



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARACTERIZACIÓN HÍDRICA Y GESTIÓN AMBIENTAL  
DEL HUMEDAL DE BATUCO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA, MENCIÓN RECURSOS Y MEDIO AMBIENTE HÍDRICO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**CLAUDIA ANDREA MELLADO TIGRE**

**PROFESOR GUÍA:  
CARLOS ESPINOZA CONTRERAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GINGER MARTÍNEZ ZAROR  
ANA MARÍA SANCHA FERNÁNDEZ**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2008**

## RESUMEN

Los humedales son cuerpos de agua que suelen desarrollarse entre ecosistemas acuáticos y terrestres, presentando características intermedias. Algunas de sus principales funciones son la depuración de la calidad de las aguas, el control de la erosión, almacenamiento de aguas, entre otras. Éstos y otros servicios han generado el interés tanto de investigadores como tomadores de decisiones, respecto del estudio de los humedales y de su manejo para diversos fines. Respecto a ello, el Humedal de Batuco es un ecosistema que reúne todos los puntos mencionados.

El Humedal de Batuco es un importante sitio de nidificación y concentración de avifauna y flora, ubicado muy cercano a la ciudad de Santiago. Las actividades antrópicas que se desarrollan en su entorno han producido distintas alteraciones físicas en su estructura, tales como delimitación por pretilos de tierra, extracción de áridos, dragado y uso como cuerpo receptor de aguas residuales domésticas, tratadas y crudas. Todo ello ha despertado la inquietud de tomadores de decisiones y de la comunidad que rodea al humedal. Al respecto, la autoridad ambiental ha decretado medidas de protección y restricción para este humedal, sin haber desarrollado estudios previos sobre sus características físicas, químicas y biológicas, que permitan comprender su comportamiento. Así, los principales objetivos de este estudio son: caracterizar hídricamente al Humedal de Batuco, analizar el estado de la gestión ambiental de este cuerpo de agua y proponer mejoras al respecto.

Desde el punto de vista hídrico, la Laguna de Batuco presenta profundidades medias de 40 cm, con aguas de pH cercano a 8 y conductividad eléctrica promedio de 2 mS/cm. El caudal almacenado por la Laguna y su variabilidad, están fuertemente ligados a las condiciones ambientales imperantes. La excesiva entrada de nutrientes, con cargas de hasta 1800 kg/d de nitrógeno total y 86 kg/d de fósforo total, determina que se trate de un sistema hipertrófico. Las bajas profundidades de sus aguas permiten la mezcla mediante el viento, por lo que se trata de un sistema aerobio, sin estratificación de la calidad en la columna de agua. Las variaciones estacionales entre cargas afluentes y efluentes al humedal de varias sustancias, determinan que éste cumple un rol depurador de las aguas.

En cuanto a la gestión ambiental del Humedal de Batuco, la mayor deficiencia radica en el desconocimiento del funcionamiento hídrico, características físicas y valores del mismo, así como la falta de coordinación entre el actuar de las autoridades y la comunidad. Para mejorar ambos puntos, se instaló una Red de Monitoreo de Recursos Hídricos para la Laguna de Batuco, financiada mediante un proyecto FPA otorgado por CONAMA RM, cuyo objetivo es detectar eventuales impactos de corto y largo plazo sobre el humedal. Ello se realizó en distintas etapas que van desde la adquisición de equipos, hasta la puesta en marcha de la Red, integrando a tomadores de decisiones, empresarios locales y comunidad. Los datos generados por esta Red, permitieron aumentar el grado de conocimiento del humedal y mejorar su manejo.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES</b>	<b>9</b>
2.1	Definición de humedales	9
2.2	Funciones y valores de los humedales	11
2.3	Tipos de Humedales	12
2.3.1	Clasificación General	12
2.3.2	Clasificación del U.S. Fish and Wildlife Service (FWS)	12
2.3.3	Propuesta de Clasificación en Chile	13
2.4	Los Humedales y su medio	15
2.4.1	Alteraciones en el medio	15
2.4.2	Componente Hidrológica	16
2.4.3	Componente Biogeoquímica	20
2.4.3.1	Columna de agua	21
2.4.3.2	Sedimentos	22
2.4.3.3	Biota	23
2.4.3.4	Eutroficación en humedales	24
2.4.4	Normativa de Calidad de Aguas en Humedales	26
2.5	Humedales Artificiales	27
<b>3</b>	<b>GESTIÓN DE HUMEDALES EN CHILE Y EL MUNDO</b>	<b>30</b>
3.1	Generalidades: Planes de Manejo de humedales	30
3.2	Herramientas complementarias para la gestión de humedales	33
3.2.1	Instrumentos Internacionales: instituciones y tratados	33
3.2.2	Instrumentos Nacionales	35
3.2.2.1	Estrategias	35
3.2.2.2	Marco legal chileno	38
3.3	Gestión de humedales en Chile, caso humedal Río Cruces	41
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>44</b>
4.1	Ubicación del área de estudio	44
4.2	Demografía	46
4.3	Clima	46
4.3.1	Temperatura	46
4.3.2	Precipitaciones	47
4.4	Flora y Fauna	48
4.5	Geomorfología y Geología	50
4.5.1	Geomorfología regional	50
4.5.2	Geomorfología local	51
4.5.3	Geología	52
4.6	Suelos	55

4.6.1	Características _____	<b>55</b>
4.6.2	Uso de Suelo _____	<b>55</b>
4.7	Red de Drenaje _____	<b>57</b>
4.8	Hidrogeología _____	<b>59</b>
4.8.1	Características del relleno _____	<b>59</b>
4.8.2	Acuíferos _____	<b>59</b>
4.8.3	Niveles de las aguas subterráneas _____	<b>60</b>
4.8.4	Recarga, descarga y movimiento de las aguas subterráneas _____	<b>62</b>
4.9	Calidad de aguas _____	<b>65</b>
4.9.1	Calidad de aguas superficiales _____	<b>65</b>
4.9.2	Calidad de aguas subterráneas _____	<b>66</b>
4.10	Problemáticas Ambientales _____	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO _____</b>	<b>72</b>
5.1	Evolución Histórica de la Zona De Estudio _____	<b>72</b>
5.2	Levantamiento de información en terreno _____	<b>74</b>
5.3	Actividades alrededor de la Laguna de Batuco _____	<b>74</b>
5.4	Red de Drenaje, canalizaciones y otras alteraciones _____	<b>76</b>
5.5	Características físicas de la Laguna de Batuco _____	<b>77</b>
5.6	Niveles de aguas subterráneas en la Zona de Estudio _____	<b>81</b>
5.7	Balance Hídrico de la Laguna de Batuco _____	<b>84</b>
5.7.1	Modelo Conceptual _____	<b>84</b>
5.7.2	Consideraciones Generales _____	<b>86</b>
5.7.3	Resultados Balance Hídrico _____	<b>86</b>
5.8	Calidad de Aguas _____	<b>91</b>
5.8.1	Calidad de aguas en la Laguna de Batuco _____	<b>91</b>
5.8.2	Calidad de Aguas Subterráneas _____	<b>102</b>
<b>6</b>	<b>GESTIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA DE BATUCO _____</b>	<b>105</b>
6.1	Gestión del Humedal de Batuco _____	<b>105</b>
6.1.1	Medidas de protección _____	<b>105</b>
6.1.2	Plan de Acción “Humedal de Batuco”. Para la Implementación de la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago. _____	<b>107</b>
6.1.3	Gestión local _____	<b>108</b>
6.1.4	Estudios locales _____	<b>109</b>
6.2	Actores involucrados en la gestión del Humedal de Batuco _____	<b>111</b>
6.3	Percepción ciudadana del Humedal de Batuco _____	<b>117</b>
6.3.1	Antecedentes generales _____	<b>117</b>
6.3.2	Antecedentes locales _____	<b>117</b>
6.4	Estado actual de la gestión Humedal de Batuco _____	<b>120</b>
6.5	Propuesta de Gestión del Humedal de Batuco _____	<b>121</b>
6.5.1	Postulación al X Concurso Nacional, Fondo de Protección Ambiental (FPA) “Gestión para la Conservación Ambiental”, CONAMA. _____	<b>122</b>
6.5.2	Descripción de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos _____	<b>123</b>

6.5.3	Instalación de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos _____	126
6.5.4	Planificación de monitoreos _____	129
6.5.5	Difusión del proyecto entre Organismos Gubernamentales _____	132
6.5.6	Difusión del proyecto entre la comunidad _____	132
6.5.7	Capacitación para el monitoreo de recursos hídricos _____	133
6.5.8	Puesta en marcha de la Red _____	134
6.6	Responsabilidades y costos en el monitoreo _____	135
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____</b>	<b>140</b>
	<b>REFERENCIAS _____</b>	<b>147</b>

### **ANEXOS:**

- ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES
- ANEXO B: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS ASOCIADOS A HUMEDALES
- ANEXO C: GESTION DE HUMEDALES
- ANEXO D: ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO E: ACTIVIDADES DE TERRENO
- ANEXO F: ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO
- ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DE LA LAGUNA DE BATUCO
- ANEXO H: BALANCE HÍDRICO DE LA LAGUNA DE BATUCO
- ANEXO I: PERCEPCIÓN CIUDADANA
- ANEXO J: PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LA LAGUNA DE BATUCO
- ANEXO K: GESTIÓN RED DE MONITOREO (DIGITAL)
- ANEXO L: COSTOS DE LA RED DE MONITOREO

**CAPÍTULO 1:**  
**INTRODUCCCIÓN**

## 1 INTRODUCCIÓN

El continuo desarrollo de las sociedades a través del tiempo, ha tenido entre sus principales objetivos mejorar el bienestar del hombre, utilizando todas las herramientas disponibles para ello. Una de éstas, son los recursos naturales, los cuales proveen de una innumerable cantidad de beneficios, a un costo relativamente bajo. Por el contrario, a tasas de explotación excesivas, se han visto efectos indeseados, tales como especies en peligro de extinción, deterioro de la calidad del aire, agua y suelo, agotamiento de recursos no renovables, entre otras.

Desde esta perspectiva, es como surge en los últimos años la preocupación del hombre por cuidar su medio, lo cual se materializa muchas veces en la formación de organizaciones destinadas a la conservación y cuidado de ciertos recursos, utilizando herramientas legales y de gestión, destinando recursos para concretar éstas dentro de ciertos plazos.

Un caso particular de ecosistemas que han sufrido los efectos de la explotación de recursos naturales, son los humedales. Durante el siglo XIX se les consideraba como una amenaza, ya que eran causa de infecciones y un obstáculo para el desarrollo urbano, lo cual contribuyó a su deterioro excesivo, y posterior efecto en el ecosistema que sustentan.

Los humedales son cuerpos de agua que suelen emplazarse en zonas intermedias entre ecosistemas acuáticos y terrestres, desarrollando características únicas, normalmente de transición entre ambos ambientes. Generalmente se trata de cuerpos de agua de baja profundidad, cuyas características físicas y su variabilidad estacional, se encuentran fuertemente condicionadas por el medio que los rodea y por las condiciones ambientales imperantes. De ahí su alta vulnerabilidad a la intervención antrópica.

Los humedales presentan además gran cantidad de propiedades, entre las que se cuentan la mitigación de crecidas, el control de la erosión en su área circundante, así como ser una importante fuente de agua, que permite su uso tanto consuntivo como no consuntivo. Sin embargo, una de las mayores particularidades de estos cuerpos de agua, es que constituyen el hábitat de gran cantidad de especies vivas, pues proveen del agua, alimento y protección necesaria para su subsistencia. Dentro de éstas, las aves son las más reconocidas usuarias de estos ambientes.

Es así como en 1971, preocupada de los deterioros sufridos por estos ecosistemas, nace la Convención Ramsar, en Irán, relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves que dependen ecológicamente de los humedales. La Convención tiene como objetivo el “asegurar el uso racional y la conservación de los humedales, debido a su abundante riqueza en cuanto a la flora y fauna, sus funciones y valores económicamente importantes” (Ramsar, 2004).

Chile ratificó el Convenio en Julio de 1981 y pasó a ser Ley de la República el 11 de Noviembre de ese mismo año. Actualmente, el país cuenta con 9 humedales como “sitio Ramsar”, los cuales constituyen un total cercano a 160.000 hectáreas protegidas, todas ellas ubicadas en zonas de protección forestal.

Dentro de las obligaciones de Chile, están el elaborar y aplicar su planificación, de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio. De modo de favorecer una mejor gestión, todo ello debiera realizarse en forma complementaria al desarrollo de la legislación medioambiental del país, al manejo territorial a nivel de cuenca, y al estudio detallado de estos cuerpos de agua a nivel ecosistémico. La integración de todos estos puntos, sumado a las restricciones presupuestarias, es lo que normalmente limita la gestión ambiental de los humedales.

De esta forma, esta tesis tiene entre sus principales objetivos, la evaluación de la gestión ambiental de humedales en Chile, desarrollando una revisión del estado actual de ésta, detectando sus principales deficiencias. Asimismo, buscando la integración de estos aspectos con el estudio y caracterización de los humedales a nivel hídrico, es como se aborda el estudio de caso del Humedal de Batuco.

## **1.1 Estudio de Caso: Humedal de Batuco**

El Humedal Laguna de Batuco y sus alrededores, ubicado en la comuna de Lampa, Región Metropolitana de Santiago, son un importante sitio de nidificación y concentración de avifauna cercano a la capital.

En el Humedal Laguna de Batuco habitan más de 85 especies de aves, algunas en peligro de extinción y otras con problemas de conservación, lo que representa cerca de un 19% de la avifauna del país. En relación a la flora, existen en el sector una serie de especies que son endémicas de Chile, algunas de distribución restringida o poco conocidas. Estas particularidades determinaron que se considerara a este humedal como Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana.

Dada su ubicación y al desarrollo urbano e industrial de sus alrededores, la Laguna de Batuco ha experimentado una serie de alteraciones que han modificado su estado natural, tales como la construcción de pretiles para su delimitación, extracción de áridos, dragado artificial para evacuación de sus aguas, uso como cuerpo receptor del efluente de una planta de tratamiento de aguas servidas, entre otras.

Es así como en los años 2003 y 2005, se registraron eventos de contaminación que terminaron con la vida de cientos de aves, y alteraron la salud de muchas otras. Ello produjo además la reacción de la autoridad ambiental, decretando medidas paliativas, y un Plan de Manejo en el 2005 para el Humedal de Batuco, de 5 años de duración. Este Plan surge en un contexto de desconocimiento de la situación hídrica de la Laguna de Batuco, el cual constituye el punto base para su conocimiento como ecosistema.

De esta forma y en relación al estudio de caso, esta tesis busca la generación de una línea base de la situación hídrica de la Laguna de Batuco, entendiendo la interacción de ésta y su cuenca. Una vez recabada esta información, su evaluación permitiría el diagnóstico de la situación hídrica actual de la Laguna.

Finalmente, mediante la evaluación de la gestión que se realiza actualmente sobre este sitio, se busca detectar sus principales deficiencias, y concretar medidas de corto plazo que permitan mejorarla, buscando la perduración de éstas en el largo plazo.

**CAPÍTULO 2:**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES**

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES

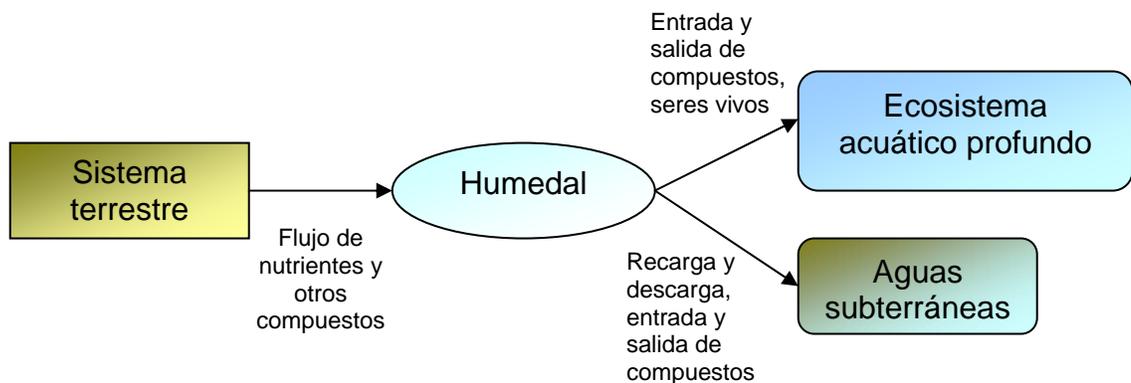
### 2.1 Definición de humedales

La definición del término humedal, es un tópico que ha generado discusiones a lo largo del tiempo, sin poder alcanzarse un acuerdo generalizado. Ello se produce principalmente por la diversa naturaleza de estos cuerpos de agua, y por las distintas visiones, tanto de científicos como tomadores de decisiones.

La definición de uso más común, es la entregada por la Convención de Ramsar sobre los Humedales, la cual establece que éstos son “Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Mitsch, 2000).

Sin bien, tanto la definición anterior como otras son bastante amplias, el punto común de la mayoría de ellas, es que los humedales son intermedios entre el agua y la tierra, es decir, se trata de ecosistemas con características de gradiente entre ambos medios (Figura 2.1). Por esta razón, todo lo que suceda en los alrededores del cuerpo de agua, tendrá directa influencia sobre lo que en éste ocurra, tanto a nivel físico-químico como biológico. De hecho, en muchos cuerpos de agua poco profundos, la estructura litoral y su productividad, dominan por completo el ecosistema (Wetzel, 2001).

**Figura 2.1**  
**Humedal como ecosistema intermedio**



Fuente: Elaboración propia

Dentro de toda posible definición de humedal, al menos a nivel científico, existen tres puntos que generalmente se abordan. Éstos son:

- i. Un humedal se caracteriza por la presencia de agua, tanto a nivel superficial como subterráneo, generalmente someras.
- ii. Los humedales desarrollan condiciones únicas en sus suelos, difiriendo de las zonas que los rodean.
- iii. La flora y fauna presente en un humedal, normalmente se encuentra adaptada a condiciones particulares de humedad. Al respecto, existen especies que pueden vivir en condiciones de humedad o sequía, mientras que otras sólo pueden hacerlo en condiciones de humedad.

Por todas las posibles combinaciones que pueden presentar los tres puntos anteriores, es que resulta prácticamente imposible dar una definición única de humedal.

En cuanto a la profundidad de estos cuerpos de agua, no existe un consenso que permita diferenciarlos cuantitativamente de un lago, sobre todo considerando que la profundidad es un parámetro que varía temporalmente. Sin embargo, en la mayoría de los casos se denomina humedal a cuerpos de agua poco profundos. A modo de definición, se puede decir que un cuerpo de agua poco profundo corresponde a aquel que está “permanentemente inundado y lo suficientemente poco profundo como para permitir la penetración de la luz solar hasta los sedimentos, y para que esta garantice la ocurrencia de la fotosíntesis de todas las plantas acuáticas del lugar” (Wetzel, 2001).

Respecto a las características físicas, químicas y biológicas de un humedal particular, éstas se combinan de forma tal de hacer que éste sea único. A nivel físico, los humedales pueden actuar como zonas de flujo de materia orgánica o de retención de materia inorgánica. Este hecho, sumado a su ubicación, determina que algunos humedales alberguen una alta biodiversidad, así como otros pueden ser muy productivos, en términos de biomasa (Mitsch, 2000).

