Respecto al análisis fisicoquímico, consultar el Punto 8 de esta guía.

6.24 Cromo en P1 P2

Seguir el mismo procedimiento del Punto 6.23.

6.25 Cloruros en C2, C3 y C4

Seguir el mismo procedimiento del Punto 6.20.

6.26 NO₃ en C6, P1, P3

Seguir el mismo procedimiento del Punto 6.20.

6.27 Metales en C2, C4 y C6

Seguir el mismo procedimiento del Punto 6.23.

7 Metodología para la toma de muestras

7.1 Muestras de aguas superficiales

La toma de muestras es uno de los procedimientos más importantes, pues ello determinará en forma importante, la calidad de los resultados que se midan, en relación a la calidad del agua.

1. Acceder al lugar de muestreo. Procurar que se extraigan muestras de agua corriendo (no estancada)
2. Con el muestreador, sacar una muestra de agua

Figura 25
Extracción de muestra, aguas superficiales



3. Enjuagar la jarra y botar el agua, lejos de la zona de muestreo, de modo de no intervenirla.
4. Repetir lo anterior, haciendo 3 enjuagues de la jarra
5. Llenar la botella plástica

Figura 25
Toma de muestras, llenado de la botella plástica



6. Si la botella no tiene preservantes, realizar tres enjuagues. El cuarto llenado corresponde a la muestra definitiva.
7. Rotular el envase. El nombre que se dará a la muestra es el del lugar que se muestreó (ejemplo, A1, LC, E1, etc.).
8. Si la muestra se enviará a laboratorio, guardar en un lugar fresco y seguro.
9. Si la muestra se analizará con el equipo multiparámetro, analizar a la brevedad, siguiendo los pasos del Punto 8.

Sobre los envases y preservantes

La cantidad de agua a extraer, dependerá de la capacidad de los envases a utilizar.

Para aguas superficiales, se tendrán 2 casos:

1. Muestra a analizar en laboratorio

Para este caso, los envases en general son proporcionados por el laboratorio.

- En el caso de parámetros biológicos y cloruros (Hidrolab), los envases normalmente son de 1 litro, con doble tapa, y en general contienen preservantes. No es necesario enjuagar estos envases, basta llenarlos con la muestra.
- En el caso de metales en agua, níquel y cromo (SERNAGEOMIN), los envases también pueden ser solicitados en laboratorio. Sin embargo, ya que se requiere una menor cantidad de muestras, el encargado de monitoreo se puede hacer cargo de éstos.

En este último caso se requieren envases plásticos (polipropileno alta densidad) de 50 ml, a los cuales hay que agregarles un preservante (2 ml HNO₃ grado p.a. al 50% concentración por cada 100 ml de muestra). La cantidad de preservante, equivale a unas 10 gotitas para un envase de 50 ml.

Si se reutilizan los envases, se recomienda realizar los 3 enjuagues, tomar la muestra, y luego agregar el preservante.

Recordar rotular los envases, taparlos bien, y almacenar en lugar fresco y seguro.

2. Muestra a analizar en terreno

Pese a que los puntos de muestreo superficial no requieren de toma de muestras (se puede medir in situ), podrían darse condiciones desfavorables que requirieran de la toma de muestras.

En este último caso, utilizar envases plásticos (polipropileno alta densidad) de 50 ml.

En lo posible, estos envases deben ser nuevos. Sin embargo, dada la baja frecuencia de muestreo, es posible reutilizarlos, lavándolos previamente con agua destilada, y realizando el procedimiento de los 3 enjuagues en terreno.

Respecto a lo último, evitar mezclar envases usados para muestreo superficial y subterráneo.

Para este tipo de análisis no se requieren preservantes.

7.2 Muestras de aguas subterráneas

Al igual que en el caso de las aguas superficiales, el agua a muestrear debe representar la situación del lugar de muestreo y sus alrededores, por lo que debe estar escurriendo (no estancada). Por ende, en el caso de aguas subterráneas, será muy importante bombear antes de sacar la muestra.

Ya que la extracción de muestras se hace desde pozos con bomba o piezómetros, se tienen 2 alternativas para la toma de muestra.

1. Muestreo desde llave.

Si el pozo tiene una bomba instalada, la muestra se toma directamente desde una llave con la bomba funcionando. Esto ocurre en el caso de todas las captaciones.

Para ello:

- Una vez en el lugar de muestreo, encender la bomba. Recordar que si además se medirán niveles en el pozo, esto debe hacerse antes de encender la bomba.
- Luego de 1 minuto de funcionamiento, abrir la llave. Dejar correr el agua unos 30 segundos.
- Enjuagar la botella y botar el agua (en caso que la botella no tenga preservantes)

Figura 26
Llenado



- Repetir lo anterior, haciendo 3 enjuagues de la botella
- Al cuarto llenado (muestra definitiva), cerrar herméticamente el envase y rotular.
- Dejar cerrada la llave y detenida la bomba antes de dejar el lugar.

2. Muestreo con bomba manual y bailer.

Si el pozo no tiene una bomba instalada, la muestra debe sacarse bombeando, para evitar que se saque agua estancada, o agua que no provenga del acuífero. Esto ocurre en el caso de todos los piezómetros.

Para ello:

- Acceder al piezómetro a controlar
- Conectar las piezas del bombeador manual
- Bombear el agua superficial de cada piezómetro. Se recomienda bombear aproximadamente unas 3 veces el volumen de agua almacenado en el sondaje.
En este caso, bombear entre 25 y 30 litros de cada piezómetro (1 balde mediano), o bien, hasta notar que se extrae agua de baja turbiedad.

Figura 27
Bombeo manual desde piezómetro



- Sumergir el muestreador plástico y extraer una muestra. Enjuagar y repetir 3 veces.
- Vaciar la cuarta extracción del muestreador plástico, en una botella plástica de 50 ml. Enjuagar la botella y botar el agua (en caso que la botella no tenga preservantes)

Figura 28
Toma de muestra con bailer



- Repetir lo anterior, haciendo 3 enjuagues de la botella
- Al cuarto llenado (muestra definitiva), cerrar herméticamente el envase y rotular.