## 2.2 Funciones y valores de los humedales

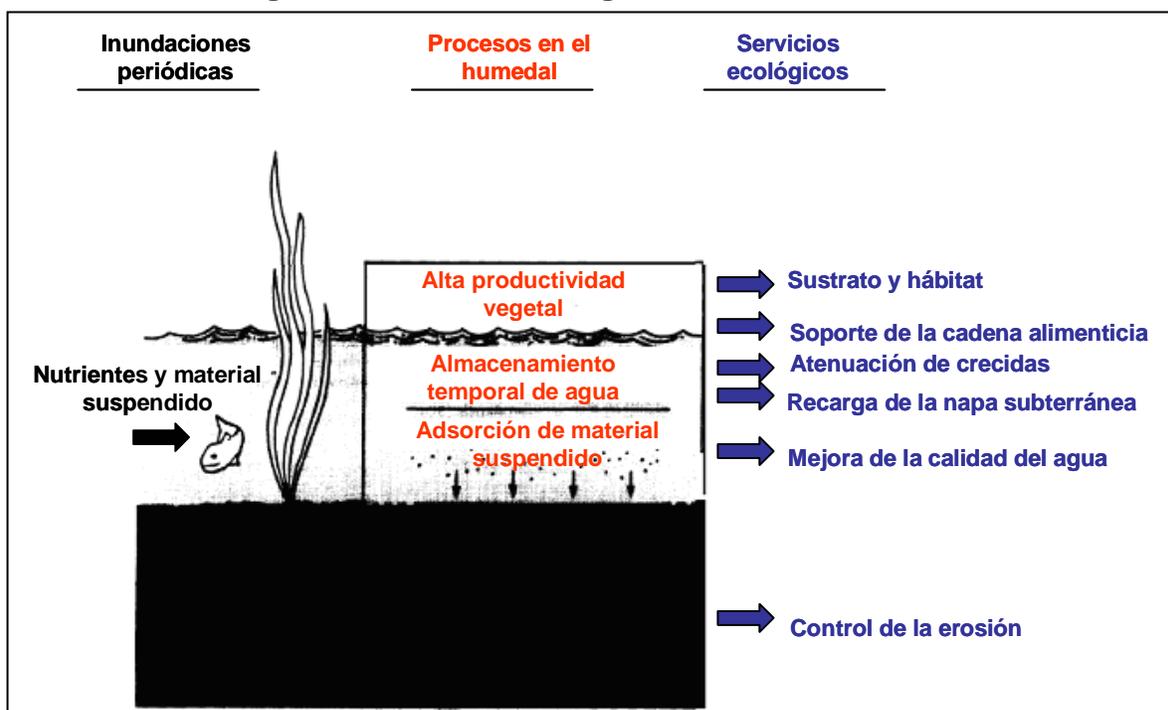
Además de ser un importante hábitat para distintas especies y presentar valores alimenticios y turísticos para el hombre, los humedales cumplen otros roles importantes, como son el control de crecidas, la atenuación de la velocidad de los escurrimientos superficiales que los alimentan, absorción del exceso de nutrientes, sedimentos y contaminantes, entre otros (OTA, 1984).

A modo de ejemplo, como áreas de recreación y educación, los humedales permiten realizar distintas actividades deportivas, así como el desarrollo de actividades científicas (botánica, ornitología, antropología, etc.), en especial por la integridad de su ecosistema. En condiciones ideales para fines educacionales, se requiere de ecosistemas cercanos a áreas urbanas y libres de contaminación, lo cual se ve potenciado por la existencia de un hábitat único.

Sin embargo, la mayoría de los atributos de los humedales son más bien intrínsecos e intangibles, por lo cual su valoración es subjetiva, y poco factible en términos económicos.

En el Anexo A.3, se analizan los principales servicios ecológicos que prestan los humedales a su medio. Algunos de ellos se presentan esquemáticamente en la Figura 2.2.

**Figura 2.2**  
**Algunos servicios ecológicos de los humedales**



Modificado de OTA, 1984

## **2.3 Tipos de Humedales**

Al igual que en el caso de las definiciones, existen variadas clasificaciones para los distintos tipos de humedales, según el enfoque que se utilice, ya sea por su ubicación, por su salinidad, geomorfología, hidrografía o tipo de vegetación dominante. Independiente del tipo de clasificación, lo que generalmente se persigue con ésta es definir grupos de humedales de características comunes, con el fin de facilitar su estudio y manejo.

### **2.3.1 Clasificación General**

La clasificación más general, adoptada por diversos textos relativos a humedales, permite distinguir 5 sistemas principales de estos ecosistemas:

1. marinos,
2. estuarinos,
3. lacustres,
4. ribereños,
5. palustres.

El principal problema de esta clasificación, es que no se les diferencia claramente (Ramírez, 2001). Por otra parte, clasificaciones como la definida por la Convención Ramsar sobre los Humedales, propone más de 30 tipos de humedales en todo el planeta, con la ventaja de abarcar a casi todos los tipos existentes, en desmedro de dificultar la clasificación, por la gran cantidad de aspectos que abarca.

La definición de los principales tipos de humedales, se presenta en el Anexo A.2.

### **2.3.2 Clasificación del U.S. Fish and Wildlife Service (FWS)**

Por otra parte, el U.S. Fish and Wildlife Service, publicó en 1979 una clasificación, realizada por Shaw y Fredine, donde se distinguen 20 tipos de humedales, agrupados en cuatro categorías principales y ordenados según la profundidad de sus aguas. Esta clasificación ha sido una de las más utilizadas en Estados Unidos, situación que se mantiene hasta hoy. Las categorías se enumeran a continuación.

- i. Humedales terrestres de agua dulce
- ii. Humedales terrestres de agua salada
- iii. Humedales costeros de agua dulce
- iv. Humedales costeros de agua salada

La clasificación del U.S. Fish and Wildlife Service, se resume en la Tabla 2.1. Las principales características de los humedales definidos en esta clasificación se presentan en el Anexo A.1.

**Tabla 2.1**  
**Clasificación del U.S. Fish and Wildlife Service**

<b>Tipo de Humedal</b>	<b>Clasificación</b>
Terrestre / Agua Dulce	Cuencas o planicies estacionalmente inundadas / Seasonally flooded basins or flats
	Pastizales de agua dulce / Fresh meadows
	Pantanos de aguas someras y dulces / Shallow fresh marshes
	Pantanos de aguas profundas y dulces / Deep fresh marshes
	Sistemas de aguas abiertas y dulces / Open fresh water
	Pantanos con arbustos / Shrub swamps
	Pantanos boscosos / Wooded swamps
	Pantanos / Bogs
Terrestre / Aguas Salinas	Planicies salinas / Saline flats
	Pantanos salinos / Saline marshes
	Aguas abiertas salinas / Open saline water
Costeros / Aguas Dulces	Pantanos de aguas someras y dulces / Shallow fresh marshes
	Pantanos de aguas profundas y dulces / Deep fresh marshes
	Sistemas de aguas abiertas y dulces / Open fresh water
Costeros / Aguas Salinas	Planicies salinas / Slat flats
	Pastizales salinos / Salt meadows
	Pantanos salinos, inundados irregularmente / Irregularly flooded salt marshes
	Pantanos salinos, inundados regularmente / Regularly flooded salt marshes
	Bahías someras y profundas/ Sounds and bays
	Pantanos manglares / Mangrove swamps

Modificado de Shaw y Fredine (1956)

### 2.3.3 Propuesta de Clasificación en Chile

A nivel nacional y recogiendo todos los antecedentes expuestos anteriormente, Ramírez (2001), propone una clasificación un poco más simplificada, pero atendiendo a la realidad de los humedales naturales chilenos. En ella, distingue 15 tipos de humedales, de los cuales 5 son salinos y 10 dulceacuícolas. La clasificación propuesta se presenta en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2**  
**Propuesta de clasificación para los humedales chilenos**

Salinos	Marinos		Litorales
	Estuarinos		Estuarios
	Interiores		Marismas
Dulceacuícolas	Ribereños (asociados a cursos de agua)	Lóticos (corrientes)	Albuferas
			Salares
			Ríos
			Arroyos
	Lénticos (estancos)	Bañados	
		Oasis	
		Lagos	
	Anegadizos (napa freática alta o impermeabilidad del terreno)		Lagunas
			Charcos
			Pantanos
			Turberas
			Ñadis

Modificado de Ramírez, 2001.

Asimismo, referidas a la clasificación anterior, se identificaron asociaciones vegetales, que son correspondientes a cada tipo de humedal definido (Ramírez, 2001). Este complemento, facilita la clasificación de los humedales, pues se utiliza como indicador de las condiciones ambientales y de alteraciones antrópicas. Esta clasificación se presenta en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3**  
**Clasificación de las formaciones vegetales de los humedales chilenos**

Salina	Bancos de macroalgas	
	Praderas marinas	
Salobre y Dulciacuícola	Palustres	Bosques pantanosos
		Matorrales pantanosos
		Praderas húmedas
		Vegetación emergida
	Acuática	Vegetación natante
		Vegetación flotante libre
		Vegetación sumergida

## 2.4 Los Humedales y su medio

Como cualquier cuerpo de agua, los humedales se acoplan al medio que los rodea, experimentando flujos de energía y materia entre sus componentes bióticas y abióticas. Si a ello se agrega la componente hidrológica y su alta variabilidad, los humedales son un reflejo de las condiciones ambientales de la cuenca hidrológica donde se encuentran (Contreras, 2006).

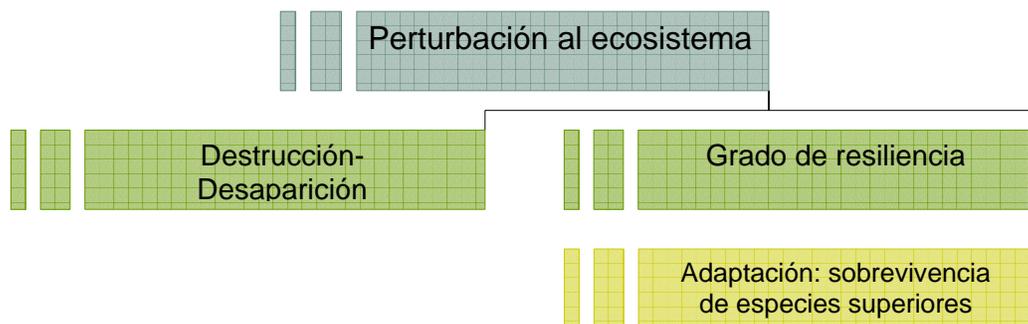
### 2.4.1 Alteraciones en el medio

En términos generales, los humedales se desarrollan en sitios depresionales, formados tanto por movimientos geológicos, por cursos ribereños afectados por viento, por construcción artificial, etc. Normalmente se encuentran rodeados de actividad antrópica, como la agricultura, industria, o bien se usan para almacenar agua o con fines recreativos.

Cualquier variación en la hidrología, clima, geología, suelo, y otros factores físicos, pueden cambiar la forma como se interrelacionen sus características fisicoquímicas y biológicas. Ello provoca que las especies que habitan el humedal deban desarrollar importantes cualidades de adaptación y tolerancia frente a las variaciones físicas, químicas y biológicas de su hábitat.

Sin embargo, no todos los impactos que afecten a un ecosistema lograrán tener el mismo efecto sobre éste. La resiliencia, es la capacidad de un ecosistema de resistir las perturbaciones que recibe, adaptándose a las nuevas condiciones para evitar su destrucción. La Figura 2.3 resume los tipos de efectos que provoca un impacto sobre un ecosistema.

**Figura 2.3**  
**Efectos de una perturbación sobre un ecosistema**



Fuente: Elaboración propia

Si bien algunas de las alteraciones son parte de la dinámica del sistema, existen otros mecanismos que pueden afectar a un humedal. Por ejemplo, en humedales ubicados en zonas rurales, los principales impactos podrían ocurrir por el uso agrícola de las tierras, mientras que en humedales ubicados en zonas urbanas, las alteraciones podrían deberse a contaminación por actividades industriales, cambios en la escorrentía o drenaje por usos de suelo, etc.

Contreras (2006), plantea una jerarquización de los factores que controlan los humedales, desde un enfoque ecosistémico, donde las perturbaciones físicas son las de mayor relevancia, seguidas de las de tipo químico, y finalmente se encontrarían las de tipo biológico.

El efecto de una perturbación sobre las componentes de un humedal, dependerá fundamentalmente de:

- i. el origen de la perturbación (natural o antrópico)
- ii. duración de la perturbación (pulso o presión) (Contreras, 2006)
- iii. resiliencia del medio

Para identificar la magnitud que tiene una cierta perturbación sobre un humedal, es necesario, en primer término, caracterizar su condición base, desde un instante de tiempo determinado, así como conocer la historia del mismo, la cual determinó dicha condición presente. Luego, conociendo la forma en que se relacionan las distintas componentes del medio, se podría determinar y jerarquizar la vulnerabilidad de unas componentes del medio, por sobre otras.

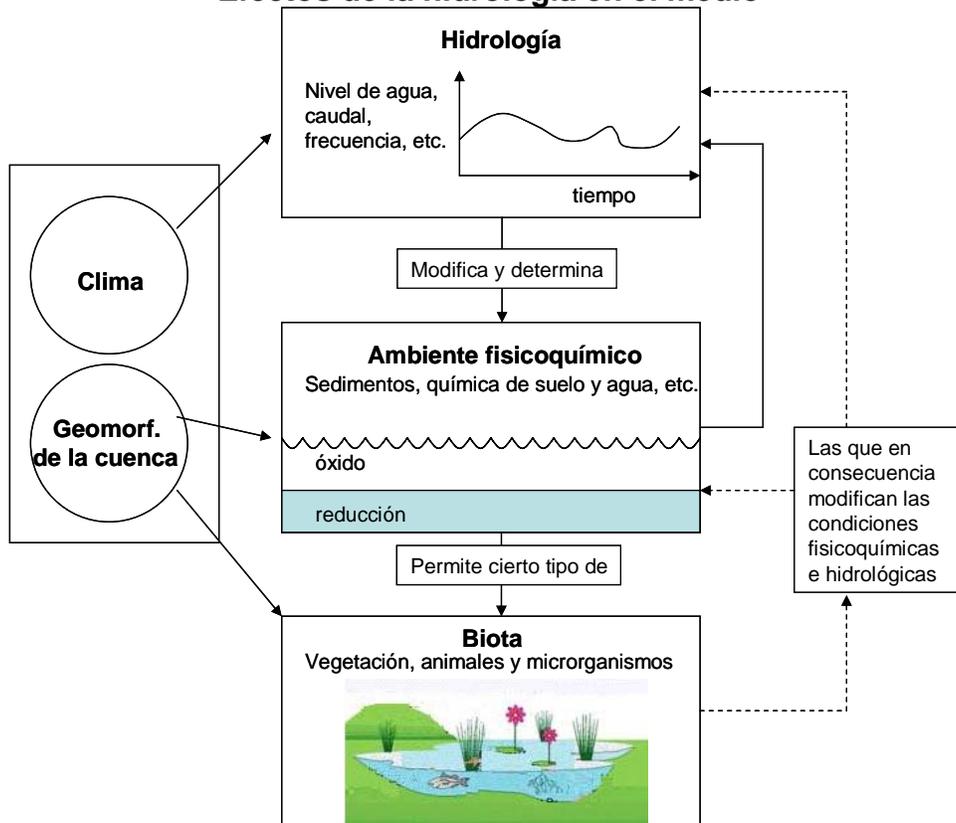
#### **2.4.2 Componente Hidrológica**

La componente hidrológica, es la vía que permite el intercambio energético y de nutrientes desde y hacia el humedal. Los principales medios que permiten este transporte son la precipitación, escorrentía superficial y subterránea, así como las mareas, en el caso de humedales costeros (Mitsch, 2000).

La componente hídrica manifiesta sus variaciones a través de los cambios de profundidad de las aguas, patrones de flujo, duración y frecuencia de la escorrentía, entre otros. Estos a su vez, influyen los procesos biogeoquímicos que ocurren en el suelo y condicionan la biota que puede albergar cierto humedal.

Debido a la gran cantidad de interrelaciones entre el medio biótico y abiótico, los efectos de cambios en el ciclo hidrológico son variados y difíciles de cuantificar. Un esquema simplificado de la interacción que desarrolla la hidrología con la componente fisicoquímica y la biota, se muestra en la Figura 2.4

**Figura 2.4**  
**Efectos de la hidrología en el medio**



Fuente: Modificado de Mitsch & Gosselink, 2000

De la Figura 2.4, se puede ver que el clima y la geomorfología de la cuenca, son los primeros factores que determinan las condiciones hidrológicas al interior del humedal. A modo de ejemplo, condiciones climáticas de humedad y bajas temperaturas, son más favorables para la formación de humedales que en temperaturas altas y climas áridos. Asimismo, serán más favorables para la formación de un humedal, cuencas depresionales, que sitios en pendiente o completamente planos.

Por otra parte, las condiciones hidrológicas, influyen en el ambiente físico químico de los humedales, principalmente a través de los flujos de agua, y de los niveles de ésta. En el caso de los flujos de agua, tanto afluentes como efluentes, aportan y exportan respectivamente, energía, nutrientes, sedimentos, y otros elementos que hayan sido incorporados durante su camino, como por ejemplo, sustancias tóxicas. Los efluentes además cumplen la función de remover los productos de la degradación que hayan ocurrido en el humedal.

Según Mitsch y Gosselink, los parámetros hidrológicos que tienen la mayor influencia sobre las características de un humedal son:

### 1. Profundidad del agua

La profundidad del agua se relaciona con una gran cantidad de parámetros, los cuales a su vez influyen en las condiciones fisicoquímicas del ambiente. Algunos de éstos son la mezcla de las aguas producto del viento, el grado de penetración de la luz que influencia la magnitud y tipo de actividad biológica, la posible estratificación termal o de concentraciones de compuestos, entre otras.

Los parámetros expuestos, influyen directamente la disponibilidad de oxígeno (y por ende las condiciones de anaerobiosis, aerobiosis), la disponibilidad de nutrientes, el pH, entre otros.

### 2. Hidroperiodo

El hidroperiodo corresponde al tiempo en que un humedal alcanza una condición de equilibrio como sistema, la cual se refleja en un cierto nivel de agua que se repite periódicamente. Esta frecuencia en el nivel de las aguas, permite que el humedal, como sistema, pueda alcanzar una condición de equilibrio que le es propia.

La frecuencia del hidroperiodo, es un parámetro estadístico, que depende de las condiciones climáticas locales, y de las condiciones previas al momento que se desee evaluar. Por ende, existen humedales que varían sus niveles de forma considerable año a año, y otros que son más estables en sus niveles, todo lo cual está condicionado por el balance hídrico, las fuentes de éste y su comportamiento temporal.

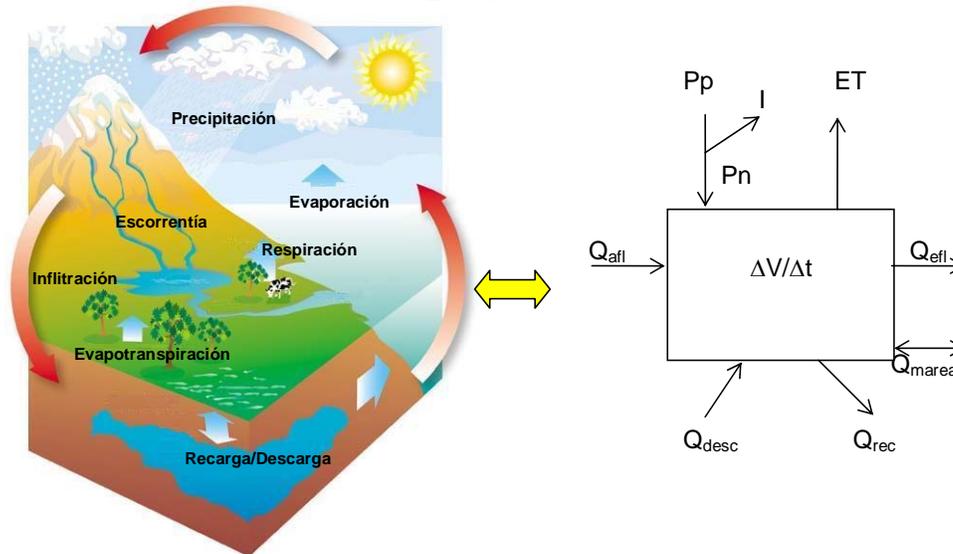
En general, se plantea que humedales con grandes diferencias en sus hidroperiodos, principalmente cuando son alimentados por pulsos de agua, tienen una mayor productividad, ya sea porque reciben mayores cargas de nutrientes, arrastran desechos hacia las afueras, o porque alimentan de distintos materiales y de energía a ecosistemas adyacentes.

### 3. Tasa de residencia

Este parámetro indica la tasa de renovación de las aguas dentro del humedal, lo cual es un indicador de las cargas de compuestos que se pueden encontrar en el cuerpo de agua. Corresponde al inverso del tiempo de retención hidráulico, es decir, al cociente entre el caudal de entrada y el volumen almacenado. Normalmente, la tasa de residencia es un parámetro que se sobreestima, pues no se consideran las mezclas no uniformes en el humedal, por ejemplo, en el caso de zonas con agua estanca. Los efectos sobre el ambiente físico químico y biota, se abordan con mayor detalle en el Punto 2.4.3

Por otra parte, la cuantificación de las distintas componentes hídricas en un ecosistema acuático, repercute en el balance hídrico del cuerpo de agua. Éste se basa en la identificación de cada una de las partes del ciclo del agua, y su determinación en forma de cantidad de agua por unidad de tiempo, ya sea caudal u otra medida. Normalmente todas estas componentes se integran en un modelo conceptual, que simula a la cuenca en evaluación. Esta analogía se presenta en la Figura 2.5.

**Figura 2.5**  
**Ciclo del agua y balance hídrico**



Fuente: Elaboración Propia

La ecuación general de balance hídrico, que relaciona las entradas, salidas y almacenamiento de agua, se presenta a continuación:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P_n + Q_{afl} + Q_{desc} - ET - Q_{efl} - Q_{rec} \pm Q_{marea} \quad (2.1)$$

Donde:

- $\frac{\Delta V}{\Delta t}$  Caudal almacenado
- $P_n$  Precipitación neta (Pp total – Intercepción)
- $Q_{afl}$  Caudales afluentes superficiales
- $Q_{efl}$  Caudales efluentes superficiales
- $Q_{desc}$  Caudal afluente desde la napa freática (descarga)
- $Q_{rec}$  Caudal efluente hacia la napa freática (recarga)
- $ET$  Caudal debido a evapotranspiración
- $Q_{marea}$  Caudal producto de la marea (recarga o descarga)

Como cualquier otro cuerpo de agua, las componentes del balance hídrico se determinan utilizando las metodologías clásicas empleadas tanto en hidrología como en hidrogeología. En ausencia de datos sistemáticos y representativos de las condiciones meteorológicas del lugar, del tipo de suelos, niveles de agua, entre otras variables, es necesario realizar varios supuestos para la aplicación de métodos empíricos, los cuales pueden influenciar la calidad de los datos que se obtengan.

Existen pocos estudios de balance hídrico aplicables a humedales en forma generalizada, pues la mayoría de éstos son estudios de caso que se ajustan a las condiciones particulares de hidrogeomorfología, vegetación y flujo de cada humedal. En el Capítulo 5, Punto 5.7, se realiza el balance hídrico para un humedal en particular (Humedal Laguna de Batuco), aplicando de forma más explícita cada metodología antes generalizada.

### **2.4.3 Componente Biogeoquímica**

La biogeoquímica corresponde al conjunto de relaciones que se dan entre la biota, los sedimentos y el agua, lo que desencadena una serie de procesos físico-químicos en un ecosistema. Tal como se ha explicado y como se ilustra en la Figura 2.4, en humedales estos procesos son más susceptibles frente a:

- i. Ciclo hidrológico, el cual condiciona el tipo de sustancias que llegarán al humedal.
- ii. Características físicas del cuerpo de agua, determinando si el sistema se comporta como un sumidero de sustancias, o como un sistema de paso de éstas.
- iii. Características de los sedimentos, determinando qué tipo de transformaciones físicoquímicas se producirán al interior del humedal.

A modo de ejemplo, un humedal de aguas someras (baja profundidad), será muy susceptible a variaciones climáticas del medio, y en particular, se verá muy afectado por los procesos de evaporación y precipitación. Asimismo, de no existir otras fuentes de aguas superficiales no naturales, el humedal sería alimentado principalmente por precipitación, lo que determinaría, por ejemplo, bajas concentraciones de nutrientes.

Dependiendo de las fuentes de agua que alimentan al humedal, será posible encontrar distintos tipos de sustancias, como por ejemplo metales, compuestos orgánicos y nutrientes. Cada uno de estas sustancias se transforma en otras especies bajo procesos específicos, muchas veces mediadas por microorganismos, lo que condiciona su ocurrencia a determinadas condiciones de pH, concentración de oxígeno disuelto, temperatura, potencial redox, entre otras.

### 2.4.3.1 Columna de agua

La columna de agua es uno de los primeros receptores de las sustancias que llegan al humedal, ya sean orgánicas o inorgánicas, disueltas o suspendidas. Normalmente, estas sustancias pueden ser asimiladas y transformadas por especies vivas, quedar sorbidas en el material particulado para luego sedimentar, o formar complejos con otros elementos afines y biodisponibles.

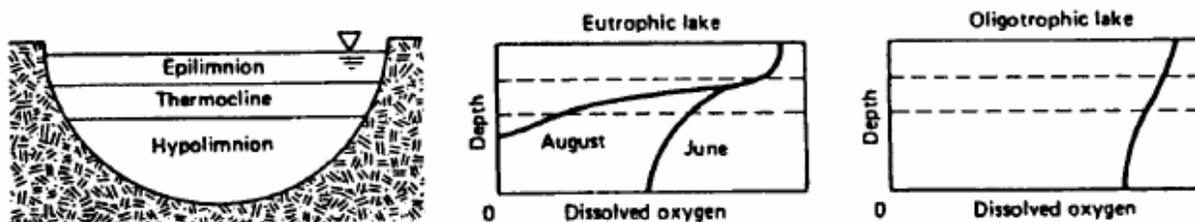
Características tales como la cantidad excesiva de material suspendido en la columna de agua, pueden tener efectos adversos sobre algunas especies de plantas acuáticas, invertebrados y peces, debido a la reducción de la penetración de la luz. Ello también repercute en la calidad estética y recreativa del cuerpo de agua. Por otro lado, altos contenidos de materia orgánica en la columna de agua o en el material suspendido, pueden disminuir el nivel de oxígeno disuelto en ésta, lo que puede ser perjudicial para algunos seres vivos del lugar (Sancha, 2003).

La columna de agua es también el sitio propicio para que ocurran ciertas reacciones dentro del ciclo de los nutrientes y de otros elementos, como por ejemplo la oxidación del azufre, la fotosíntesis y respiración para la transformación de especies carbonáceas, entre otras (Mitsch, 2000).

Dependiendo de la profundidad de la columna de agua, así como del grado de mezcla de ésta, es posible que se desarrollen distintas temperaturas a lo largo del fondo del cuerpo de agua, sobre todo cuando las velocidades de flujo son lentas. Esta estratificación, puede darse con una disminución de la temperatura desde la superficie al fondo, o de forma inversa, dependiendo de la estación del año. Por ejemplo, lagos en regiones templadas se estratifican durante el invierno y verano, mientras que se mezclan en otoño y primavera (Cornejo et al., 2004).

La estratificación termal afecta la calidad del agua. El epilimnio (parte superior de la columna de agua), permite abundante crecimiento de algas, mientras que el contenido de oxígeno disuelto disminuye en el hipolimnio de lagos eutróficos, alcanzando niveles anaerobios (Figura 2.6).

**Figura 2.6**  
**Estratificación termal en lagos**



Fuente: Cornejo et al., 2004.

### 2.4.3.2 Sedimentos

Los sedimentos son una de las componentes más importantes de los humedales, especialmente en aquellos de aguas someras. Sus principales atributos son (Musalem, 2002):

- Servir de soporte para los microorganismos
- Condicionar el movimiento del agua, debido a su permeabilidad
- Ser un espacio para la ocurrencia de reacciones químicas y biológicas
- Almacenar contaminantes y materia orgánica

Los sedimentos, de naturaleza orgánica (ácidos) o mineral (neutros o alcalinos), normalmente se encuentran saturados de agua, por un tiempo suficiente como para desarrollar condiciones de reducción, debido a las bajas tasas de difusión del oxígeno en soluciones acuosas. Ello implica que los sedimentos se encuentren en condiciones anaerobias, a excepción de una delgada capa superficial, la que permite la ocurrencia de reacciones de oxidación.

Las condiciones de reducción de los sedimentos (cuantificable mediante el potencial redox) determinan también un cierto orden de ocurrencia de las transformaciones de ciertos elementos. De esta forma, a mayores potenciales redox, el nitrógeno será el primer elemento en oxidarse. A medida que el potencial redox va disminuyendo, tienen ocurrencia otras reacciones, siendo la última (en el caso de los nutrientes), la del CO<sub>2</sub>, como aceptor de electrones.

La Tabla 2.4, resume la ocurrencia y el orden en que se transforman los distintos elementos, a medida que los sedimentos se encuentran más reducidos.

**Tabla 2.4**  
**Potenciales de óxido-reducción para la transformación de varios elementos**

Elemento	Forma oxidada	Forma reducida	P. redox de transformación (mV)	Reacción
1) Nitrógeno	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	250	2NO <sub>3</sub> + 10e <sup>-</sup> + 12H <sup>+</sup> → N <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O
2) Manganeseo	Mn <sup>4+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	225	MnO <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> + 4H <sup>+</sup> → Mn <sup>2+</sup> + 2H <sub>2</sub> O
3) Hierro	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	+100 a -100	Fe(OH) <sub>3</sub> + e <sup>-</sup> + 3H <sup>+</sup> → Fe <sup>2+</sup> + 3H <sub>2</sub> O
4) Azufre	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	S <sup>-</sup>	-100 a -200	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8e <sup>-</sup> + 9H <sup>+</sup> → HS <sup>-</sup> + 4H <sub>2</sub> O
5) Carbón	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	< -200	CO <sub>2</sub> + 8e <sup>-</sup> + 8H <sup>+</sup> → CH <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O

Fuente: Modificado de Mitsch & Gosselink, 2000.

La ocurrencia de algunas de las reacciones de la Tabla 2.3, determinan además ciertas características físicas de los sedimentos, que pueden servir como indicador de su ocurrencia. Por ejemplo, la solubilización del hierro y el manganeseo, produce que estos elementos abandonen la matriz de suelo, dejando en ella un color grisáceo o negro. Estos colores podrían tornarse rojizos, anaranjados o café, en caso que los sedimentos se saturen y sequen alternadamente (Gambrell & Patrick, 1978).

Los sedimentos son también el lugar donde se lleva a cabo la mayoría de las transformaciones en el ciclo del fósforo, las que son mayormente de naturaleza sedimentaria. Es por esto, que se reconoce a los humedales como grandes retenedores de fósforo, debido a su porción en el particulado.

### 2.4.3.3 Biota

Un humedal alberga tanto a especies animales como vegetales, las cuales se presentan en una diversidad de tamaños y especies. A continuación, se abordarán aquellas que desarrollan roles específicos en las reacciones dentro de estos cuerpos de agua,

#### i. Microorganismos

En un humedal, los microorganismos son fundamentales en la transformación de materias orgánicas e inorgánicas a formas más simples o inocuas. Las poblaciones de microorganismos varían de acuerdo a diversos factores, pero usualmente están compuestas de organismos aerobios en las cercanías a la superficie, variando a anaerobios, a medida que la profundidad aumenta.

Usualmente, estos organismos se encuentran adaptados a un amplio rango de condiciones en el sustrato y actúan como catalizadores de las reacciones bioquímicas que en él ocurren. Por ejemplo, en aguas duras de alta composición calcárea y bajo condiciones oligotróficas, es común que dominen las microalgas *charophytas* (algas verdes).

Los nutrientes representan el principal sustrato que será transformado por los organismos vivos, el que se encuentra disponible en la columna de agua y en los sedimentos. Dependiendo de las capacidades de cada organismo para aprovechar los nutrientes, podría o no producirse competencia por éstos. Por ejemplo, algunas algas pueden obtener nitrógeno adicional al presente en el agua, por fijación, por ejemplo desde el aire. Esta situación no ocurre con el fósforo, debido a las formas en que éste se presenta (Castillo, 2003).

#### ii. Macrófitas

Las macrófitas son plantas superiores, cuyo crecimiento se debe al consumo de nutrientes básicos (nitrógeno y fósforo). Su principal rol es transportar oxígeno desde sus hojas hacia la cercanía de sus raíces. El metabolismo de las macrófitas es intenso y, junto con la depositación de la materia orgánica descompuesta, influyen variaciones diurnas de OD, pH y otros indicadores, que podrían evitar condiciones de desarrollo de macro invertebrados y peces (Wetzel, 2001).

En cuanto a las macrófitas acuáticas que se encuentran adheridas al sustrato, éstas pueden ser emergentes, flotantes o estar sumergidas. Las macrófitas emergentes suelen desarrollarse a profundidades menores a 1 m, mientras que las flotantes lo hacen entre 2 a 3 m de profundidad. El tipo y distribución de las

especies, probablemente estará dominado por los niveles de salinidad, la profundidad y fluctuación del nivel agua. Las especies que se dan en cada tipo de humedal, suelen tener tolerancia a las condiciones hidrológicas del medio, es decir, han desarrollado una adaptación a éste.

#### 2.4.3.4 Eutroficación en humedales

La eutroficación es un proceso natural que afecta típicamente a lagos naturales o artificiales, y que se desarrolla en forma muy lenta. Consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, en una cantidad tal que no puede ser compensado de forma natural por el sistema. Ocurre debido a la muerte de las especies que viven en el epilimnio, las cuales sedimentan hacia el hipolimnio para ser degradadas, consumiendo el oxígeno disuelto disponible (Ryding & Rast, 1989).

Este proceso también puede ocurrir de forma artificial, producido principalmente por descargas excesivas de nutrientes al cuerpo de agua, lo que se manifiesta en un crecimiento excesivo de vegetación en éste. De esta forma, los cuerpos de agua poco profundos, se encuentran más sensibles a presentar eutroficación, debido a las pocas posibilidades de disolución de las concentraciones de entrada de nutrientes, respecto a un lago de gran profundidad, que almacena mayores volúmenes de agua.

La eutroficación tiene efectos negativos tanto para las especies que habitan el cuerpo de agua (baja de OD), como para el turismo y recreación (proliferación de algas y vegetación), por citar los más importantes (Cornejo et al., 2004).

Los principales factores que condicionan el grado de trofía de un cuerpo de agua son la disponibilidad de luz solar, factor determinante para la fotosíntesis) y la concentración de nutrientes. La Tabla 2.5, muestra valores límite para concentraciones de nutrientes, productividad primaria y transparencia, que definen los distintos niveles de trofía en lagos, mientras que la Tabla 2.6, presenta diversas características de un cuerpo de agua que permiten evaluar su grado de trofía.

**Tabla 2.5**  
**Valores límite de indicadores de calidad de aguas**  
**para distintos niveles de trofía**

Parámetro		Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipertrófico
<b>Ptotal (ug P/l)</b>	Media muestral	8	26,7	84,4	-
	Rango	3-17,7	10,9-95,6	16,2-386	750-1200
<b>Ntotal (ug N/l)</b>	Media muestral	661	753	1875	-
	Rango	307-1630	361-1387	393-6100	-
<b>Clorofila a (ug/l)</b>	Media muestral	1,7	4,7	14,3	-
	Rango	0,3-4,5	3-11	2,7-78	100-150
<b>Prof. Disco Secchi (m)</b>	Media muestral	9,9	4,2	2,45	-
	Rango	5,4-28,3	1,5-8,1	0,8-7	0,4-0,5

Fuente: Modificado de Ryding & Rast, 1989.

**Tabla 2.6**  
**Características generales para definir niveles de trofía en lagos y embalses de zonas templadas.**

Tipo	Parámetro	Tipo de Cuerpo de agua	
		Oligotrófico	Eutrófico
Biológico	Plantas acuáticas y producción animal	Bajo	Alto
	Número de plantas y especies animales	Abundante	Abundante-Medio
	Niveles generales de biomasa	Bajo	Alto
	Ocurrencia de proliferación de algas	Raro	Frecuente
	Cantidad de algas verdes o verde-azules	Bajo	Alto
	Distribución vertical de la distribución algal	En hipolimnio	En superficie
	Crecimiento algal en la zona litoral	Medio-Abundante. Generalmente macrófitas.	Abundante. Mayor cantidad de filamentosas que macrófitas.
	Migración diaria de algas	Extensiva	Limitada
	Grupos de algas característicos	Algas Verdes: Desmids, Staurostrum	Algas verde-azules: Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria.
		Diatomeas: Tabellaria, Cyclotella	
	Algas café-doradas: Dinobryon	Diatomeas: Melosira, Fragilaria, Stephanodiscus, Asterionella.	
Químico	Contenido de Oxígeno del hipolimnio	Alto	Bajo-Ausente
	Conductancia específica	Bajo	Alto-Muy Alto
Físico	Profundidad media	Profundo-Muy Profundo	Superficial-Medio
	Volumen del hipolimnio	Elevado	Medio
	Temperatura del hipolimnio	Baja-Media	Baja
Usos del agua	Calidad del agua para uso industrial y doméstico	Buena	Pobre
	Debilitamiento de la calidad para uso múltiple	Bajo	Considerable

Fuente: Modificado de Ryding & Rast, 1989.

#### 2.4.4 Normativa de Calidad de Aguas en Humedales

El proceso de caracterización de un humedal, desde su conocimiento a nivel de línea base, hasta la generación de una estadística contundente de sus atributos, permiten determinar rangos de valores para éstos, de modo de cumplir ciertos objetivos específicos de calidad.

Por esta razón, actualmente resulta muy difícil encontrar normativas específicas de calidad de agua para los humedales. Sin embargo, según los atributos y usos que se den al humedal, podrían aplicarse otras normativas relacionadas (agua para bebida, para recreación, para riego, etc.)

En el caso de normas específicas, Cox (2007) realizó una recopilación de éstas, encontrando sólo 2 regulaciones, una para Australia y Nueva Zelanda, y otra para Minnesota, EEUU. El contenido de estas normas y de otras normativas genéricas, se pueden encontrar en los sitios señalados en la Tabla 2.7.

En el caso de otras normas de aplicabilidad en humedales, el Anexo B de este trabajo, presenta una recopilación de los principales estándares de calidad nacionales, de aplicabilidad indirecta en humedales, así como 2 casos representativos, de normativa internacional (EPA y Colombia).