7.3 Muestras de sedimentos

En este caso, se extrae una muestra desde el sedimento de la Laguna, para lo que se deben seguir los siguientes pasos:

1. Aproximarse al lugar de muestreo, cuidando no intervenir el lugar de toma de muestra.
2. Con una pala plástica limpia (limpiar antes con agua destilada fuera de la zona de muestreo), extraer una muestra de sedimento de fondo, en la cantidad previamente indicada por laboratorio (suficiente para llenar envase).
3. Guardar esta muestra en un recipiente hermético y esterilizado. Rotular. Cerrar y almacenar en lugar fresco.
4. Registrar la hora de toma de muestra.

Figura 29
Muestreo de sedimentos



8 Uso del equipo Multiparámetro

8.1 Descripción del equipo

El equipo multiparámetro Multi 340i, WTW, es un mini laboratorio que permite medir parámetros generales de calidad de agua, ya sea in-situ o mediante la toma de una muestra. Es un equipo bastante resistente y fácil de usar.

El equipo Multi 340i, consta de las siguientes componentes:

- Instrumento multiparamétrico Multi 340i. Incluye 1 sensor de oxígeno disuelto (OD), 1 sensor de pH y 1 sensor de conductividad eléctrica (CE). Adicionalmente, se adquirió 1 sensor de potencial Redox (U).
- Maletín profesional con espacio incorporado para mediciones, 2 soportes STH 320, dos vasos graduados, armadura protectora SM 325, correa para transporte y 2 portaelectrodos.
- Accesorios de calibración y mantenimiento, instrucciones de uso.

Las componentes del equipo se muestran en la **Figura 30**.

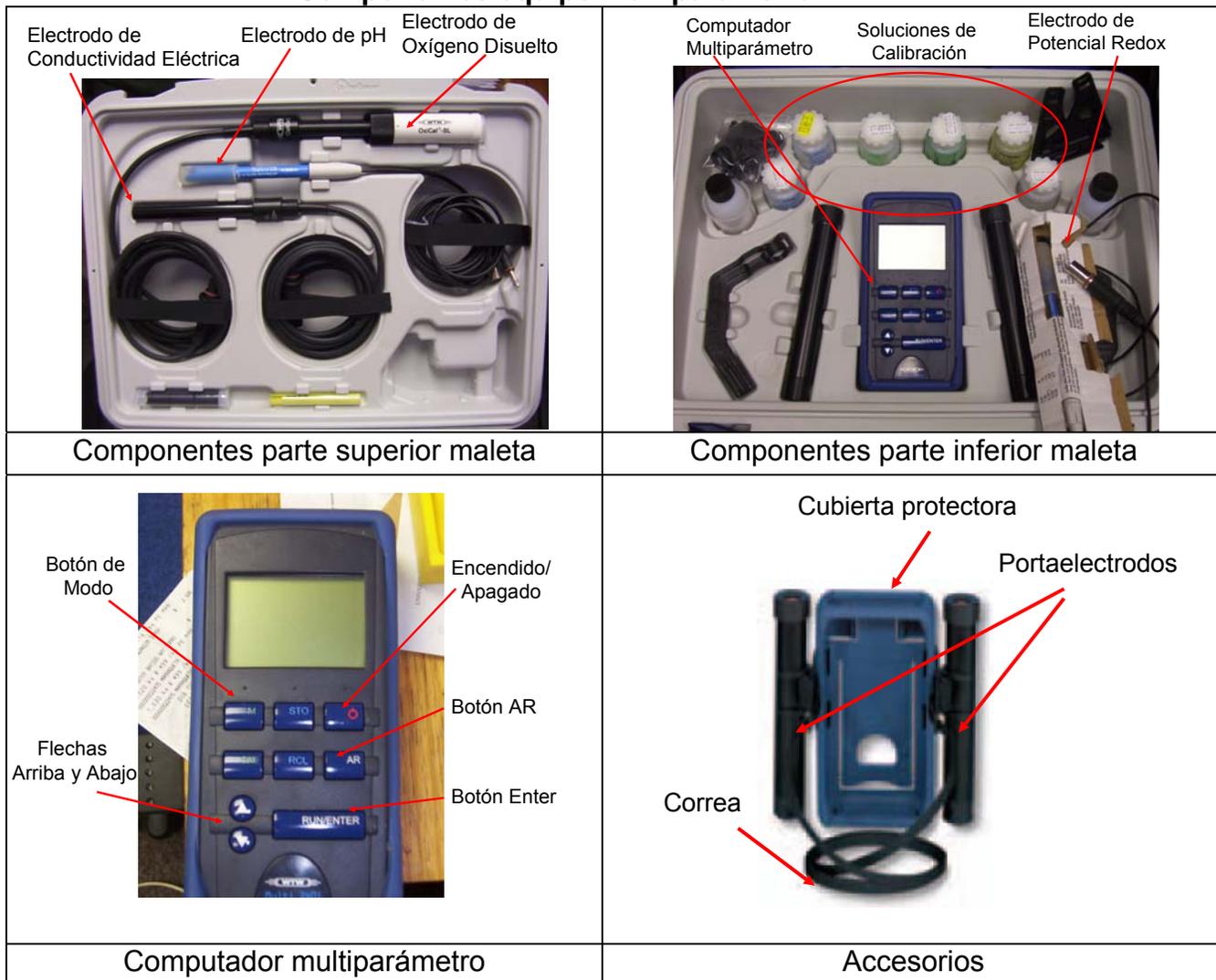
El equipo tiene una garantía de 3 años. El distribuidor es Merck, ubicado en la calle Francisco de Paula Taforó N° 1981, Ñuñoa, Santiago.

- **Alimentación**

El equipo se alimenta con 4 pilas AA, 1.5 V. Puede ser conectado también a la corriente eléctrica, mediante un adaptador WTW (no incluido).

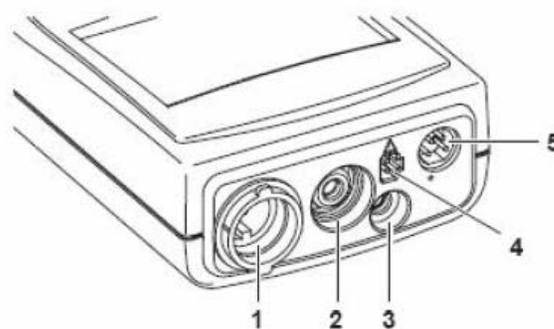
En la parte trasera del equipo, existe un panel desmontable (necesita ser desatornillado), donde se pueden cambiar las pilas.

Figura 30
Componentes equipo multiparámetro



• **Conexiones**

- 1 Sensor de OD o CE
- 2 Sonda de medición de pH
- 3 Sensor térmico de pH
- 4 Transformador de alimentación para conexión a la red.
- 5 Interfase serial RS 232



- **Pantalla**

En la Figura 31 se muestran las distintas opciones que pueden visualizarse en la pantalla del equipo multiparámetro.

- Indicación del estado actual: en la parte superior de la pantalla, aparece un símbolo, que indica el parámetro que se está midiendo. Ello dependerá, del sensor que haya sido conectado.

U indicador de medición de potencial redox
 pH indicador de medición de pH
 O₂ indicador de medición de oxígeno disuelto
 X indicador de medición de conductividad eléctrica
 Sal indicador de medición de salinidad

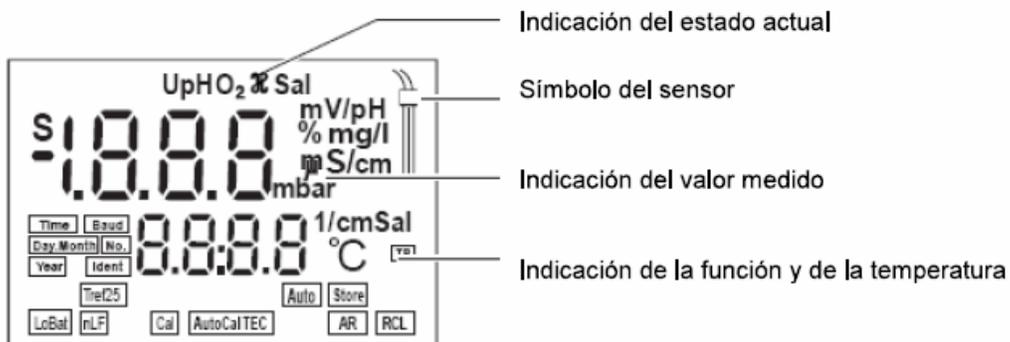
- Símbolo del sensor: indica el grado de calibración del sensor conectado. Se simboliza por un tubo (sensor) ennegrecido en tres secciones. Mientras más secciones aparezcan ennegrecidas (3 como máximo), mejor será la calibración del sensor.

- Indicación del valor medido: indica el resultado obtenido por el equipo para el parámetro en medición. Se simboliza por un número (positivo o negativo) y una unidad. Las unidades asociadas a cada parámetro son:

U mV (mili volts)
 pH adimensional (sin unidades)
 O₂ mg/l
 X μS/cm, mS/cm (1mS/cm = 1000 μS/cm)
 Sal adimensional (sin unidades)

- Indicación de la función y de la temperatura: el cuadrado pequeño, indica la tecla que se encuentra activada en ese momento. La temperatura, se indica a la izquierda del cuadrado, y se mide en °C.

Figura 31
Pantalla equipo multiparámetro



- **Modos de medición**

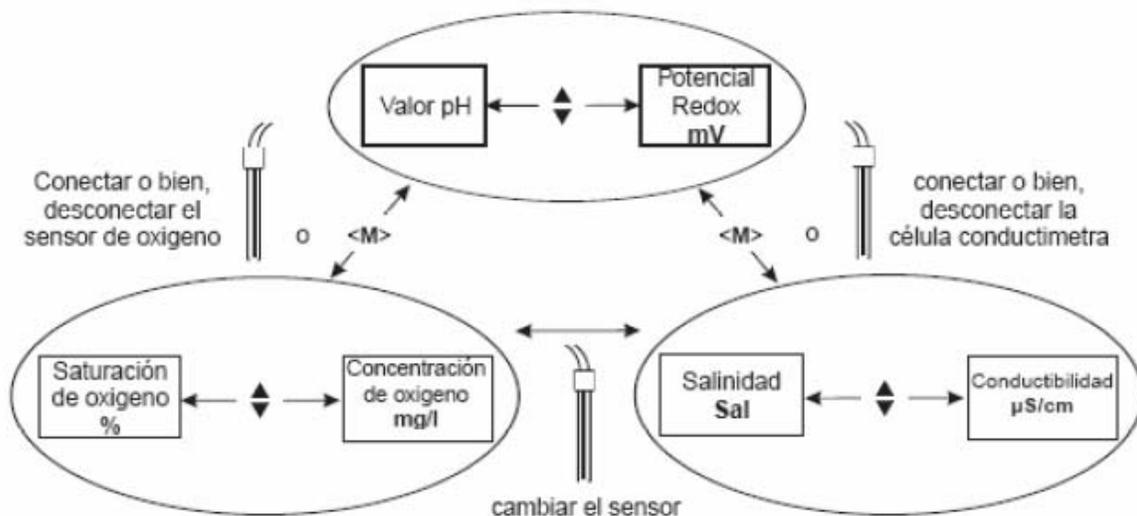
La Figura 32, muestra los distintos modos de medición del equipo multiparámetro, para los 4 sensores que se tienen.

Por ejemplo, al conectar el sensor de pH (óvalo superior, Figura 32), el equipo detecta automáticamente que fue conectado este sensor. Como el sensor de potencial redox (U) tiene el mismo tipo de enchufe, las flechas permiten cambiar entre pH o U, dependiendo de cuál de ellos esté conectado.

Luego, si se conectara el sensor de conductividad eléctrica (\mathcal{X}), el equipo lo detectará automáticamente, o bien, presionando la tecla de modo <M>, se puede cambiar entre pH o conductividad, si ambos estuviesen conectados. Al mismo tiempo, mediante las flechas, se puede cambiar de tipo de medición para la conductividad eléctrica (Sal o \mathcal{X}).

Finalmente, para medir oxígeno disuelto (O_2), debe desconectarse el sensor de \mathcal{X} ya que tienen el mismo tipo de conexión. Nuevamente, con las flechas, se puede cambiar entre medir concentración de O_2 (mg/l) o bien saturación de oxígeno (%). Si el sensor de pH o potencial redox se encontrara conectado, el botón <M> permite cambiar entre uno u otro.