**Tabla 2.7**  
**Normativa de calidad de agua en humedales**

Australia y Nueva Zelanda:
<a href="http://www.environment.gov.au/water/quality/nwqms/index.html#quality">http://www.environment.gov.au/water/quality/nwqms/index.html#quality</a>
Estado de Minnesota, Estados Unidos:
<a href="http://www.revisor.leg.state.mn.us/arule/7050/">http://www.revisor.leg.state.mn.us/arule/7050/</a>
Provincia de British Columbia, Canadá:
<a href="http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/approv_wq_guide/approved.htm">http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/approv_wq_guide/approved.htm</a>
Unión Europea:
<a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31978L0659:ES:HTML">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31978L0659:ES:HTML</a>

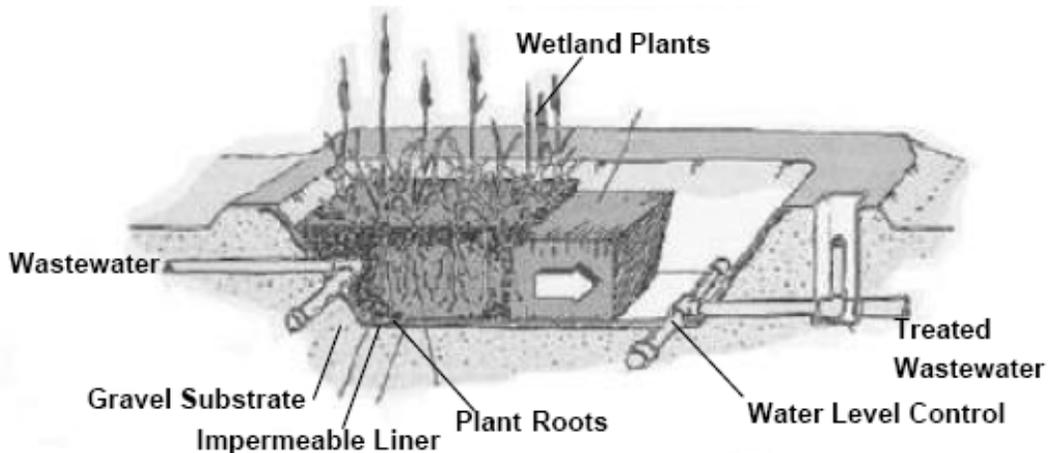
Fuente: Cox, 2007

## 2.5 Humedales Artificiales

Uno de los principales atributos de los humedales naturales que funcionan como tales, es ser un sistema depurador o filtrador de sustancias que vienen disueltas o suspendidas en sus afluentes. Por esta razón, en el campo de la ingeniería se ha tratado de replicar este atributo, construyendo humedales artificiales como sistema de remediación (Figura 2.7). Su funcionamiento se basa en los mismos procesos naturales que ocurren en los humedales naturales, los cuales involucran a la vegetación del lugar, el suelo y los microorganismos del medio.

La construcción de humedales artificiales, cumple con el objetivo de depurar la calidad de las aguas y sustentar así la vida silvestre del lugar. La construcción de humedales también puede constituirse en una solución costo-efectiva y factible desde el punto de vista técnico para el tratamiento de aguas residuales. Además, la construcción de estos sistemas, suele tener menor costo que los sistemas de tratamiento tradicionales, menores gastos de operación y mantenimiento, ofreciendo además un valor agregado si se consideran aspectos paisajísticos y de mitigación de olores (EPA, 2004-2).

**Figura 2.7**  
**Humedales como sistema de tratamiento**



Wetland plants and associated microorganisms treat wastewater as it flows through a constructed wetland system.

Fuente: EPA, 2004-2

El método constructivo consiste en excavar y rellenar el terreno, para luego construir las estructuras de estabilización y control de los parámetros hidráulicos de flujo que se desee controlar. Si el suelo del lugar tiene alta permeabilidad, se suele disponer sobre la base una capa de suelo impermeable para minimizar la infiltración. Posteriormente, se procede a plantar la vegetación o bien se le deja crecer en forma natural, de ser posible.

Para proveer el correcto funcionamiento del sistema, deben tenerse en cuenta algunas de las siguientes consideraciones (EPA, 2004-1):

- Los humedales artificiales para tratamiento deben construirse en zonas altas, evitando los posibles efectos adversos sobre otros cuerpos de agua, flora y fauna, etc., que pudiesen provocar eventuales crecidas.
- Deben considerarse los posibles efectos que pudiese provocar el humedal, sobre otros cuerpos de agua aledaños, sobre todo en la calidad de sus aguas.
- Previo a la construcción, debe conocerse con detalle el medio físico donde se emplazará el sistema (geología, usos y características del suelo, hidrología, vegetación, flora y fauna, etc.), lo cual incide directamente en el emplazamiento del proyecto.
- Debe establecerse una red de monitoreo para cantidad y calidad de las aguas.
- Debe considerarse un plan de mantenimiento y monitoreo del sistema de tratamiento.

**CAPÍTULO 3:**  
**GESTIÓN DE HUMEDALES EN CHILE Y EL MUNDO**

### **3 GESTIÓN DE HUMEDALES EN CHILE Y EL MUNDO**

#### **3.1 Generalidades: Planes de Manejo de humedales**

Actualmente, la gestión de humedales en el mundo, se materializa cuando un país adhiere a la Convención Ramsar de los Humedales, pues debe cumplir con las obligaciones que ello implica. El objetivo principal de esta Convención es “asegurar el uso racional y la conservación de los humedales debido a su abundante riqueza en cuanto a la flora y fauna, sus funciones y valores económicamente importantes” (Ramsar, 1971).

A pesar de que un humedal calificado como sitio Ramsar ha de tener importancia internacional en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos, la Convención define lineamientos para el manejo de humedales, sean o no de importancia internacional. Siguiendo estos lineamientos, los distintos países elaboran estrategias y planes de manejo para sus humedales.

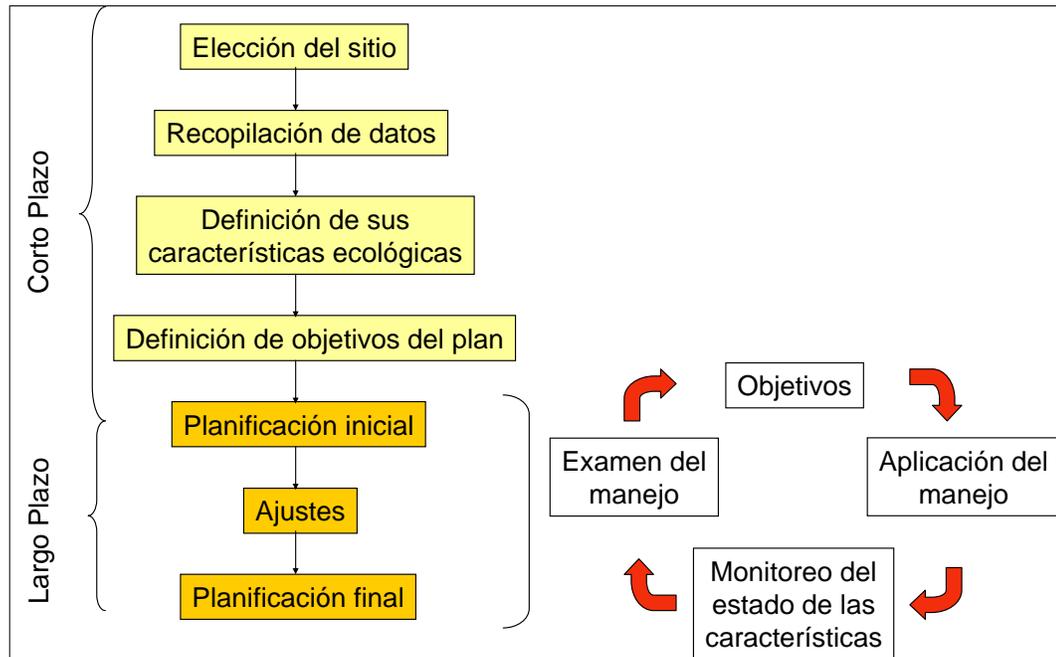
En términos generales y según la Convención Ramsar, los planes para el manejo de humedales debiesen (Ramsar, 2002):

- Planificarse a escala de paisaje, por ejemplo, a nivel de cuenca hidrográfica
- Permitir que se mantenga la productividad y diversidad biológica del sitio, mediante la definición de los objetivos del plan
- Trabajar con un equipo multidisciplinario de profesionales, miembros de gobierno y representantes de la sociedad, que permitan definir los valores ecológicos, hídricos, culturales, sociales etc., que otorga el humedal.
- Ser un documento técnico, respaldado por la legislación local
- Ser flexibles, para ser continuamente evaluados y modificados, en pro de alcanzar los objetivos
- Tener un tamaño acorde a la disponibilidad de recursos, de modo que pueda ser implementado y mantenido en el tiempo.

Normalmente, la unidad fundamental en términos hídricos es la cuenca hidrográfica, pues relaciona todas las componentes del ciclo hidrológico. Por esta razón, resulta recomendable en la mayoría de los casos, utilizar esta unidad física como base del plan de manejo (única o zonificada). Además, se plantea el estudio de los humedales bajo un enfoque ecosistémico, para poder conservar y usar sosteniblemente estos ecosistemas, integrando la totalidad de los factores que le afectan.

Hay que tener presente, que el desarrollo de un plan de manejo y su implementación, es un proceso de largo plazo, que debe estar sujeto a constantes evaluaciones, para derivar en un plan último y definitivo, cuando se adquiera la suficiente madurez, respecto al conocimiento del sitio. El proceso de evolución de un plan de manejo, se ilustra en la Figura 3.1.

**Figura 3.1**  
**Evolución de un plan de manejo de humedales**



Fuente: Elaboración propia y modificado de Ramsar, 2002

Normalmente, las partes de un plan de manejo son (Ramsar, 2002):

- **Preámbulo/Política:** debiese reflejar, a grandes rasgos, las políticas y/o prácticas de las autoridades y organismos interesados, respecto a la elaboración y ejecución del plan de manejo. Debiese evocar también las prescripciones de la Convención Ramsar
- **Descripción:** corresponde a la recopilación y síntesis de todos los antecedentes disponibles del sitio
- **Evaluación:** es el proceso de determinar o confirmar las características o los focos importantes para la planificación del manejo
- **Objetivos:** cuidando que éstos sean medibles y alcanzables, al menos en el largo plazo
- **Plan de acción:** desarrollo de los proyectos y planes de trabajo

La estructura de este plan de manejo, se presenta en la Figura 3.2.

**Figura 3.2**  
**Estructura y contenido recomendados del plan de manejo**  
**de un sitio Ramsar u otro humedal**



Fuente: Modificado de Ramsar, 2000

## 3.2 Herramientas complementarias para la gestión de humedales

Una vez diseñado un plan de manejo de humedales, se requiere de herramientas que permitan ejecutarlo. Estas son principalmente de tipo administrativo, técnico y económico.

### 3.2.1 Instrumentos Internacionales: instituciones y tratados

Existe una serie de instituciones a nivel mundial, preocupadas del estudio y preservación de los recursos naturales, las que muchas veces apoyan la gestión ambiental con ayuda técnica y/o económica. Asimismo, muchas veces estas instituciones son desconocidas por los tomadores de decisiones locales. Entre éstas, se encuentran (CEA, 1997):

- Unión Mundial de la Naturaleza (UICN)
- Wetlands International
- Birdlife
- WCI
- S.Z. Frankfurt
- WWF
- FAO/PNUD

En Anexo C.1, se presenta un resumen con los principales ámbitos de acción de cada uno de estos organismos, analizado en el “Taller de bases para la Conservación de humedales en Chile”.

Por otra parte, Chile ha suscrito varios tratados internacionales relativos a los humedales, los cuales presentan ciertas obligaciones en relación al cumplimiento de metas medioambientales. Los tratados suscritos por Chile respecto a humedales, se registran a continuación.

- **Convención Ramsar:**

Como ya se ha mencionado, es un tratado intergubernamental, adoptado en 1971 en Irán (vigente desde 1975), que se aboca al uso racional y conservación de los humedales. Los países que lo suscriben (actualmente alrededor de 150), pueden adherir aquellos humedales que cumplan con una serie de requisitos impuestos por la Convención, recibiendo por parte de ésta apoyo técnico y económico para el conocimiento y preservación de los sitios.

Chile adhirió a esta Convención en el año 1981, la que se encuentra administrada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, asesorado por el Comité de Humedales (SERNAPESCA, SAG, CONAF, CANAMA, Dirección de Riego, Dirección de Políticas Especiales, UACH y CODEFF). (CDE, 1997). Nuestro país cuenta con 9 sitios Ramsar (1.462 en el mundo) que cubren 160,154 há, los que se presentan en la Figura 3.3.

**Figura 3.3**  
**Sitios Ramsar en Chile**

<b>Nombre</b>	<b>Región</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Tipo de Humedal</b>
Salar de Surire	Tarapacá	15,858	Lacustre, estacional. Salar altiplánico seco y Laguna salina.
Salar de Huasco	Tarapacá	6,000	Lacustre, permanente. Salar altiplánico intermitente.
Salar de Tara	Antofagasta	5,443	Lacustre, permanente. Salar altiplánico.
Sistema Hidrológico de Soncor	Antofagasta	5,016	Lagunas salobres permanentes.
Complejo lacustre laguna Negro Francisco y laguna Santa Rosa	Atacama	62,460	Lacustre, permanente. Salares altiplánicos.
Laguna Conchalí	Coquimbo	34	Laguna costera de agua salobre.
Humedal El Yali	Valparaíso	520	Lacustre, palustre, costero. Lagunas costeras de agua dulce y salobre. Salinas artificiales.
Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter	Los Lagos	4,877	Ribereño, perenne con bañados intermareales.
Bahía Lomas	Magallanes	58,946	Playa de escasa pendiente con intensa influencia de las mareas.
<b>TOTAL</b>		<b>160,154</b>	

Fuente: Modificado de CONAMA, 2005

- **Convención de Biodiversidad**

Este tratado internacional, adoptado en 1992 en Nairobi, tiene como objetivo principal, la conservación de la diversidad biológica, así como los recursos biológicos, ya sea por razones éticas, por los beneficios económicos que reportan y para la supervivencia de la especie humana. (CDE, 1997). De esta forma, los humedales no están directamente abordados en su campo de acción.

Este tratado fue ratificado por Chile en el año 1994, y es administrado por la CONAMA, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía y Ministerio de Bienes Nacionales.

- **Convención de Bonn**

El objetivo de esta Convención es contribuir a la conservación de las especies terrestres, marinas y aviarias a lo largo de su área de migración. Para el cumplimiento de este objetivo, la Convención suministra un marco dentro del cual los suscritos pueden trabajar en la conservación de las especies migratorias y sus hábitats, por ejemplo, prohibiendo su captura y brindando medidas de protección.

Ratificado por Chile en 1981 y en vigencia desde 1983, este tratado está administrado por el Ministerio de Relaciones Exteriores, el que es asesorado técnicamente por un profesional reconocido por la Convención.

- **Convención de Washington**

Está abocada a la protección y conservación de todas las especies de flora y fauna nativa, en número y regiones lo suficientemente amplias, como para evitar su extinción. También protege y conserva los paisajes naturales que tengan gran valor estético, histórico o científico.

Fue adherida por Chile en 1967, y depende del Ministerio de Relaciones Exteriores y del Ministerio de Agricultura, a través de la CONAF.

- **Convención CITES**

Su principal objetivo es regular el comercio internacional de especies de flora y fauna amenazada, así como sus productos. Las especies a ser protegidas, serán aquellas que su conservación dependa fuertemente de su grado de comercialización, para lo cual éste debe ser regularizado.

Chile adhirió en 1975 a esta Convención, siendo administrada localmente por la CONAF (flora), SAG (flora y fauna terrestre) y SERNAP (flora y fauna marina). (CDE, 1997).

### **3.2.2 Instrumentos Nacionales**

En el marco de la Convención Ramsar sobre los Humedales y de diversos tratados internacionales ratificados por Chile en materia medioambiental, nuestro país ha implementado una serie de estrategias y marco legal afín, que se relaciona directamente con los humedales. Los principales mecanismos se analizan a continuación.

#### **3.2.2.1 Estrategias**

- **Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad, Región Metropolitana**

La Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago, aprobada por la COREMA RM durante mayo del 2005, tiene como objetivo la conservación futura y el uso sostenible de la biodiversidad de la Región Metropolitana. Se origina, fundamentalmente, por los siguientes compromisos políticos adquiridos por el Estado de Chile, a nivel nacional e internacional:

1. Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, año 1992, ratificado por Chile en 1994.
2. Agenda Ambiental del Gobierno 2002-2006, que establece la implementación de una estrategia y un plan de acción para la conservación nacional de la biodiversidad.
3. Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad, aprobada por el Consejo de Ministros de CONAMA en diciembre del 2003.

La Estrategia Regional establece un marco oficial para la conservación de 23 sitios prioritarios<sup>1</sup>, que totalizan 1,076,149 há. Dentro de éstos, el Sitio Prioritario N° 6 corresponde al Humedal de Batuco, que comprende un total de 14,788 há.

Por mandato de la COREMA RM, la CONAMA Metropolitana debe coordinar los planes de acción de cada uno de los sitios prioritarios, así como velar por su implementación y actualización al quinto año de su publicación, pese a ser diseñado para un horizonte de 10 años.

En términos generales, la Estrategia se divide en 3 capítulos, donde se abarcan los antecedentes generales de la región, diagnóstico de la biodiversidad de la Región Metropolitana, y los principios y objetivos de la estrategia en sí.

- **Estrategia nacional de humedales**

Debido a que Chile adhiriera a la Convención Ramsar en 1981, se hace necesario el cumplimiento de ciertas obligaciones en torno a la protección de humedales. Si bien al año 2005, Chile ya contaba con 9 sitios humedales de importancia internacional (sitios RAMSAR), es sólo en diciembre de ese año donde se definen los lineamientos a seguir, a nivel local, respecto a la conservación y uso sustentable de los humedales nacionales.

De esta forma, la “Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile”, tiene como objetivo general “promover la conservación de los humedales prioritarios de Chile y de sus funciones y beneficios en un marco de desarrollo sustentable”.

Para el cumplimiento de este objetivo, se definen 6 objetivos específicos, relacionados con<sup>2</sup>:

---

<sup>1</sup> Declarado por CONAF en 1993 y publicado en el Libro Rojo de los 23 Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, 1996.

<sup>2</sup> Ver sus objetivos específicos en Anexo C.2

- i. Valoración ambiental, económica, social y cultural de los humedales.
- ii. Conocimiento sobre los humedales.
- iii. Marco de acción legal e institucional
- iv. Participación del sector privado, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas, pueblos originarios y comunidad en general
- v. Instrumentos de planificación y gestión participativa
- vi. Reforzar la participación de Chile en el quehacer internacional

Esta estrategia se aboca a la protección de “Humedales Prioritarios”, los que pueden o no ser sitios Ramsar. Si bien no se define explícitamente un humedal prioritario<sup>3</sup>, éstos deberían ser “representativos de la biodiversidad en sus distintos niveles y que caractericen ambientes o condiciones específicas”.

Por otro lado, deberá crearse un Comité Nacional de Humedales, el cual debiese estar integrado por varios organismos públicos de competencia ambiental, como CONAMA (coordinador), CONAF (Secretaría Técnica), Ministerio de Minería, Ministerio de Bienes Nacionales, Servicio Nacional de Pesca, Servicio Agrícola y Ganadero, Dirección General de Aguas, entre otros.