Figura 32
Modos medición equipo multiparámetro



- **Funciones especiales del equipo**

Auto Read o <AR>: la función Auto Read <AR>, verifica la estabilidad de la señal de medición. Esta función se aplica en todos los parámetros a medir, a excepción del potencial redox.

Se activa presionando el botón <AR>. Para iniciar la medición Auto Read, presionar <RUN/ENTER>. Al comenzar la medición, el símbolo <AR> parpadeará en la pantalla. Cuando la señal se estabiliza, dejará de parpadear.

Si se quiere detener el modo Auto Read durante una medición, bastará presionar <RUN/ENTER>, y se mostrará en pantalla el valor actual del parámetro.

Se recomienda usar esta función en la medición de pH y oxígeno disuelto, que son los parámetros aplicables de más lenta estabilización.

Medición de temperatura: tanto el sensor de pH como de conductividad eléctrica, poseen un sensor de temperatura. Por lo tanto, al medir pH o \mathcal{X} , la temperatura (indicación TP) aparecerá en pantalla de forma automática.

Debido a que el sensor de \mathcal{X} demora menor tiempo en estabilizarse, se recomienda registrar la temperatura que entregue este sensor. Sin embargo, lo importante será ajustarse siempre a un mismo sensor, es decir, medir siempre la temperatura con uno de los 2 sensores posibles.

Selección del rango de medición AutoRange: para las mediciones de OD y \mathcal{X} se dispone de varios rangos de medición (ejemplo, $\mu\text{S/cm}$, mS/cm para \mathcal{X}). La función AutoRange permite que el equipo cambie automáticamente al siguiente rango de medición, sin sobrepasar el rango de medición actual.

Corrección del contenido en sal al medir O_2 : al efectuar mediciones de la concentración de oxígeno en soluciones con un contenido de sal mayor a 1 g/l, es necesario corregir el contenido.

Para ello, presionar la tecla <CAL> repetidamente hasta que en el display aparezca Sal. Luego, con la tecla <▲><▼> ingresar el contenido en sal. Manteniendo presionada la tecla <RUN/ENTER> y conectando <▲>, activar la función de corrección del contenido en sal (indicación Sal). Para desconectar la función, presionar <▼> manteniendo oprimida la tecla <RUN/ENTER>.

Temperatura de referencia de la conductividad eléctrica: la temperatura de referencia puede ser cambiada entre 20°C y 25 °C. En el display aparece el valor elegido (Tref20), o bien Tref25. Normalmente se refieren los valores de conductividad eléctrica a 25°C.

8.2 Medición de calidad de aguas

A continuación se describen los distintos sensores de medición de parámetros de calidad de aguas. Se abordarán sus características generales, su calibración y su uso.

8.2.1 Medición de pH y temperatura

- **Características sensor de pH**

El sensor de pH SenTix 41-3, es un dispositivo combinado, que permite medir simultáneamente los parámetros pH (0-14) y temperatura (0-80°C). Su electrolito de referencia es de tipo gel.

Posee una conexión doble, cada una de las cuales permite medir por separado pH y temperatura respectivamente.

- **Mantenimiento sensor de pH**

La parte inferior del sensor de pH, se almacena en una membrana que contiene KCl 3 mol/l. Al estar sumergido en esta solución, el sensor de pH se mantiene humectado, lo cual es esencial para su correcto funcionamiento.

Una vez que terminen las mediciones de un día, es vital enjuagar el sensor de pH con agua destilada, y luego guardarlo con la membrana y algunas gotas de la solución de KCl.

También es importante enjuagar el sensor con agua destilada, cada vez que se empiece con una nueva medición, y al terminar con ella, si se guardó con su membrana. Ello tiene por objeto, no alterar las mediciones en las muestras en determinación.

Es normal que, producto de las mediciones y de la solución de mantenimiento, se forme una película blanquecina sobre el sensor. Esta debe ser removida, limpiando con un paño o toalla de papel humedecido en agua destilada.

Figura 33
Sensor de pH



- 1 Sensor de pH
- 2 Cubierta protectora con solución de KCl
- 3 Conector de sensor de pH
- 4 Conector de sensor de T°
- 5 Solución buffer para caibración, pH = 4.01
- 6 Solución buffer para caibración, pH = 7.00
- 7 Solución de preservación, 3 mol/l de KCl

- **Calibración sensor de pH**

La calibración permite, mediante soluciones estándar, que el sensor de pH determine los valores en otras soluciones desconocidas, mediante comparación entre ambas.

La calibración se realiza debido al desgaste de los electrodos de pH, lo que cambia su punto cero de medición, por lo que los valores entregados pierden precisión. Con la calibración se corrige esta falencia y se obtienen resultados precisos.

El sistema se debe calibrar a intervalos regulares y principalmente cuando parpadea el símbolo del sensor, cuando ya ha pasado el intervalo de calibración, o al cambiar pilas.

El sensor de pH puede ser calibrado en 2 rangos: 4-7 o 7-10, con 1 o 2 puntos. Se recomienda el rango 4-7 con 2 puntos, ya que el sensor presenta una mejor estabilidad en sus mediciones. La maleta multiparámetro, incluye 2 soluciones de calibración (buffers). Éstos son pH 4.01 y pH 7.00, como se muestra en la Figura 34.

Por otra parte, en la medida de lo posible, debe calibrarse en terreno, para tener un ajuste más real de la temperatura de campo.

Para calibrar el sensor de pH, seguir los siguientes pasos:

- 1 Retirar la tapa de goma del sensor. Cuidar no derramar la solución.
- 2 Enjuagar el sensor con agua destilada.
- 3 Conectar el sensor de pH y encender el equipo multiparámetro.
- 4 Presionar <CAL>. El equipo pedirá la primera solución estándar, bajo el símbolo <Ct1>.
- 5 Sumergir el sensor en la solución buffer pH 4.01 (solución amarilla).
- 6 Presionar <RUN/ENTER>. El equipo detecta el buffer 4.01 y muestra ese valor en pantalla.
- 7 Presionar <RUN/ENTER>.
- 8 El equipo pedirá la segunda solución estándar, bajo el símbolo <Ct2>.
- 9 Limpiar el sensor con agua destilada.
- 10 Sumergir el sensor en la solución buffer pH 7.00 (solución verde).
- 11 Presionar <RUN/ENTER>. El equipo está calibrado y muestra la pendiente, cercana a -59.2 mV/pH a 25°C, además de las barras de calibración.
- 12 Si se presiona nuevamente <RUN/ENTER>, el equipo muestra la simetría de la calibración, en mV. Esta es una medida de la vida útil del sensor.

Calibración con 3 barras: simetría hasta 2 mV
Calibración con 2 barras: simetría >10 mV
Calibración con 1 barra: simetría > 20 mV
- 13 Se ha finalizado la calibración. Presionando <M> el equipo está listo para medir. Limpiar el sensor con agua destilada.

- **Medición de pH**

- 1 Una vez en el lugar a muestrear, encender el equipo. Conectar la sonda de pH a la parte trasera del equipo.
- 2 Quitar la cubierta de goma con preservante de KCl. Enjuagar con agua destilada.
- 3 Sumergir la sonda de pH (extremo sin cable) en aproximadamente 3/4 de su longitud, ya sea en la muestra extraída (frasco de 50 ml) o in-situ. Al sumergir el sensor, tratar que esté lo más vertical posible, para eliminar las burbujas de fondo.
- 4 Cuando en la pantalla comiencen a aparecer valores de pH, presionar <AR> y luego <RUN/ENTER>. El símbolo <AR> comenzará a parpadear hasta estabilizarse.
- 5 Una vez estabilizada la medición, registrar el valor de pH y Temperatura (°C).

- 6 Una vez finalizada la medición, lavar con agua destilada la parte sumergida de la sonda y secar.
- 7 Si se finalizaron las mediciones, guardar el sensor de pH limpio en la solución de KCl, apagar el equipo y guardar.

8.2.2 Medición de potencial redox (U)

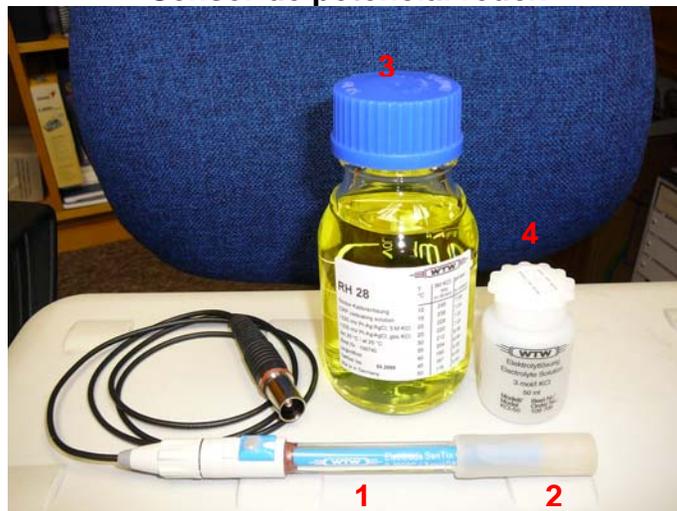
- **Características sensor de potencial redox**

El sensor combinado de potencial redox, modelo SenTix ORP, permite la medición de potencia redox, para un rango de temperaturas que va entre los 0 y 100°C. Su electrolito de referencia es el KCl 3 mol/l, por lo cual el sensor está relleno de esta solución.

El sensor no permite la medición simultánea de la temperatura, pese a que ésta es un parámetro que está muy relacionado con el potencial redox. Por esta razón, se recomienda medir el potencial redox utilizando además un termómetro (rango -5°C a 30°C), para medir simultáneamente la temperatura.

En su parte superior, el sensor tiene un switch que permite variar entre las posiciones <0> (cerrado) y <1> (abierto), como se muestra en la Figura 35. Siempre que el sensor esté sin usar, el switch debe marcar <0>, o de lo contrario se derramará el líquido que contiene en su interior. Por el contrario, al momento de medir, el switch debe estar abierto (<1>).

Figura 34
Sensor de potencial redox



- 1 Sensor de potencial redox
- 2 Cubierta protectora con solución de KCl
- 3 Tampón RH-28 para calibración
- 4 Solución de preservación, 3 mol/l de KCl

- **Mantenición sensor de potencial redox**

La parte inferior del sensor de potencial redox, se almacena en una tapa que contiene KCl 3 mol/l. Al estar sumergido en esta solución, el sensor se mantiene humectado, lo cual es esencial para su correcto funcionamiento.

Una vez que terminen las mediciones de un día, es vital enjuagar el sensor de con agua destilada, y luego guardarlo con la membrana y algunas gotas de la solución de KCl.

También es importante enjuagar el sensor con agua destilada, cada vez que se empiece con una nueva medición, y al terminar con ella, si se guardó con su membrana. Ello tiene por objeto, no alterar las mediciones en las muestras en determinación.

Es normal que, producto de las mediciones y de la solución de mantención, se forme una película blanquecina sobre el sensor. Esta debe ser removida, limpiando con un paño o toalla de papel humedecido en agua destilada.

Además, la parte interior del sensor siempre debe estar llena de la misma solución de KCl. Como se dijo anteriormente, ésta puede perderse si el switch queda abierto. De ocurrir esto, debe rellenarse a la brevedad, utilizando el gotario provisto en la maleta. Esto se realiza llevando el switch a la posición <1>, donde se descubre un orificio que permite el llenado.

Figura 35
Detalle sensor de potencial redox



- **Calibración sensor de potencial redox**

El sistema se debe calibrar a intervalos regulares y principalmente cuando parpadea el símbolo del sensor, cuando ya ha pasado el intervalo de calibración, o al cambiar pilas.

El sensor de potencial redox se puede ajustar mediante una solución tampón, RH 28, que es un buffer de pH 7 y U_H de 427 mV.

El valor de potencial redox con el sensor de hidrógeno estándar (U_H), se obtiene mediante la siguiente conversión:

$$U_H = U_{\text{medido}} + U_{\text{referencia}}$$

Donde:

U_H : potencial redox con electrodo de hidrógeno estándar, el cual, para la solución tampón, vale 427 mV.