Respecto a los recursos hídricos, esta Estrategia hace mención al manejo integral a nivel de cuenca, entendiendo que “el agua forma parte integrante de un ecosistema y constituye un recurso natural y un bien social y económico cuya calidad y cantidad determinan la naturaleza de su utilización (Programa 21, Naciones Unidas, 1992).

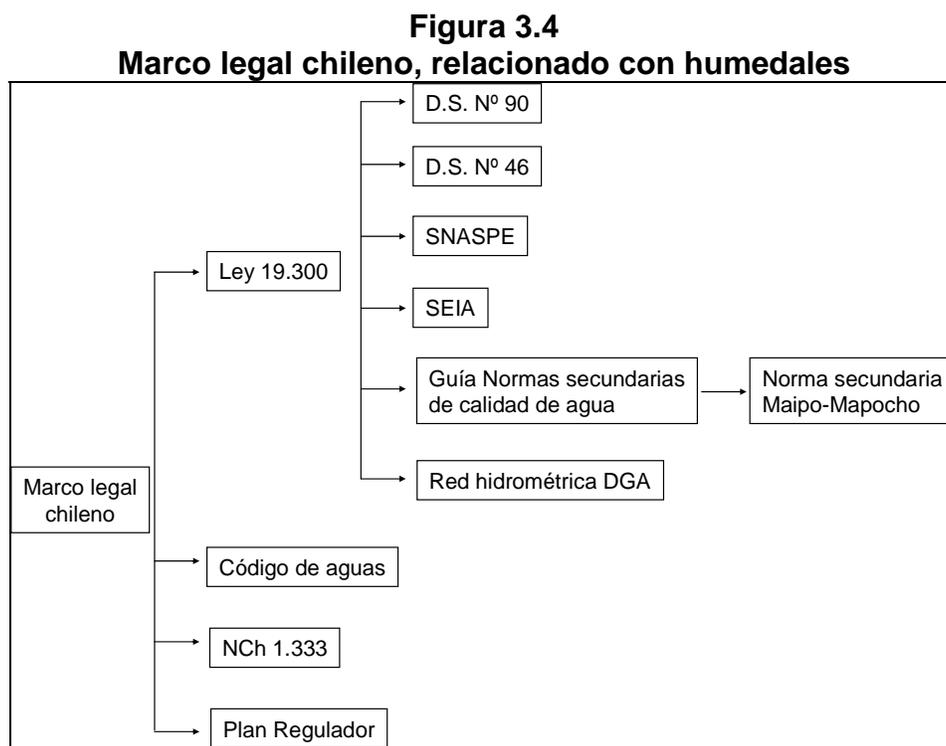
Finalmente, la Estrategia menciona la importancia de las normas de calidad secundaria de aguas superficiales en Chile, las cuales, al año 2006, se están desarrollando para 6 cuencas definidas como prioritarias. Sin embargo, dada la escasez de conocimiento e información existente respecto a humedales, es improbable que estas normativas regulen estos cuerpos de agua, al menos en el corto plazo.

---

<sup>3</sup> El Comité de Humedales decidirá los parámetros a considerar para evaluar la nominación de un humedal como “Humedal Prioritario”.

### 3.2.2.2 Marco legal chileno

En la actualidad, la Constitución de Chile cuenta con un marco legal que, en su espíritu, protege al medio ambiente. Desde este punto de partida, existen otras leyes y normas específicas que protegen en particular al recurso agua. Este marco legal se resume en la Figura 3.4.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se analiza la relación de estas regulaciones y los humedales.

#### i.Ley 19,300

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, establece las líneas generales en materia ambiental, considerando las componentes aire, agua y suelo, bajo “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental”.

Si bien no hace referencia directa a los humedales, considera la necesidad de creación de normativa y herramientas específicas, para la protección de distintas unidades ambientales. Aquellos que guardan alguna relación con los humedales, se analizan a continuación:

- a) **D.S. Nº90:** norma que regula la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua, tanto continentales como marinos. Los humedales no están directamente señalados como cuerpos receptores.

- b) **D.S. Nº 46:** norma que regula la descarga de residuos líquidos hacia aguas subterráneas. Pese a la relación hidrológica directa de éstas con los humedales, estos cuerpos de agua no son mencionados.
- c) **SNASPE:** corresponde al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las que pueden ser estatales (SNASPE) o privadas. Los humedales, así como los lagos y pantanos, son considerados como áreas sujetas a protección.
- d) **SEIA:** el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) considera varios artículos referidos a cuerpos de agua, de los cuales 4 se refieren de forma específica a los humedales, principalmente vegas y bofedales altoandinos.
- e) **Normas secundarias de calidad de aguas:** están orientadas a “mantener o recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales”. Son de gran importancia para la correcta gestión de los humedales, tal como lo menciona la Estrategia Nacional de humedales.

Su elaboración se trata de un proceso de largo plazo, que contempla 6 cuencas piloto a nivel nacional. En el caso de Santiago, la norma secundaria de calidad para la cuenca Maipo-Mapocho (Anteproyecto), establece específicamente la no aplicación de sus restricciones a los humedales. Ello se debe principalmente a la falta de información de calidad de agua de estas unidades.

- f) **Red hidrométrica DGA:** se encarga de monitorear la calidad y cantidad de aguas en distintos cuerpos de agua en el país (estaciones pluviométricas, meteorológicas y de niveles de aguas subterráneas). A nivel de país, el monitoreo de la calidad de aguas es bastante pobre y, en el caso de humedales, aun no existe ningún tipo de control.
- ii. **Código de Aguas:** en su versión inicial de 1981, no considera específicamente a los humedales. De hecho, entrega una definición general de aguas continentales, caracterizándolas como corrientes (escurren por cauces naturales o artificiales) o detenidas (lagos, lagunas, embalses).

En su modificación del año 2005, comenzaron a considerarse las vegas y bofedales altoandinos, respecto al gran deterioro que sufrieron por sobreexplotación, según la regulación previa. En estas modificaciones se prohíbe la exploración y explotación de las aguas subterráneas que los sustentan. Ello se materializa por la definición de zonas de protección por parte de la DGA.

Finalmente, el Código de Aguas regula la propiedad de las aguas, en pro del cuidado del medio ambiente. Cuando las aguas son de propiedad privada, se produce la situación mostrada en la Tabla 3.1. En cualquier otro caso, las aguas son bienes nacionales de uso público, lo que obliga al Estado a su protección.

**Tabla 3.1**  
**Situación legal de los humedales, según Código de Aguas**

	Área delimitada	Dominio
Humedal de aguas corrientes	Agua	Bien nacional de uso público
	álveo o cauce natural	Bien nacional
	Terrenos ribereños	Particular
Humedal de aguas detenidas	Agua	Bien nacional de uso público
	álveo o cauce natural	Particular
	Terrenos ribereños	Particular

iii. **NCh 1.333**: dictada en el año 1978, establece los requisitos de calidad de agua para diferentes usos. Según el humedal en evaluación, podría asociársele algún uso, como por ejemplo riego o vida acuática.

iv. **Plan Regulador Metropolitano de Santiago**: dictado en el año 2005, permite la definición de Áreas de Preservación Ecológica, las cuales deben ser “mantenidas en estado natural, para asegurar y contribuir al equilibrio y calidad del medio ambiente, así como preservar el valor paisajístico”.

La Figura 3.5, resume los instrumentos que cada Estado debiese tener, para la gestión ambiental, en particular de humedales. En el Capítulo 6, se analizará con mayor detalle el caso de Chile, según el estudio de caso de la Laguna de Batuco.

**Figura 3.5**  
**Instrumentos nacionales para la gestión de humedales**



Fuente: Elaboración propia, a partir de CEA, 1997.

### 3.3 Gestión de humedales en Chile, caso humedal Río Cruces<sup>4</sup>

A nivel nacional, un caso interesante de estudio es el del humedal del Río Cruces, ubicado en Valdivia. Éste se caracteriza por albergar una gran cantidad de especies de flora y fauna típicas de estos ecosistemas, además de tener una de las poblaciones reproductivas más grandes de cisnes de cuello negro existentes en el país.

En el año 2004, un evento inusitado, causó cambios importantes al interior del humedal, con alteraciones ecológicas que provocaron, entre otros, la desaparición de la cobertura vegetal (luchecillo) y posterior efecto en la cadena alimenticia, incluyendo un efecto social. Este hecho causó gran revuelo nacional, sindicando como principal responsable a una planta de celulosa, que habría arrojado sus RILES, ricos en sulfato de aluminio, a las aguas del humedal. Otras hipótesis, plantearon que las causas habrían sido naturales, propias de la hidrodinámica del sistema (CONAF, 2006).

Respecto a este tema, surgieron acciones inmediatas, principalmente por parte de la autoridad (sumarios, sanciones económicas), las que no tenían mayores efectos paliativos, pues el daño ya se había hecho.

A modo de lección, se comenzó con la elaboración de una Estrategia de Gestión para el Río Cruces, que permitiese paliar las deficiencias que existen en torno al conocimiento del humedal, y paliar posibles futuros impactos ambientales. En el proceso de formulación participaron 10 instituciones nacionales y extranjeras, siendo 6 de ellas Universidades.

El Plan abarca 3 ámbitos temáticos (Figura 3.6):

- **Ámbito Ecosistémico**, que incluye tres programas, los cuales se estructuran sobre la base de líneas de acción, que apuntan a generar el conocimiento básico y aplicado necesario para el uso racional del humedal y su entorno.
- **Ámbito Social**, donde se incluyen los programas relacionados con educación, capacitación ambiental, participación, comunicaciones, producción sustentable y salud. Este ámbito recoge la demanda ciudadana en su más amplio espectro temático y espacial (incluye a varios poblados de la cuenca del río Cruces).
- **Ínter-Ámbito**, el que se ocupa de la ordenación territorial y la administración del Sistema de Información Geográfico que se propone implementar. Además, desarrolla las acciones necesarias para el proceso de normalización ambiental y normativa del Plan.

---

<sup>4</sup> Ver otros estudios de caso de gestión de humedales (Colombia y Bolivia), en Anexo C.3

**Figura 3.6**  
**Plan de Gestión, humedal río Cruces**



Fuente: CONAF, 2006

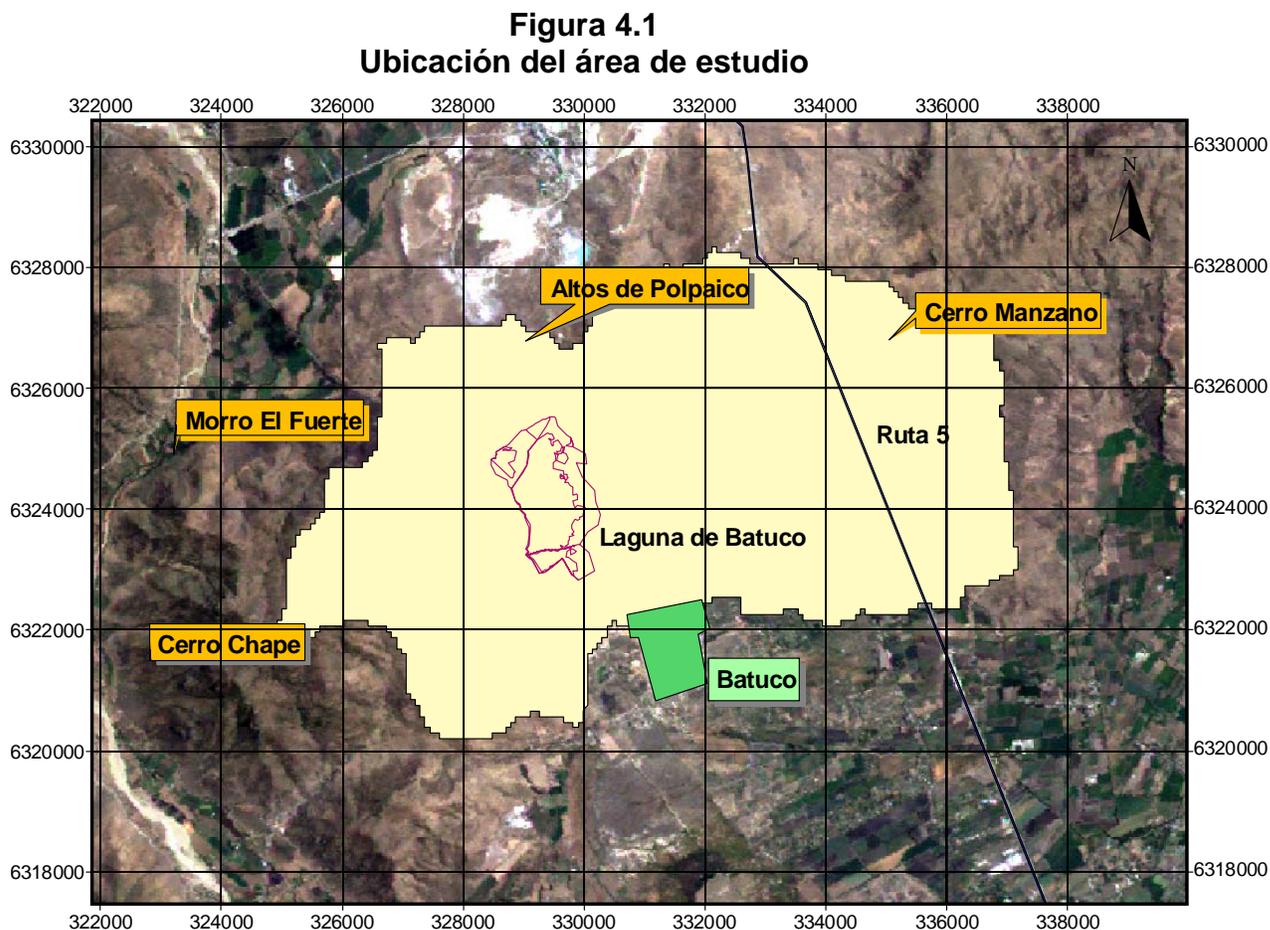
En cuanto a la institucionalidad involucrada, el Plan de Manejo considera la creación de un Comité de Gestión, encargado de la gestión administrativa y financiera, y de un Comité Científico, encargado de la evaluación técnica y científica del ecosistema, a nivel de modelo conceptual. Ambos comités se encontrarán coordinados por un organismo central (Fundación), el cual entregará las orientaciones para ejecutar el Plan. Además se considera la evaluación externa del funcionamiento del Plan, por parte de la ciudadanía, y de un organismo técnico estatal, en este caso, el Comité Nacional de humedales.

**CAPÍTULO 4:**  
**DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 4.1 Ubicación del área de estudio

La zona donde se desarrolla este estudio, corresponde a la Laguna de Batuco y su entorno (Figura 4.1), la cual se ubica al interior del Humedal de Batuco, en la comuna de Lampa, Provincia de Chacabuco, en la Región Metropolitana de Santiago. El área de estudio se ha delimitado como la cuenca hidrográfica aportante a la Laguna de Batuco.



Fuente: Elaboración propia

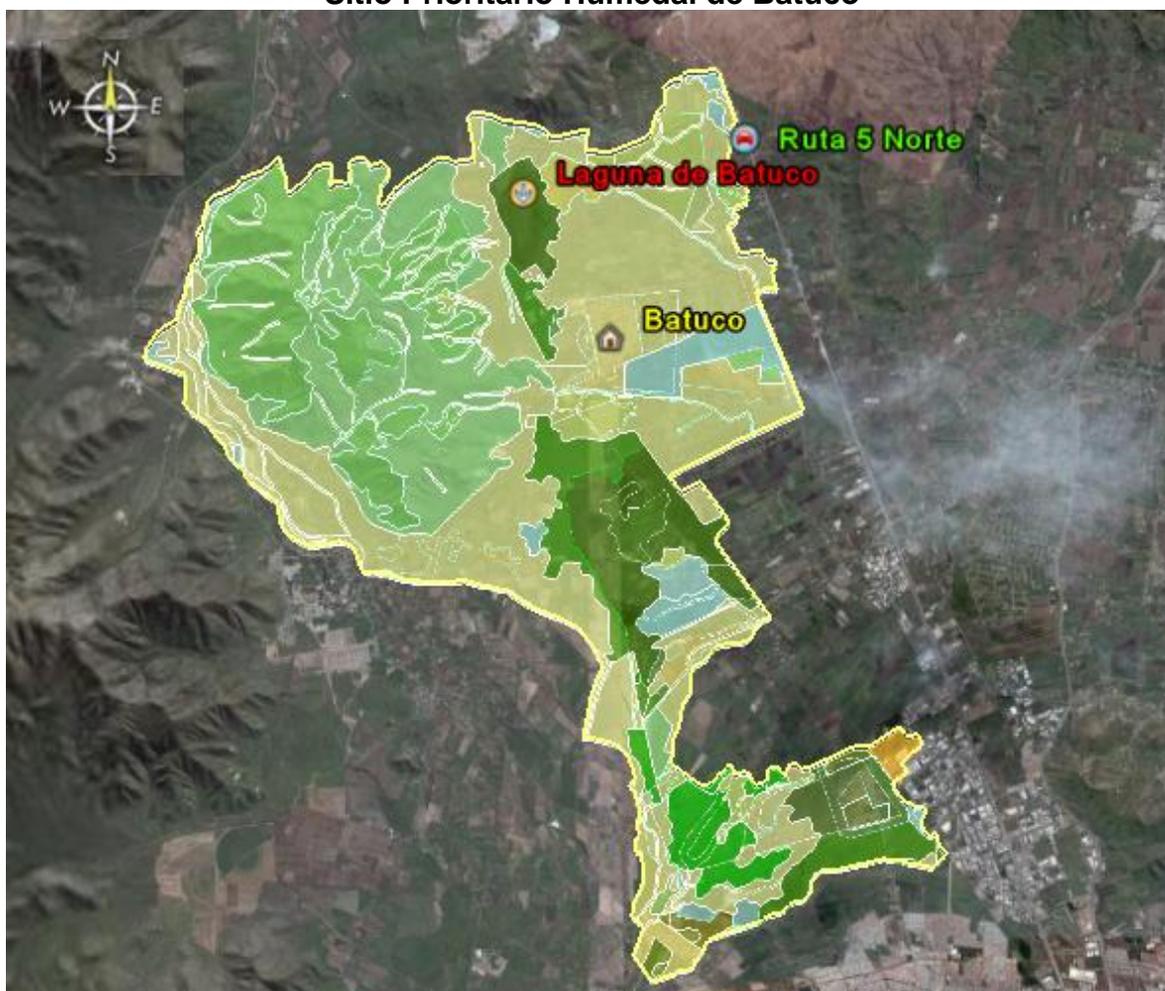
Geográficamente, el área de estudio se extiende aproximadamente entre las coordenadas UTM norte 6.320.004 a 6.328.173 m y entre las coordenadas UTM este 325.017 a 337.237 m, (DATUM PSAD 1969, HUSO 19). La altitud media de esta zona corresponde a 481 m.s.n.m. (Navas, 1973).

El área de estudio limita al norte con el Cerro Altos de Polpaico, al este con la Ruta 5 norte, al oeste con el Cerro Las Cañas y Loma del Toro y al sur con la Av. España, en la localidad de Batuco.

El principal acceso al sitio de estudio desde Santiago, se realiza a través de la Ruta 5 norte, para luego tomar el desvío a la localidad de Batuco ubicado aproximadamente 1 km al sur de la plaza de peaje de Lampa. Una vez en Batuco, en calle Av. España, se puede ingresar a la zona de estudio tanto por su borde oriente como poniente, a través de Av. Italia, como por el costado de la Escuela Santa Bárbara E367, respectivamente. Cabe señalar que el lugar de estudio se ubica, en su mayoría, dentro de un recinto privado correspondiente al Fundo La Laguna.

El sitio en estudio se encuentra contenido dentro del Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad Humedal de Batuco, tal como se muestra en la Figura 4.2.

**Figura 4.2**  
**Sitio Prioritario Humedal de Batuco**



Fuente: UNARTE, 2006

## 4.2 Demografía

La comuna de Lampa cuenta con un total aproximado de 34.000 habitantes, de los cuales el 65% corresponde a población urbana, con un crecimiento anual proyectado del 2.95%. Su densidad poblacional es de 449 hab/km<sup>2</sup>, constituyendo una de las más bajas de la Región Metropolitana (CED, 2000).

Administrativamente, la comuna de Lampa cuenta con tres localidades urbano - rurales de mayor relevancia: Lampa, Batuco y Estación Colina. De ellas, la que posee mayor cantidad de población es la localidad de Batuco, con alrededor de 10.000 habitantes, alrededor del 29% del total de la población comunal.

## 4.3 Clima

El área de estudio se ubica en la Región Metropolitana, la cual posee un clima mediterráneo, semiárido, donde las precipitaciones se concentran en el periodo de mayo a septiembre. El resto del año, se desarrolla una estación cálida, de carácter seco.

Al interior del área de estudio se presenta un clima particularmente árido, con mayores fluctuaciones térmicas, debido a que la Cordillera de la Costa en esta zona es relativamente alta. Lo anterior produce un efecto “pantalla” por parte de la cordillera, dificultando el avance de las condiciones climáticas marinas, naturalmente más húmedas. Esta situación se observa de modo especial en Colina, la cual junto a Talagante presentan las mayores temperaturas diarias de la Región Metropolitana<sup>5</sup>.

### 4.3.1 Temperatura

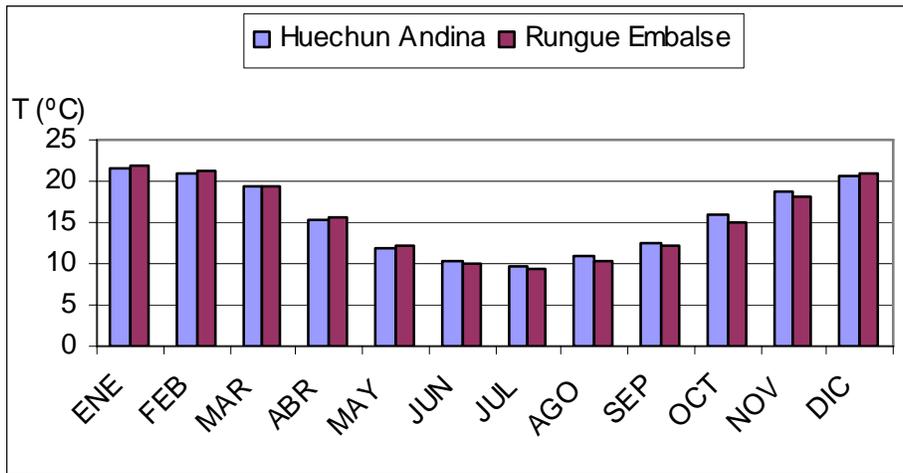
Según datos de las estaciones Huechún Andina y Rungue Embalse, ubicadas al norte del área de estudio, la temperatura promedio anual es de 15.6°C. La temperatura mínima mensual, se da entre los meses de junio y julio, con un valor medio de 8°C, entre los años 1994 y 2005. En cuanto a las mayores temperaturas, éstas ocurren en el mes de enero, con un promedio de 23°C, entre los años 1994 y 2005.

La Figura 4.3 muestra la distribución de temperaturas medias mensuales del aire, entre los años 1994 y 2005, para las estaciones antes mencionadas de la DGA.

---

<sup>5</sup> Dirección Meteorológica de Chile – SEREMI Agricultura.

**Figura 4.3**  
**Temperatura media mensual, promedio 1994-2005**



Fuente: A partir de información DGA, 2005

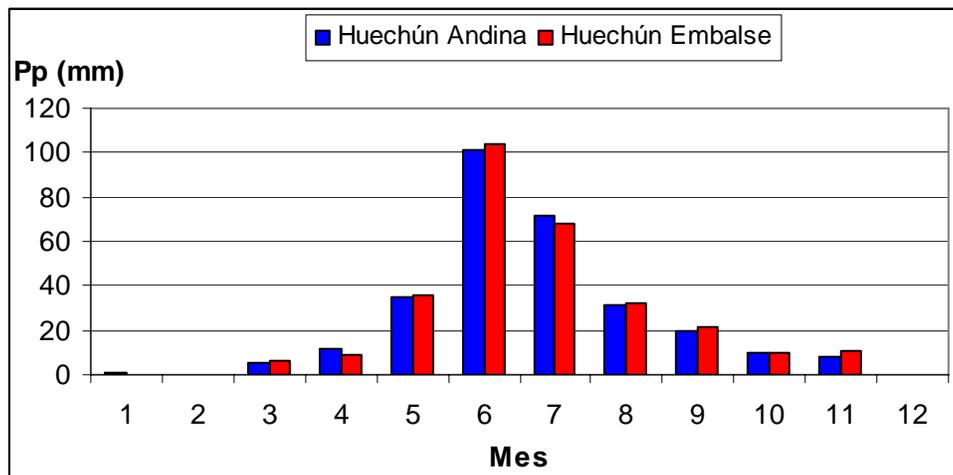
#### 4.3.2 Precipitaciones

Debido a la geomorfología de Chile Central, las precipitaciones decrecen desde la costa hacia el valle longitudinal, para aumentar nuevamente desde éste hacia la Cordillera de los Andes.

Según estaciones pluviométricas cercanas al área de estudio, el mes de mayores precipitaciones corresponde a junio, con un promedio mensual de 103 mm. El periodo de menores precipitaciones es el estival, pudiendo ser éstas nulas entre diciembre y febrero.

La distribución mensual de precipitaciones se presenta en la Figura 4.4.

**Figura 4.4**  
**Distribución mensual de precipitaciones. Promedio años 2000 a 2006**



Fuente: A partir de información DGA, 2006

#### 4.4 Flora y Fauna

Uno de los principales aspectos que resaltan la importancia de un humedal, es la capacidad de éste para albergar vida silvestre, tanto por proveer de un hábitat físico, como del alimento y refugio necesario para el desarrollo de las distintas especies vivas.

Diversos autores califican al Humedal de Batuco como el humedal natural más importante de la Región Metropolitana de Santiago, tanto por la escasez de este tipo de ecosistemas en un entorno urbano, como por la gran cantidad de especies que en éste residen.

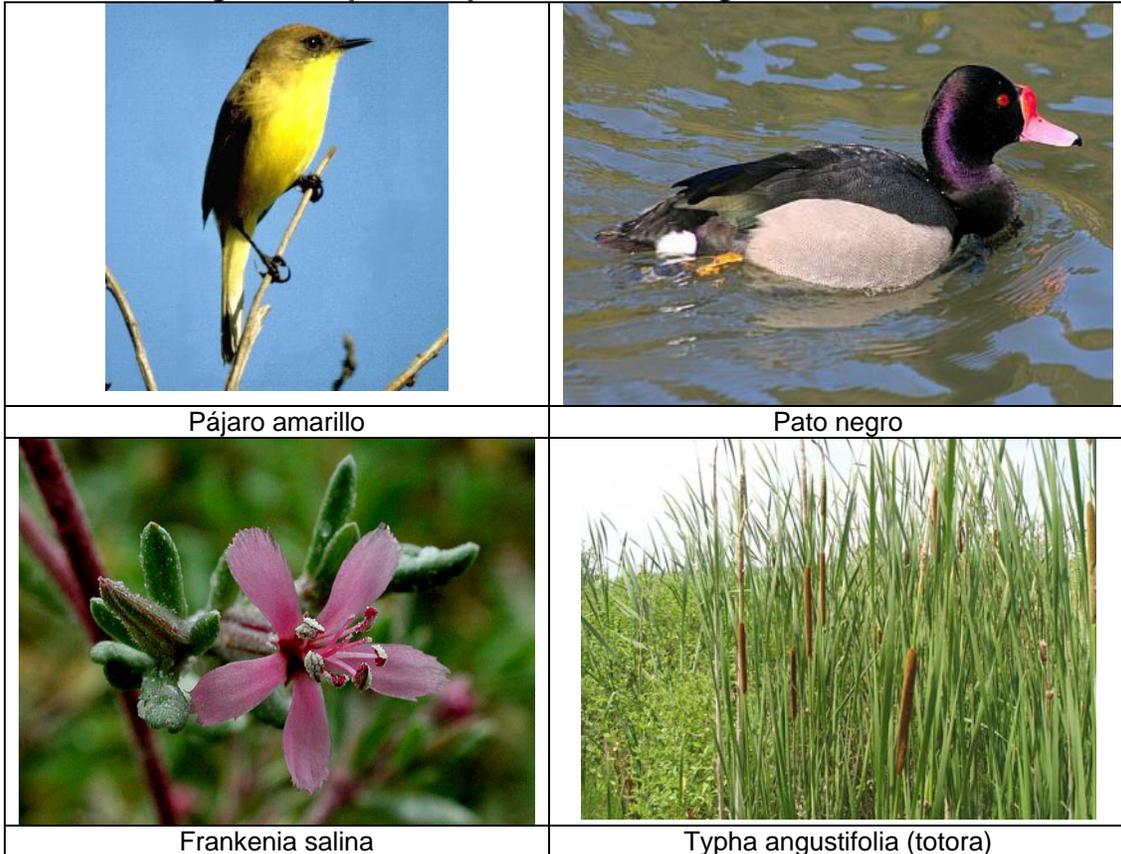
El Humedal de Batuco alberga cerca de 70 especies de aves, tanto residentes como migratorias, algunas de ellas en peligro de extinción, como es el caso de *Rostratula semicollaris* (Becasina pintada). Otras especies animales que habitan este medio presentan problemas de conservación, como es el caso de *Cygnus melanocorypha* (Cisne de cuello negro), *Ardea cuca* (Garza cuca), *Philodryas chamissonis* (Culebra de cola larga), *Pleurodema thaul* (Sapito de cuatro ojos), entre otros.

En relación a la flora del Humedal de Batuco, existen varias asociaciones vegetales, las cuales responden a un gradiente de salinidad y otro de humedad. Las características del suelo, condicionan el desarrollo de especies halófitas en esta zona, en especial de especies como *Frankenia salina*, *Distichlis spicata*, *Cressa truxillensis*, entre otras. En cuanto al gradiente de humedad, este se pone de manifiesto a través de dos asociaciones de totoral, uno cuya especie dominante la constituye *Typha angustifolia* (totora) y otra en que domina *Scirpus californicus* (bato) (Del Campo, 2000).

Adicionalmente, existen cerca de 100 especies de plantas vasculares, de las que destaca la especie *Amaranthus looseri*, la cual es de tipo endémico (Del Campo, 2000).

Algunas de las especies que habitan el Humedal de Batuco, se muestran en la Figura 4.5.

**Figura 4.5**  
**Algunas especies que habitan la Laguna de Batuco**



Fuente: Archivo fotográfico, Ilustre municipalidad de Lampa

## **4.5 Geomorfología y Geología**

### **4.5.1 Geomorfología regional**

La zona de estudio se encuentra en Chile Central, contenida en la hoya del río Maipo, donde se distinguen las tres unidades fisiográficas características de nuestro país: Cordillera de Los Andes, Depresión Intermedia y Cordillera de La Costa, las cuales se describen a continuación:

- **Cordillera de Los Andes**

Constituye la divisoria de aguas entre los océanos Pacífico y Atlántico, desarrollándose entre cerro Alto de los Leones por el norte y Picos del Barroso por el sur. Las alturas de las cumbres del cordón andino descienden en dirección norte sur, desde los 6,550 m.s.n.m. del cerro Tupungato, hasta los 3,767 m.s.n.m. del portezuelo Cruz de Piedra.

En la porción correspondiente a la hoya del Maipo, la cordillera de los Andes se encuentra disectada por los ríos Maipo, Mapocho y por el estero Colina. La cordillera desciende irregularmente hacia el poniente, hasta encontrarse con un cordón montañoso norte-sur, cuya ladera rocosa se inclina fuertemente hacia el oeste, limitada por los depósitos sedimentarios que rellenan la cuenca de Santiago, extendiéndose por debajo de este relleno con una pendiente similar. Destacan de este cordón las cumbres del cerro Provincia, cerro de Ramón y cerro Purgatorio.

- **Depresión Intermedia**

La Depresión Intermedia limita al norte por el cordón de Chacabuco, al sur por el cordón de Paine, al este por la Cordillera de los Andes y al oeste por la Cordillera de la Costa. Puede ser dividida en dos compartimentos: uno pequeño en el extremo norte, que limita al sur con el cordón El Manzano, y otro mayor que constituye la Cuenca de Santiago.

- **Cordillera de la Costa**

El sector de la Cordillera de la Costa se extiende desde el cerro Vizcachas por el norte, al cerro Cantillana por el sur. La mayor parte de las aguas que recibe fluyen hacia el Maipo inferior y sólo una pequeña parte hacia la Depresión Intermedia. El cordón divisorio está formado por restos de una meseta, que fue disectada por el curso del río Maipo, en la localidad de El Monte.

La altura máxima regional de esta unidad es de 2,222 m.s.n.m., se ubica al noroeste de la ciudad de Santiago, presentando un ancho que varía entre los 30 y 50 km.

### 4.5.2 Geomorfología local

A nivel local, la zona de estudio se desarrolla en la Depresión Intermedia, con una altitud promedio cercana a los 490 m.s.n.m.

La cuenca de Batuco es una hoya semi-cerrada de muy baja pendiente. La pendiente se manifiesta en forma suave hacia el sur y en dirección este-oeste (Sotomayor, 1964). Se trata de una fosa de carácter endorreico, alimentada principalmente por las quebradas del sector oriente de la comuna de Lampa

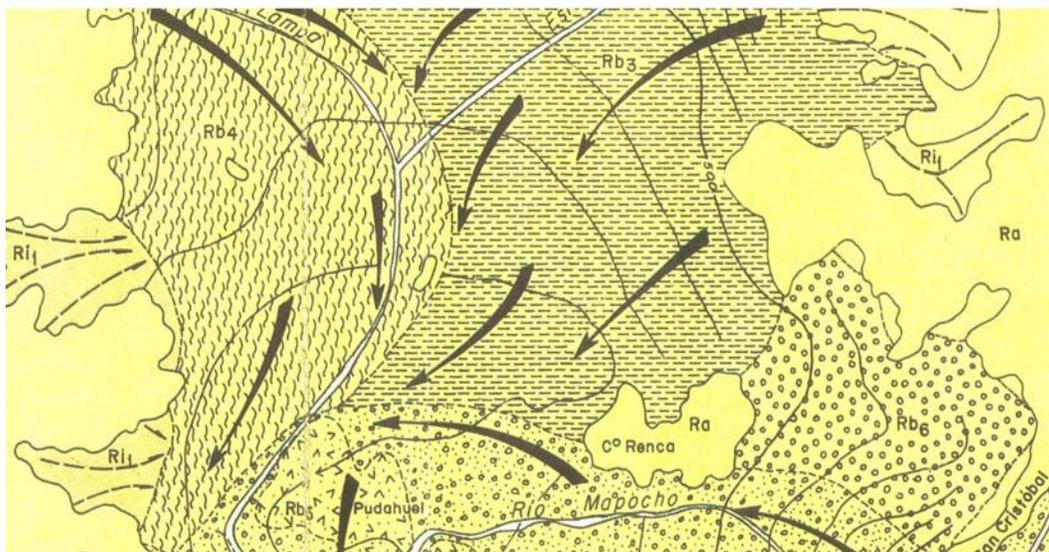
En el área de Batuco, el drenaje ha sido represado por la fase terminal del estero Colina, depositándose un pequeño espesor de materiales lacustres de muy baja permeabilidad. Esta situación se ha producido por deficiencia de sedimentación y represamiento de los conos de deyección circundantes (Castillo, Falcon, Valenzuela, 1970).

Las principales unidades geomorfológicas que predominan en el entorno del Humedal de Batuco, son depósitos asociados al abanico aluvial del estero Lampa por el costado nor oeste, y a los depósitos del estero Colina por el sur este. Esta situación se observa en la Figura 4.6.

**Figura 4.6**  
**Mapa geomorfológico de la cuenca de Santiago**

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Ra : relieves altos            | Rb3: Cono Rio Colina             |
| Ri1: conos de deyección        | Rb4: Cono Rio Lampa              |
| Ri2: corrientes de barro       | Rb5: Pumicitas                   |
| Ri3: Sed. fluvial/Afl. menores | Rb6: Sed. lacustres              |
| Rb2: Cono Rio Mapocho          | Equidistancia isohipsas: 10 mts. |

Escala original: 1:200.000



Fuente: Valenzuela, 1978

De las fuentes de sedimentos antes citadas, el estero Colina ha acumulado sus materiales gruesos en un pequeño cono de deyección que se desarrolla desde la entrada del estero a la cuenca, con una cota de 640 m.s.n.m. hasta unos 10 km al sur oeste, con una cota de 510 m.s.n.m. A partir de este lugar se desarrolla una zona de inundación, en que se han depositado preferentemente materiales de crecidas.

En los materiales superiores del cono del estero Colina se infiltra la poca cantidad de agua que colecta su hoyo. La fase terminal, formada por mayor cantidad de limo y arcilla, es poco permeable (Castillo, Falcon, Valenzuela, 1970).

En el caso del estero Lampa, sus depósitos están conformados principalmente por grava, arena con limo y arcilla en menor proporción, y los Depósitos Lacustres asociados a los segmentos terminales de estos abanicos, donde predominan sedimentos de menor granulometría, como arcilla, limo y arena fina (Aguirre, 2006). En su curso inferior, los materiales más finos depositados engranan con la fase terminal del estero Colina.

### **4.5.3 Geología**

Los principales depósitos que se encuentran en las inmediaciones de la Laguna, se describen a continuación, y se identifican en la Figura 4.7.

- **Depósitos Aluviales (Qa)**

Son los depósitos que predominan en la zona de estudio. Ocupan, aproximadamente la zona comprendida entre Av. Italia y la Ruta 5 norte, y la extensión por el sur de esta área, fuera de la zona de estudio.

Se trata de depósitos no consolidados, ubicados en zonas de llanura, comprendiendo depósitos provenientes de escurrimientos superficiales, interdigitados con sedimentos gravitacionales, tales como flujos de barro y flujos de detritos.

Su composición granulométrica comprende gravas, arenas, limos y arcillas, mientras que sus clastos mayores suelen ser subangulosos a subredondeados.

- **Depósitos de Remoción en Masa (Qrm)**

De edad similar a los depósitos coluviales, son los sedimentos de menor ocurrencia en la zona de estudio.

Corresponden a productos de movilización gravitacional (flujo de detritos), formados por bloques muy mal seleccionados. Su matriz granulométrica es heterogénea, albergando desde ripios hasta arcillas.

- **Depósitos Coluviales (Qc)**

Si bien ocupan una extensión bastante menor a la del resto de los depósitos, se les encuentra inmediatamente al oeste de los depósitos lacustres que dan forma a la Laguna de Batuco (a los pies del cerro Chape), además de estar presentes en la parte nor este de ésta, en los faldeos del cerro Altos de Polpaico y cerro El Manzano.