U_{medido} : potencial redox medido con el equipo. Para la solución tampón, los valores aproximados de U según temperatura son:

Temperatura (°C)	Ureferencia (mV) (+/- 10 mV)	pH (+/- 0.05 pH)	Temperatura (°C)	Ureferencia (mV) (+/- 10 mV)	pH (+/- 0.05 pH)
10	245	7.08	35	204	6.96
15	236	7.04	40	195	6.95
20	228	7.02	45	187	6.95
25	220	7.00	50	178	6.95
30	212	6.98			

$U_{\text{referencia}}$: potencial redox de referencia, el cual depende de la temperatura según la siguiente tabla.

Temperatura (°C)	Ureferencia (mV)	Temperatura (°C)	Ureferencia (mV)
0	224	40	196
5	221	45	192
10	217	50	188
15	214	55	184
20	210	60	180
25	207	65	176
30	203	70	172
35	200		

Como los valores de potencial redox dependen de la temperatura, lo más recomendable es medir varios valores de U, a distintas temperaturas, para confeccionar una curva de calibración del tipo U vs T°.

- **Medición de potencial redox**

Para medir un valor de potencial redox, seguir los siguientes pasos:

- 1 Conectar el sensor de potencial redox a la parte trasera del equipo. Conectar también el sensor de conductividad eléctrica, para medir temperatura.
- 2 Quitar la cubierta de goma con preservante de KCl. Enjuagar con agua destilada.
- 3 Llevar el switch de la parte superior del sensor a la posición <1> (abierto).
- 4 Sumergir la sonda de U (extremo sin cable) en aproximadamente 3/4 de su longitud, ya sea en la muestra extraída (frasco de 50 ml) o in-situ (de preferencia). Al sumergir el sensor, tratar que esté lo más vertical posible, para eliminar las burbujas de fondo.
- 5 Esperar a que el valor de potencial redox (en mV) se estabilice. Normalmente este proceso puede tardar varios minutos. Se recomienda registrar el valor del potencial, una vez que las variaciones sean de 1 mV, aproximadamente cada 30 segundos.
- 6 Registrara el valor del potencial redox en mV. Con el botón <M>, cambiar al modo de conductividad eléctrica, y registrar la temperatura.
- 7 Una vez finalizada la medición, lavar con agua destilada la parte sumergida de cada sonda y secar.
- 8 Si se finalizaron las mediciones, guardar el sensor de U limpio en la solución de KCl, apagar el equipo y guardar.

8.2.3 Medición de oxígeno disuelto

- **Características sensor de oxígeno disuelto**

El sensor de oxígeno disuelto, modelo CelloX 325, posee un sensor galvánico, con un recipiente de calibración y almacenamiento. Permite medir concentraciones de O_2 con distinta precisión (0.5% del valor medido), en dos rangos, de 0 a 19.99 mg/l, y 0 a 99.0 mg/l.

Posee un sistema de compensación de temperatura (2% a 0 ... 40 °C), y de corrección por salinidad (automática de 0.0 ... 70.0, ajustable por pantalla).

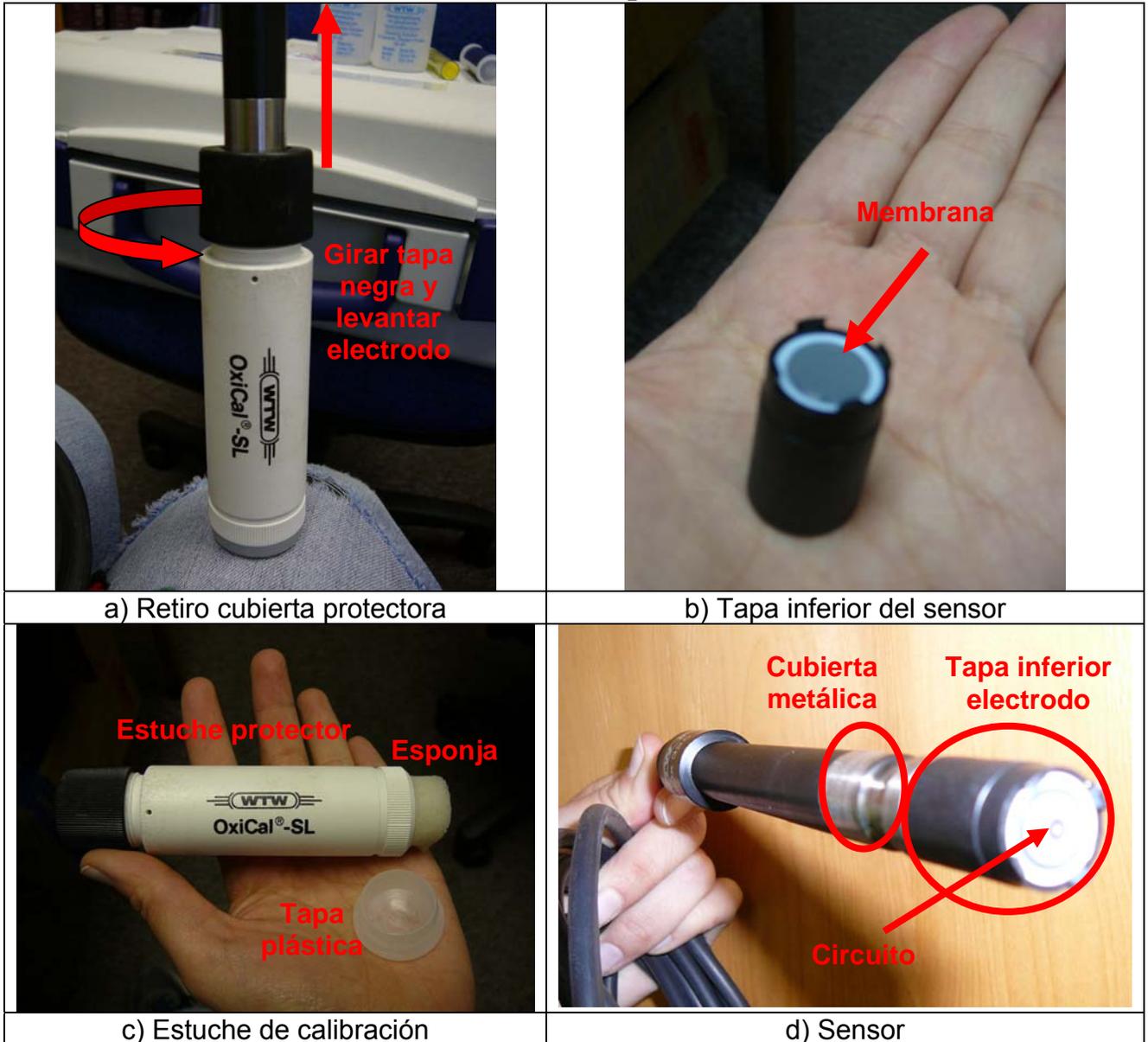
Funciona en el rango de -5.0 a +50.0 °C de temperatura.