Debido a su ubicación, estos depósitos tienen un origen gravitatorio, provenientes de flujos de remoción en masa. Por esta razón, su granulometría puede incluir desde bloques angulosos hasta arcillas, interdigitados con lentes de arena y gravas, generados por pequeños cursos de agua (DGA-AC, 2000).

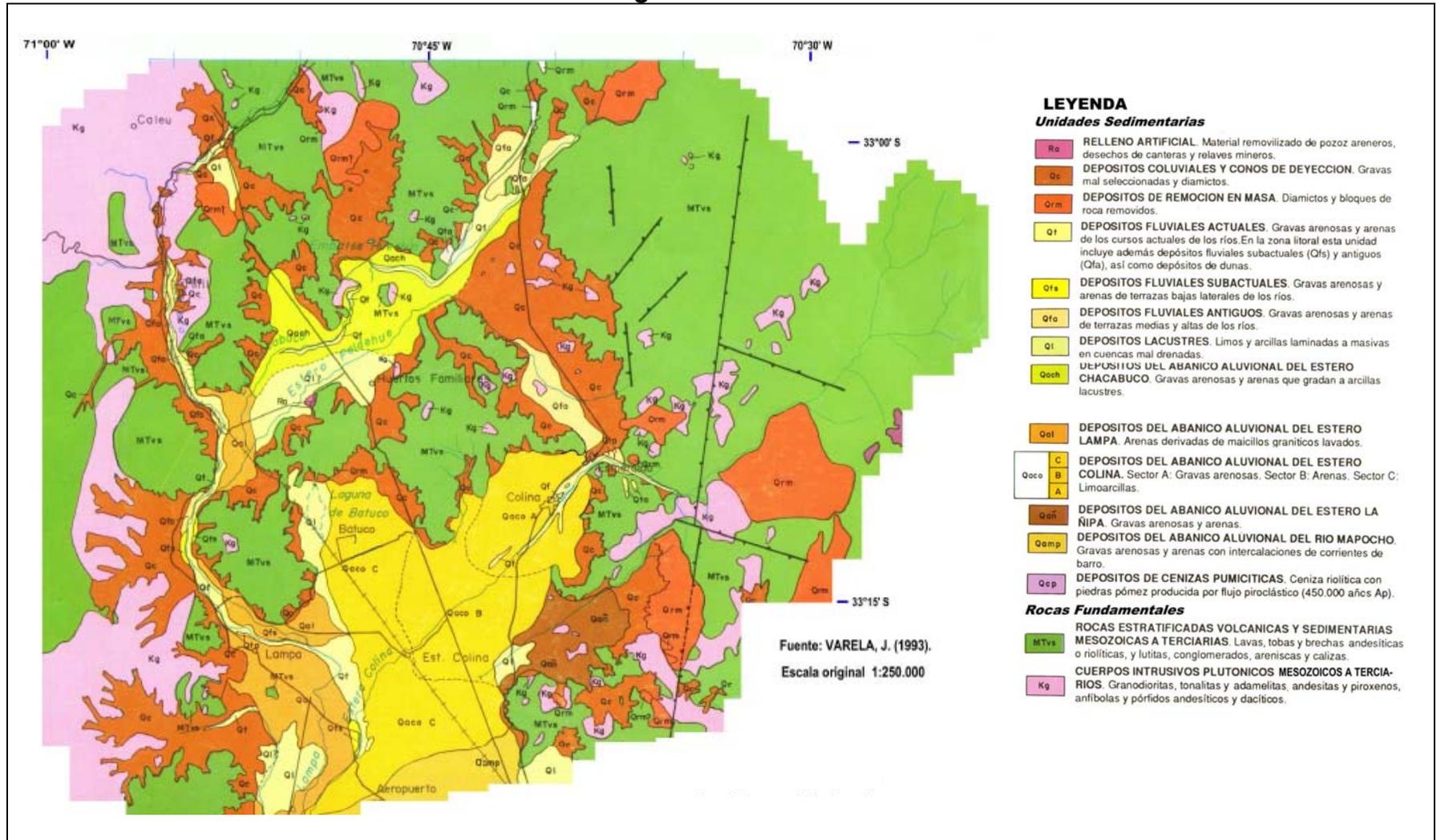
- **Depósitos Lacustres (Ql)**

Son aquellos sedimentos que rodean al cuerpo de agua Laguna de Batuco, con disposición N-S. Por el oeste y el norte, se prolongan hasta encontrarse con los depósitos coluviales de los faldeos del cerro Chape y cerro Altos de Polpaico respectivamente; por el este, se prolongan hasta aproximadamente Av. Italia, donde se encuentran con los depósitos aluviales antes descritos; por el sur, se extienden hasta abandonar el área de estudio, pasada Av. España.

Este tipo de depósitos son sedimentos de grano fino, no consolidados, y están formados por limos, arcillas y arenas limosas. Normalmente, estos sedimentos se presentan finamente laminados o macizos y corresponden a depósitos formados en cuencas con circulación y drenaje de agua restringido (DGA-AC, 2000). Esto concuerda con las bajas permeabilidades que rondan el sector de la Laguna (ver Punto 4.8.1).

Características generales del área de estudio, tales como su historia geológica, y descripción de formaciones como rocas fundamentales y relleno sedimentario, se desarrollan en el Anexo D.2.

Figura 4.7  
Carta Geológica del Área de Estudio



Fuente: Varela, 1993

## **4.6 Suelos**

### **4.6.1 Características**

En términos generales, los suelos de la zona son de baja permeabilidad, textura arcillosa, alto contenido de sales y bajo contenido de materia orgánica. A este tipo de suelos se les denomina vertisoles.

Durante la época estival, las bajas precipitaciones y altas temperaturas, producen un ascenso de las aguas subterráneas hacia la superficie, por efecto de la evaporación. Este fenómeno, produce también un transporte de las sales del suelo hacia la superficie, lugar donde se acumulan, preferentemente en zonas de estancamiento de aguas y alta saturación del suelo. Las principales sales transportadas son los sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos de calcio y sodio. Lo anterior repercute en altos valores de pH en el suelo, los cuales fluctúan entre los 7.5 y 9.5.

En puntos bajos de la cuenca, los anegamientos permanentes producen la formación de una capa impermeable. Todas estas condiciones producen que muchos sectores de la cuenca no sean aptos para la actividad agrícola, en ausencia de acondicionamiento de los suelos (Sotomayor, 1964).

### **4.6.2 Uso de Suelo**

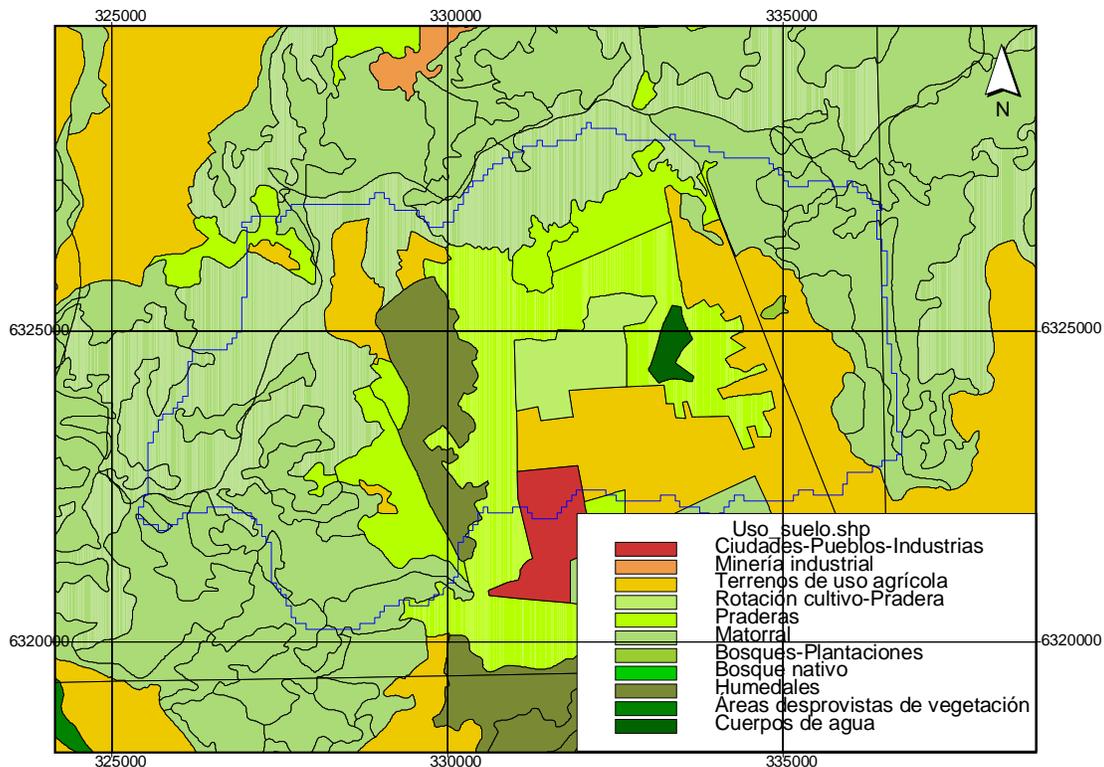
En cuanto al uso de los suelos dentro de la zona de estudio, se distingue algunas unidades características:

- Suelos desnudos, los que se caracterizan por presentar temperaturas extremas y humedades bajas, por lo que se comportan como islas de calor. Al interior de la zona de estudio, se distinguen algunas zonas con abundante humedad, producto de los desbordes de agua desde canales de regadío o en las inmediaciones de la planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada.
- Superficies libres en laderas, las cuales tienen una cobertura vegetal variable, dependiendo de su ubicación geográfica. En las laderas más cercanas a la Laguna de Batuco (cerros zona norte), la vegetación es principalmente matorral y espino.
- Suelos libres con coberturas vegetales extensas, principalmente las zonas de cultivos. En esta categoría destaca el Fundo La Laguna, que presenta una amplia zona de cultivos, además de sectores con alta intervención del suelo, como es el caso de los pretiles de tierra construidos para confinar las aguas superficiales, así como tranques de agua, utilizados en regadío de los cultivos.

- Laguna de Batuco, la que se desarrolla como una mezcla entre suelo parcialmente cubierto por agua y suelo cubierto por totora de distinta densidad. En los alrededores de la Laguna, se observan zonas de gran humedad, con una pobre cobertura vegetal de matorrales y espinos, la cual disminuye hacia la estación cálida.
- Suelos urbanizados, cuya mayor densidad se ubica en la localidad de Batuco y corresponden a edificaciones bajas. En la periferia del área de estudio, se distingue gran cantidad de parcelaciones de agrado.
- Suelos con ocupación industrial, dentro de los que destacan las industrias de cerámicas, bodegaje de petcoke y planta de tratamiento de aguas servidas. En el Punto 4.10 de este capítulo se aborda este tópico con mayor detalle.

Por otra parte, según el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, el área de estudio se encuentra en su gran mayoría “Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano” a excepción de la zona sur este del área de estudio, la cual se trata de un “Área Urbanizable”. El detalle de cada una de las zonas descritas, se aprecia en la Figura 4.8.

**Figura 4.8**  
**Uso de Suelo en Zona de Estudio**



Fuente: Elaboración propia

## 4.7 Red de Drenaje

En la zona de estudio, se desarrolla un sistema de flujos bastante errático, de donde se distinguen la Laguna de Batuco, estero Colina, estero Lampa y Canal Batuco, como aquellos más permanentes y notorios, además de otros flujos sin curso definido, sobre todo aguas arriba de la Laguna de Batuco (Figura 4.9).

Lo anterior, sumado a los orígenes de la cuenca, a un nivel freático somero y a problemas de evacuación de aguas lluvias, han causado problemas de inundaciones en la zona de estudio, que se mantienen hasta estos días.

- Laguna de Batuco

La fosa de Batuco es de tipo endorreico. Ésta retiene los flujos de las laderas circundantes, dando origen a la Laguna de Batuco, así como a otras lagunas más pequeñas, en periodos de alta precipitación. Este sistema de lagunas es de baja profundidad, y sus principales pérdidas de agua ocurrirían por evaporación. Dada esta característica, ha sido común que en el pasado, la Laguna de Batuco se secase durante el verano, aunque en algunas ocasiones ha presentado un almacenamiento de agua bastante significativo, abarcando un área cercana a 500 há (Ferrando, 1999).

- Estero Colina

El estero Colina se origina en los cordones montañosos preandinos situados al oriente de Peldehue (Comuna de Colina) y se desplaza por la Comuna en dirección NE-SW, desde Estación Colina hasta la localidad de La Primavera, desde donde se orienta ya fuera de la Comuna hacia el Sur, para conectar con el sistema del río Mapocho en el sector de la Ruta 68 a Valparaíso.

El estero Colina ha dado origen a suelos evolucionados de aptitud agrícola, con drenaje relativamente bueno hacia el oriente, mientras que hacia el SW, el nivel freático superficial da origen a suelos salinos de mal drenaje. (Ferrando, 1999).

- Estero Lampa

El estero Lampa se origina al Oriente de Polpaico (comuna de Til Til), desplazándose por la Comuna de Lampa en dirección Sur, hasta su confluencia con el estero Colina en las cercanías del Aeropuerto Arturo Merino Benitez.

Se trata de una extensa superficie de canales divagantes que se desbordan en períodos de crecidas, dando origen a suelos de mal drenaje, que se explica en gran parte por escurrir sobre un área de hundimiento significativo, donde también se ubica la Laguna de Batuco. (Ferrando, 1999).

- Canal Batuco

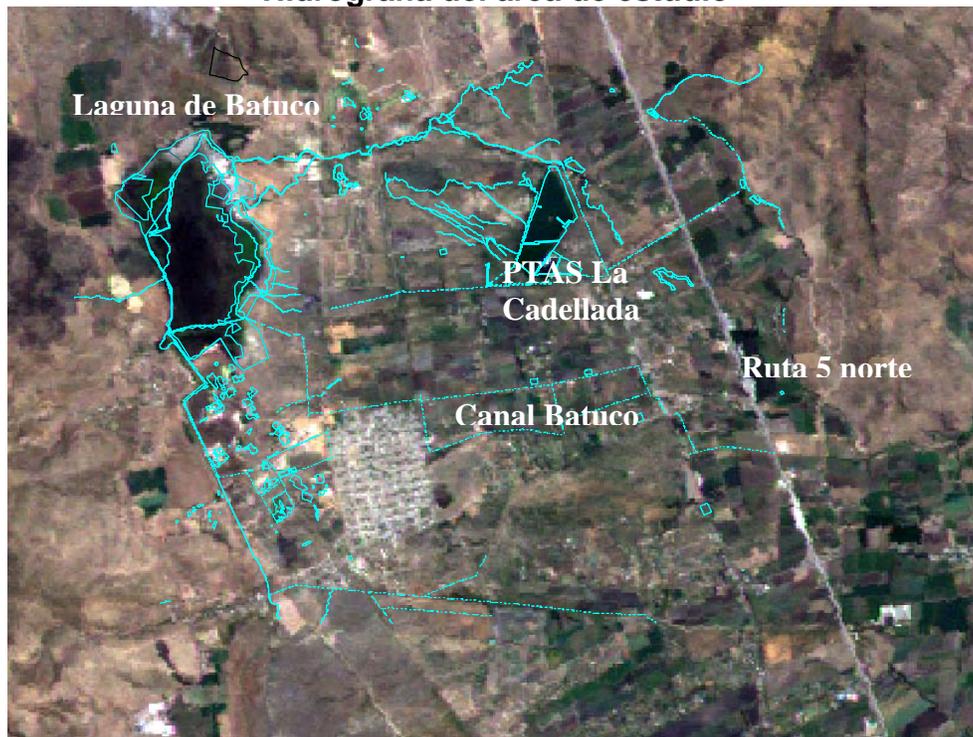
Nace en el sector de Las Canteras, en el cerro Pan de Azúcar. Corresponde al principal ramal del canal El Carmen en la zona de Santiago norte. El canal en su primer tramo, se desarrolla paralelo al canal El Carmen. Luego de que este último cambia de dirección hacia el norponiente, el canal Batuco continúa bordeando los cerros de Chicureo, para luego dirigirse en dirección norponiente cruzando la carretera General San Martín y luego el estero Colina.

La capacidad nominal de este canal, es de aproximadamente 2,625 l/s. (DOH, 2002). Según información proporcionada por CONAMA RM, el caudal conducido por este canal en temporada de riego (septiembre a mayo), es del orden de 106 l/s.

- Otros flujos

Existen una serie de otros flujos de procedencia y caudal no determinados, especialmente aguas arriba de la Laguna de Batuco. Ello se produce principalmente por excesos de riego, los que son descargados libremente a la planicie, generando flujos erráticos. Otra posible fuente de esta agua, son descargas crudas de la plata de tratamiento de aguas servidas La Cadellada, lo que se pudo constatar en varias visitas a terreno. Se intentará cuantificar estos flujos mediante un Balance Hídrico (ver Punto 5.7).

**Figura 4.9**  
**Hidrografía del área de estudio**



Fuente: Modificado de DOH, 2002.

## **4.8 Hidrogeología**

Según la clasificación realizada por la DGA, para la descripción estratigráfica de los rellenos sedimentarios del sistema Maipo-Mapocho (DGA-AC, 2000), la zona de estudio se encuentra ubicada en la sub zona Santiago Norte y está clasificado como “Área de restricción”.

### **4.8.1 Características del relleno**

El sistema acuífero de la cuenca en estudio, se encuentra formado por distintas capas, de granulometría variable. A nivel espacial y en superficie, los mayores tamaños de sedimentos se encuentran en las cabeceras de los esteros Lampa y Colina. El tamaño de estos granos disminuye hacia el centro de la cuenca.

En particular, en las inmediaciones de la Laguna de Batuco, la granulometría disminuye de este a oeste (en el sentido de la pendiente), encontrándose los menores tamaños de grano en su costado poniente (Álamos, 1986). Sobre el 70% de los materiales en esta zona son limos y arcillas, lo que determina las bajas permeabilidades del sector. Las permeabilidades del área de estudio varían en el rango  $1 \cdot 10^{-5}$  a  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

### **4.8.2 Acuíferos**

A escala vertical, en la zona de estudio se distinguen dos sistemas acuíferos. Uno superior, de granulometría fina, con una profundidad promedio de 15 m y un nivel freático muy somero (2 m promedio). Este acuífero libre, estaría compuesto de materiales finos como arcillas y limos arcillosos. La granulometría sólo se modifica en los faldeos de los cerros, donde hay mayor presencia de materiales meteorizados, de permeabilidad baja a media. Su vulnerabilidad es alta, según el mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la cuenca de Santiago.

La calidad del agua del acuífero superior no es buena, al menos desde el punto de vista de la salinidad. Debido a lo somero de los niveles freáticos (en ocasiones surgentes), las aguas están sometidas a evaporación, lo que aumenta su salinidad. En épocas de lluvias, lo anterior se manifiesta en la surgencia de la napa mientras que en verano, el secado de los materiales conduce a la formación de una costra salina sobre la superficie del suelo.

El acuífero inferior es de tipo confinado, y se compone de intercalaciones entre materiales finos y gruesos. Su vulnerabilidad es variable, según el mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la cuenca de Santiago.

Se desconoce la profundidad de este acuífero, pero se detectan pozos en la zona de hasta 100 m de profundidad, que estarían extrayendo agua de éste. En teoría, este acuífero contaría con un importante volumen de agua embalsada, y de buena calidad.