Figura 36
Equipo de oxígeno disuelto



- 1 Sensor de oxígeno disuelto
- 2 Cubierta protectora y recipiente de calibración
- 3 Solución ELY/G para mantenimiento de la membrana
- 4 Solución RL-G para limpieza del sensor
- 5 Membranas de repuesto
- 6 Lija para mantenimiento de circuito

Figura 37
Detalle sensor O₂



- **Mantenimiento sensor de oxígeno disuelto**

El sensor de oxígeno disuelto es uno de los más sensibles dentro del equipo multiparámetro. Por esta razón, su mantenimiento y cuidados demandan algo más de trabajo que el resto de los sensores.

Estuche protector (Figura 37.a)

1. Para evitar dañar el sensor o la tapa protectora, girar primero la tapa negra (no es necesario removerla), y cuando esté lo suficientemente suelta, levantar el sensor y sacarlo.

Tapa inferior sensor (Figura 37.b)

1. Para chequear el estado de la tapida, desatornillarla del sensor (girar).
2. Es importante que al mirar la tapa a contraluz, la membrana se vea transparente, sin suciedad. Si está sucia, limpiar con un chorrito de agua destilada. Si la suciedad no se elimina, cambiar por una de las tapas de repuesto.
3. La membrana de la tapa, debe mantenerse siempre humectada con la solución ELY/G (Figura 36X). Para ello, usando una jeringa o un gotario, rellenar la tapida hasta la mitad con esta solución. La
4. Cuando se vuelva a poner la tapida, atornillarla ladeada, para que salgan las burbujas que pudieran acumularse.

Estuche de calibración (Figura 37.c)

El estuche de calibración tiene en su parte inferior una tapa plástica transparente. Al removerla, queda al descubierto una esponja, la cual siempre debe estar húmeda con agua destilada. Cuidar que no esté con exceso de agua.

Sensor (Figura 36.d)

1. Para este sensor, es de mucha importancia evitar cualquier tipo de golpes, sobre todo de la cubierta metálica.
2. Para chequear el sensor, quitar la tapita inferior del sensor. Cuidar que no se derrame el líquido de su interior. El sensor se verá como muestra la Figura 38.

Figura 38
Sensor de O₂



3. La parte gris del sensor, se mantiene sumergiéndola en la solución RL/G, durante aproximadamente 1 minuto. Luego de esto, lavarla con abundante agua destilada.
4. El sensor metálico (punto dorado), se mantiene lijándolo húmedo. Para ello, agregarle una gota de agua y luego pasar la lija. Nunca lijar en seco.

- **Calibración sensor de oxígeno disuelto**

El sistema se debe calibrar a intervalos regulares y principalmente cuando parpadea el símbolo del sensor, cuando ya ha pasado el intervalo de calibración, o al cambiar pilas.

Para calibrar el equipo, seguir los siguientes pasos:

1. Remover el sensor de la cubierta protectora.
2. Quitar la tapa plástica transparente de la cubierta protectora.
3. Chequear que la esponja esté sumergida en agua destilada.
4. Conectar el sensor al equipo multiparámetro. Chequear que se esté midiendo O₂.
5. Guardar el sensor en el estuche de calibración.
6. Presionar <CAL>.
7. Presionar <RUN/ENTER>. El símbolo <AR> comenzará a parpadear. Dejará de hacerlo cuando el sensor esté calibrado.
8. Apagar el equipo y guardar, o bien comenzar a medir.

- **Medición de O₂**

Para medir concentración de O₂ o saturación, seguir los siguientes pasos:

1. Remover el sensor de la cubierta protectora.
2. Conectar el sensor al equipo multiparámetro. Chequear que se esté midiendo O₂.
3. Agitar la muestra para generar burbujas, antes de comenzar la medición.
4. Sumergir el sensor en la muestra que se desea medir.
5. Presionar <AR>.
6. Presionar <RUN/ENTER>. El símbolo <AR> comenzará a parpadear hasta que el valor se haya estabilizado.
7. Cuando <AR> deje de parpadear, registrar el valor de O₂ medido y sus unidades.
8. Enjuagar el sensor con agua destilada, antes de guardar en la cubierta protectora o de volver a medir.

8.2.4 Medición de conductividad eléctrica y temperatura

- **Características sensor de conductividad eléctrica**

El sensor, modelo TetraCon 325, permite la medición de conductividad eléctrica en 5 rangos automáticos entre $0.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ a $500 \text{ mS}/\text{cm}$. Opera con dos temperaturas de referencia seleccionables (20°C o 25°C).

Opera en dos modalidades: medición de conductividad eléctrica o de salinidad.

Figura 39
Sensor de conductividad eléctrica



- 1 Sensor de χ
- 2 Solución de calibración 0.01 mol/l KCl

- **Mantenimiento sensor de conductividad eléctrica**

El electrodo que mide la conductividad eléctrica, se encuentra en la parte inferior del sensor, dentro de la zona ranurada (círculos negros). Por lo tanto, esta es la parte que más debe cuidarse del equipo.

- 1 Limpiar el electrodo por fuera sólo con agua y toalla de papel.
- 2 Limpiar la parte ranurada del sensor, sólo con papel.
- 3 No raspar con nada que pueda rallar los electrodos (al interior del rasurado del sensor).

- **Calibración sensor de conductividad eléctrica**

El sistema se debe calibrar a intervalos regulares y principalmente cuando parpadea el símbolo del sensor, cuando ya ha pasado el intervalo de calibración, o al cambiar pilas.

El sistema se debe calibrar siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Conectar el sensor de conductividad al equipo y encenderlo.
2. Presionar la tecla <CAL> hasta que aparezca \mathcal{X}
3. Presionar la tecla <RUN/ENTER>. Aparece la indicación <CAL> y aparece:
La constante actual de calibración, o bien,
La constante teórica fija 0.475 1/cm.
4. Sumergir el sensor en la solución estándar 0.01 mol/l de KCl.
5. Presionar <RUN/ENTER>: Comienza a parpadear el indicador <AR> hasta que el instrumento reconoce un valor estable.
6. Presionar <M> para volver al modo de medición, o bien apagar el equipo.

Nota: la constante teórica de 0.475 1/cm, admite un error del 2%. Por lo tanto, si se está en ese rango, no es necesario calibrar.

- **Medición de \mathcal{X}**

Para medir concentración de \mathcal{X} o saturación, seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el sensor al equipo multiparámetro. Chequear que se esté midiendo \mathcal{X} .
2. Sumergir el sensor en la muestra que se desea medir (3/4 sumergido).
3. Presionar <AR>.
4. Presionar <RUN/ENTER>. El símbolo <AR> comenzará a parpadear hasta que el valor se haya estabilizado.
5. Cuando <AR> deje de parpadear, registrar el valor de \mathcal{X} medido, sus unidades y la temperatura.
6. Enjuagar el sensor con agua destilada, antes de guardar o de volver a medir.

8.3 Cuidados generales y mantención del equipo

Además de la mantención de cada sensor, existen medidas simples que ayudan a mejorar la vida útil del equipo.

1. Cuidar los cables de cada sensor, no doblándolos inadecuadamente o estirándolos. La falla de un cable significa, en la mayoría de los sensores, la falla completa de éstos.
2. Evitar golpes, tanto de la maleta, computador multiparámetro y de los sensores.
3. No trasvasijar las soluciones de calibración y mantención.
4. Mantener siempre limpio el equipo y los sensores. Esto, además de contribuir con la vida útil del equipo, disminuye los intervalos de calibración.

9 Procesamiento de los Datos

Una vez finalizada la jornada de monitoreo, el o los monitores deben hacer llegar los resultados obtenidos a la unidad encargada del monitoreo. Ello podrá ser directamente desde las hojas de terreno, o bien en una planilla Excel de formato definido. Esto debe coordinarse entre ambas entidades.

Es de mucha importancia que el traspaso de la información se haga en el menor plazo posible, de modo de detectar posibles anomalías en la calidad o cantidad de las aguas, según lo definido por Cox (2007) en su diseño.

10 Referencias

COX, C. 2007. Metodología de diseño de una red de monitoreo de recursos hídricos para humedales: Aplicación en la Laguna de Batuco. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

INN. 1996-1998. Norma Chilena Oficial 411. Calidad del agua – Muestreo. Instituto Nacional de Normalización.

MOLINA, M.E. 2006. Programa de estudio de la intrusión salina en acuíferos costeros. Anexo A.6 Equipamiento usado en terreno. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

WTW, 2006. Catálogo de productos WTW. www.wtw.com.

11 Anexos

11.1 Cronograma de Actividades, Hoja de Terreno y Lista de materiales

Anexo digital, planilla Excel.

11.2 Categorías de Actividades

i. Categoría A:

Categoría que agrupa a 4 actividades simultáneas. Esto implica que deben visitarse 5 lugares en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
4. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC

ii. Categoría B1:

Categoría que agrupa a **7 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **8 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Profundidad en estaciones LNO, LN y LS
4. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
5. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC
6. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS
7. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC

iii. Categoría B2:

Categoría que agrupa a **9 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **8 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Profundidad en estaciones LNO, LN y LS
4. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
5. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC

6. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS
7. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC
8. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estaciones LNO, LN y LS
9. Turbiedad, nutrientes (N total, N kjeldahl, N-NH₃, N-NO₃ y Ptotal), DBO, DQO en todas las estaciones en la Laguna

iv. Categoría B3:

Categoría que agrupa a **7 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **8 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
4. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC
5. Recorrido por pretil
6. Batimetría
7. Recorrido por totora

Para la categoría B3, se recomienda realizar las actividades 5, 6 y 7 al día siguiente o previo, o bien contar con 2 personas extra para ese día. Esta situación se presenta sólo una vez por año.

v. Categoría C1:

Categoría que agrupa a **4 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **9 lugares** en total. Las actividades son:

1. Niveles en captaciones C1 a C5 y en todos los piezómetros
2. Temperatura, pH, EC, OD y potencial redox en C1, C2, C3, C4 y C6 y en todos los piezómetros
3. Níquel en P1 y P2
4. Cromo en P1 P2

vi. Categoría C2:

Categoría que agrupa a **4 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **9 lugares** en total. Las actividades son:

Niveles en captaciones C1 a C5 y en todos los piezómetros

Temperatura, pH, EC, OD y potencial redox en C1, C2, C3, C4 y C6 y en todos los piezómetros

1. Níquel en P1 y P2
2. Cromo en P1 P2
3. Cloruros en C2, C3 y C4
4. NO₃ en C6, P1, P3
5. Metales en C2, C4 y C6

vii. Categoría D:

Categoría que agrupa a **6 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **11 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
4. Existencia de caudal en puntos E2, E3 y E4
5. Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias)
6. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC

viii. Categoría E:

Categoría que agrupa a **9 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **14 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Profundidad en estaciones LNO, LN y LS
4. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
5. Existencia de caudal en puntos E2, E3 y E4
6. Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias)
7. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC
8. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS
9. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC

ix. Categoría F:

Categoría que agrupa a **13 actividades** simultáneas. Esto implica que deben visitarse **15 lugares** en total. Las actividades son:

1. Extensión areal en los hitos numerados
2. Profundidad en estación LC
3. Profundidad en estaciones LNO, LN y LS
4. Recorrido por las orillas
5. Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales
6. Existencia de caudal en puntos E2, E3 y E4
7. Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias)
8. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones afluentes y efluentes principales y en LC
9. Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS
10. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estación LC
11. Perfil de Temperatura y Disco Secchi en estaciones LNO, LN y LS
12. Turbiedad, nutrientes (N total, N kjeldahl, N-NH₃, N-NO₃ y Ptotal), DBO, DQO en todas las estaciones en la Laguna
13. Metales y fósforo en sedimentos en todas las estaciones en la Laguna