### 4.8.3 Niveles de las aguas subterráneas

Los niveles de las aguas subterráneas en el acuífero libre son bastante someros, con valores medios de 1.5 a 2 m de profundidad. Según Sotomayor (1964), las profundidades de los niveles freáticos disminuyen de oriente a poniente, presentándose los niveles más someros, a unos 15 m al oeste de la Laguna de Batuco.

La DGA cuenta con una Red de Monitoreo de niveles de aguas subterráneas, de donde cuatro captaciones se encuentran dentro del área de estudio. El nombre y la ubicación de estas estaciones se presentan en la Tabla 4.1.

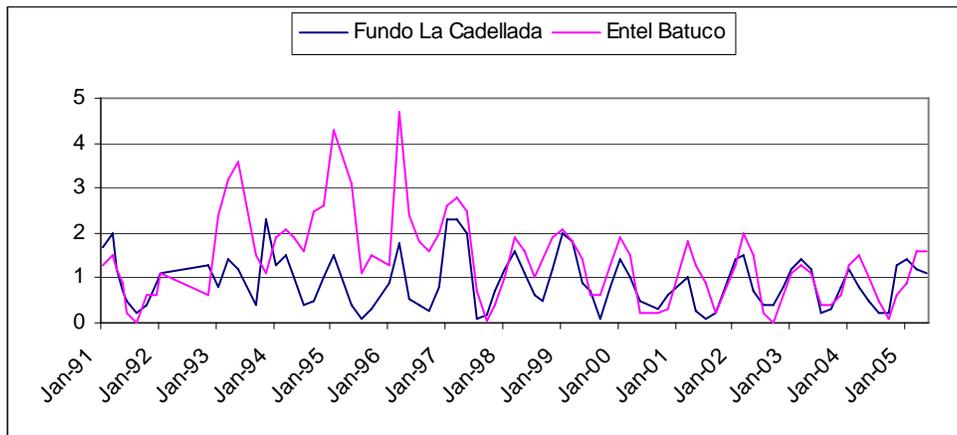
**Tabla 4.1**  
**Estaciones de niveles de aguas subterráneas en la zona de estudio**

Estación	Código BNA	UTM este (m)	UTM norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
Fundo La Cadellada	05734003-7	331835	6435206	489
Entel Batuco	05734005-3	332124	6321157	485
Fundo La Laguna	05734006-1	329064	6324369	482
Asentamiento Laguna	05734007-K	329344	6326161	487

Si bien se desconoce la profundidad de estos pozos, las diferencias en los niveles estáticos para el periodo 1991-2005, sugieren que dos de estas captaciones serían profundas, y dos someras. En ambos casos, los niveles mínimos registrados, indican que la napa aflora a la superficie, o se encuentra muy somera, una vez finalizado el invierno.

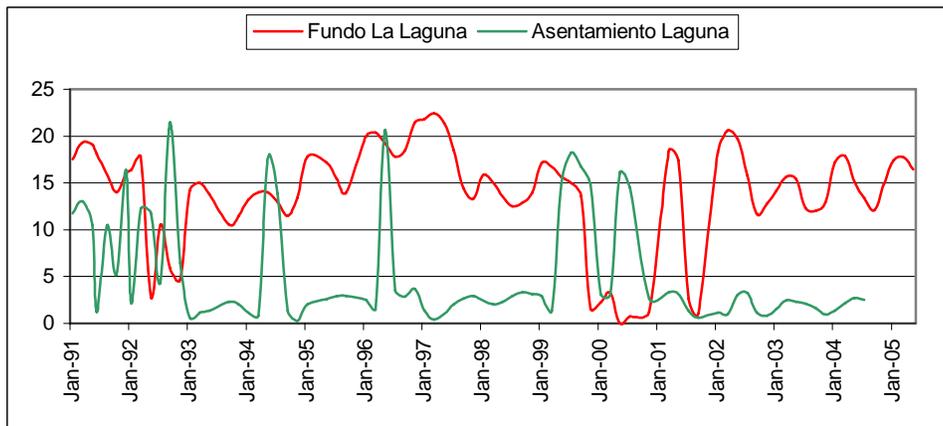
Los niveles de las estaciones Fundo La Cadellada y Entel Batuco, presentan profundidades máximas de 2.3 m y 4.7 m respectivamente. Los niveles mínimos son inferiores a 10 cm. En ambas estaciones, los valores peak de cada año se presentan entre los meses de enero y marzo, mientras que los valores mínimos, desde 1997, ocurren durante el mes de septiembre, el cual coincide con el inicio de la temporada de riego. La profundidad promedio del nivel estático es de 0.92 m para la estación Fundo la Laguna y de 1.4 m para la estación Entel Batuco. Los niveles estáticos de estas estaciones se presentan en la Figura 4.10.

**Figura 4.10**  
**Niveles estáticos estaciones Fundo La Cadellada y Entel Batuco**



Los niveles de las estaciones Fundo La Laguna y Asentamiento Laguna, presentan profundidades medias de 14.01 m y 5.04 m respectivamente, mientras que sus profundidades máximas son cercanas a los 22 m en ambos casos. Los niveles mínimos son cercanos a los 20 cm en Asentamiento Laguna, y surgentes en Fundo La Laguna. En ambas estaciones, los valores peak de cada año se presentan entre los meses de enero y marzo, mientras que los valores mínimos, desde 2001, ocurren durante el mes de septiembre. Los niveles estáticos de estas estaciones se presentan en la Figura 4.11.

**Figura 4.11**  
**Niveles estáticos estaciones Fundo La Laguna y Asentamiento Laguna**



Si bien los niveles estáticos de todas las estaciones presentan una variabilidad cíclica, sólo la estación Fundo La Cadellada muestra uniformidad entre los valores máximos y mínimos en el tiempo. En todas las estaciones restantes, se observan periodos donde los niveles se han reducido a incrementado en forma excesiva, lo cual posiblemente se deba a cambios en el patrón de uso de las aguas subterráneas a través del tiempo, en las inmediaciones de cada estación.

El comportamiento oscilante de los niveles, con máximos y mínimos en épocas fijas del año, se debería a que la recarga de estos acuíferos es de tipo pluvial y respuesta rápida.

#### **4.8.4 Recarga, descarga y movimiento de las aguas subterráneas**

La granulometría de los esteros Lampa y Colina determina una diferencia importante en las interacciones río-acuífero que ambos establecen. Mientras los tamaños de sedimento del estero Lampa son más bien pequeños, los del estero Colina son de mayor tamaño, lo que determina que este último sea fuente de recarga del acuífero. Por el contrario, en el caso del estero Lampa, sus aguas provienen en una magnitud importante desde la descarga de aguas subterráneas. Si bien la zona de Batuco no interactúa directamente con los esteros Lampa y Colina, la situación anterior permite entender de mejor forma las distintas interacciones entre aguas superficiales y subterráneas, dependientes de la granulometría de cada lugar y de la cota del mismo.

- **Recargas**

Las principales recargas de los sistemas acuíferos provienen de la infiltración, ya sea de aguas lluvia, excesos de riego, escorrentía directa, cauces superficiales y canales de riego sin revestimiento, así como de la interacción entre ambos acuíferos, debido a los ascensos capilares de agua, dadas las diferencias de presiones (recarga del acuífero superior).

Otra fuente de recarga de la zona de la Laguna de Batuco, pero de muy baja cuantía, serían las aguas subterráneas provenientes de Colina, las cuales mayoritariamente se evaporarían. Asimismo, Sotomayor (1964), plantea que las aguas provenientes de la llanura de Polpaico, también recargan el acuífero de la zona de estudio, basado en similitudes encontradas en la calidad de las aguas subterráneas de ambas zonas.

- **Descargas**

Las principales descargas del sistema se deben al ascenso natural de las aguas, al propio flujo subterráneo, cuando éste abandona la cuenca, y a las extracciones desde norias y pozos, siendo éstas las de mayor cuantía.

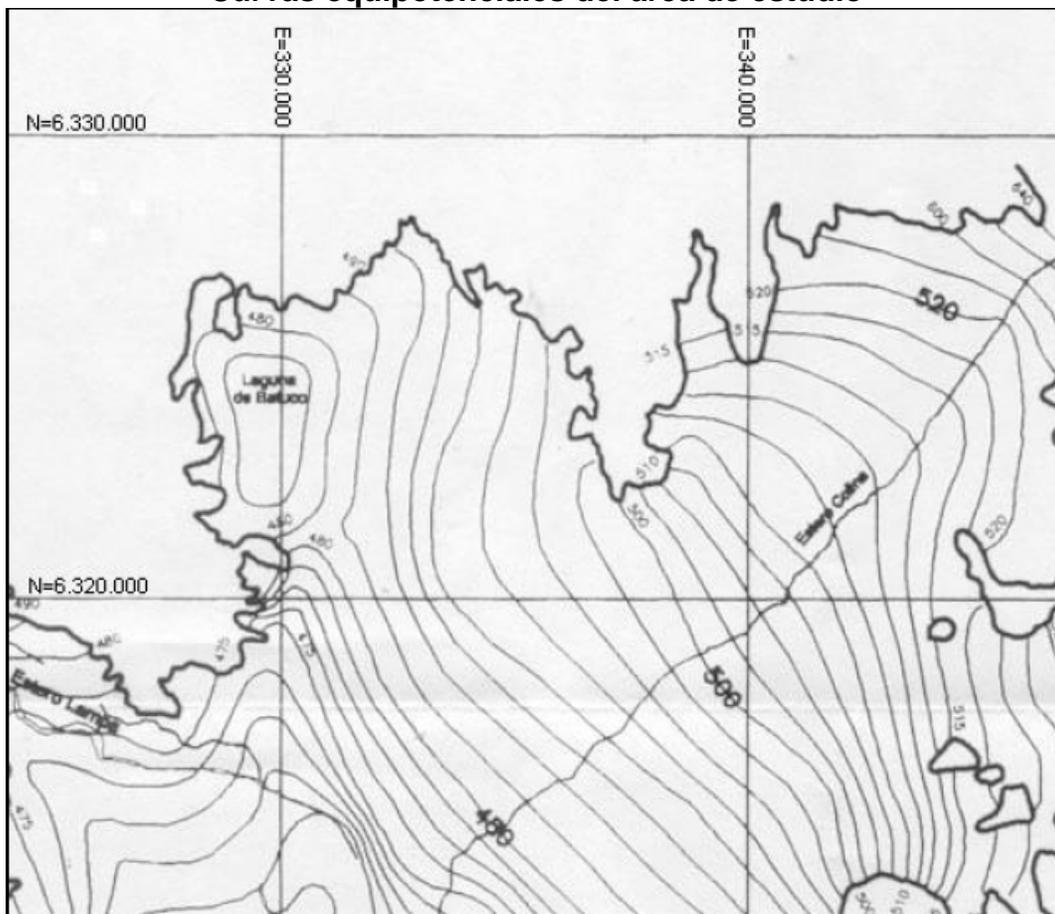
En el caso de ascensos de agua por diferencia de presiones, las aguas pueden terminar evaporándose o recargando cauces superficiales, para el caso del acuífero superior. En el caso de que esta descarga sea desde el acuífero inferior, las aguas terminarán recargando el acuífero libre.

En relación a las extracciones desde pozos y norias, en el año 2000 se contabilizaban cerca de 50 captaciones dentro de la zona de estudio (ENAP, 2000). Sin embargo, debido al aumento de las parcelaciones en Batuco durante los últimos años, se han construido una cantidad importante de pozos profundos, que permiten abastecer una proporción importante de las necesidades de agua potable en la zona. Lo anterior, sumado a la expansión urbana en las zonas de Colina y Chicureo, podrían conducir al agotamiento temprano de la napa. De hecho, ya en el año 2004, la demanda por aguas subterráneas superaba en un 30% al caudal máximo a otorgar, para el acuífero de Santiago Norte (DGA, 2004).

- **Movimiento**

Según el estudio realizado por la DGA para el valle Maipo-Mapocho (DGA-AC, 2000), las curvas equipotenciales permiten interpretar el movimiento de las aguas subterráneas. Las curvas equipotenciales de los alrededores de la Laguna de Batuco, se muestran en la Figura 4.12.

**Figura 4.12**  
**Curvas equipotenciales del área de estudio**



Fuente: DGA-AC, 2000

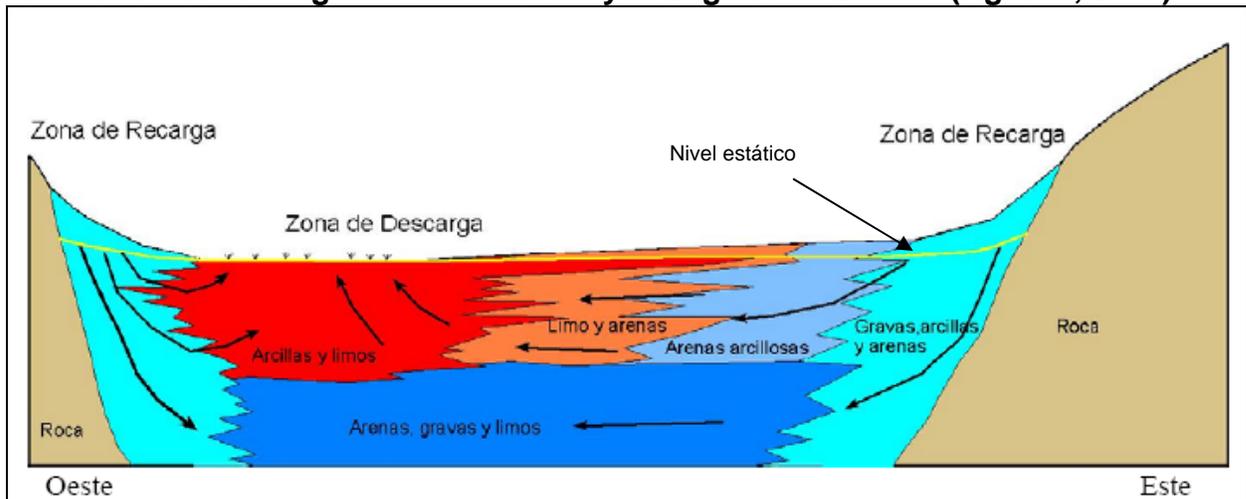
Trazando líneas perpendiculares a las equipotenciales, se observa que el movimiento de las aguas subterráneas sigue una trayectoria que va desde la periferia de la cuenca, hacia el centro de ésta. En otras palabras, la Laguna de Batuco actúa como un sumidero de las aguas subterráneas de los alrededores.

A partir de interpolación desde estas curvas, el gradiente hidráulico de este movimiento está entre un 0.3 y 0.4%. Considerando una permeabilidad media de  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s para esta zona, la velocidad del flujo subterráneo es de aproximadamente 0.003 m/d.

Según Aguirre (2005), debido a la configuración de flujos de las aguas superficiales (escurrimiento preferencial de este a oeste) y a las características del relleno, la Laguna de Batuco sería una zona de descarga de aguas subterráneas, tal como se muestra en la Figura 4.13 donde el nivel freático se mantiene muy somero (Figura 4.13)

Esta hipótesis se contrapone a lo planteado por Sotomayor (1964), quien plantea que, en la Laguna de Batuco, la napa se encontraría de 4 a 7 m de profundidad, por lo que la Laguna no tendría conexión subterránea con las aguas del lugar.

**Figura 4.13**  
**Relación entre las aguas subterráneas y la Laguna de Batuco (Aguirre, 2005)**



Fuente: Modificado de Aguirre, 2005

## 4.9 Calidad de aguas

### 4.9.1 Calidad de aguas superficiales

Respecto a la calidad de las aguas de la Laguna de Batuco, no existen antecedentes sistemáticos que permitan evaluar su calidad a nivel histórico. Los antecedentes disponibles, corresponden a tres muestreos generales, realizados en los años 1964, 2005 y 2006, que cuantificaron algunos parámetros fisico-químicos de la calidad del agua. Los resultados de estos muestreos se presentan en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2**  
**Muestreos históricos de calidad de agua en la Laguna de Batuco**

Muestreo	Parámetro	Valor	Observación
Sotomayor, 1964	SD (mg/l)	1,710	Muestreo al interior de la Laguna.
	Mg (mg/l)	54	
	K (mg/l)	13	
	SO <sub>4</sub> (mg/l)	615	
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	4	
	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	508	
	Ca (mg/l)	114	
	Na (mg/l)	371	
	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	232	
	Cl (mg/l)	354	
	Si (mg/l)	17	
		pH	
RAUCH, 2005	T (°C)	18.1	Afluente principal
	pH	8.31	
	CE (μS/cm)	1,428	
	T (°C)	18.5	Efluente principal
	pH	7.35	
	CE (μS/cm)	1,920	
Florenzano, 2006	T (°C)	13.1	Afluente principal
	pH	8	
	CE (μS/cm)	1,120	
	T (°C)	15.6	Surponiente Laguna
	pH	8.78	
	CE (μS/cm)	1,260	

Un hecho interesante resulta al comparar los datos de conductividad eléctrica desde 1964 (a partir de los sólidos disueltos) al 2006, donde se aprecia que éstos han permanecido relativamente constantes, sobre los 1000 μS/cm. Ello confirma la relación que existe entre los suelos salinos del lugar y la calidad de sus aguas.

#### 4.9.2 Calidad de aguas subterráneas

Existen recopilaciones de antecedentes de la calidad de aguas subterráneas en el acuífero de Santiago Norte, desde la década de los 60, hasta el año 2000, lo que permite evaluar una condición “base” de las aguas subterráneas, y una posible evolución, en términos de su calidad.

La información de calidad de aguas subterráneas analizada por Sotomayor (1964), mediante la metodología de Diagrama de Piper, permitió clasificar las aguas de la zona de estudio en 4 grupos. El detalle de esta información se presenta en el Anexo D.5.

La zona central de la cuenca, donde se emplaza la Laguna de Batuco, fue caracterizada en el Grupo I, como una zona donde predominan cloruros y sulfatos. Además, se observa un alto contenido de sales debido a evaporación, además de altos valores de dureza (sobre 400 mg/l) y sólidos disueltos (sobre 1 g/l). Los valores de pH se encuentran cercanos a la neutralidad.

Por otra parte, los datos de calidad de agua subterránea recopilados y medidos por la DGA, (DGA-AC, 2000), permiten establecer comparaciones con la situación “base” antes descrita. Los resultados de ambas épocas, se presentan en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3**  
**Calidad de aguas subterráneas en área de estudio**

Nombre predio	1964	1998			
	Santiago Norte <sup>6</sup>	Ejemplo Campesino, Los Ciruelos	Fundo La Cadellada	AS La Laguna	Asentamiento La Laguna
UTM norte (m)		6,323,651	6,324,567	6,324,650	6,325,745
UTM este (m)		335,799	3,337,19	328,500	328,607
EC (mS/cm)		1,605	397	851	896
pH	6.8-7.92	7.6	8	8.3	7.95
SDT (mg/l)	225-2240	1,328	314	742	778
T(°C)		21.2	21.3	20.5	21.5
Bicarbonatos (mg/l)	85-311	305	136	187	285
Cl- (mg/l)	11-490	201	36.5	66	80
NO3 (mg/l)	4-21 (laguna)	5.7	3.14	1.36	17.11
SO4 (mg/l)	16-809	383	33.5	242	101
Mg+2 (mg/l)	0.5-59	46.2	5.3	21.9	36.5
Ca (mg/l)	7.6-265	180	40.9	120	132

<sup>6</sup> Medidos es pozos de Batuco, Polpaico, Lampa y Colina

**Tabla 4.3**  
**Calidad de aguas subterráneas en área de estudio, continuación**

Nombre predio	1964	1998			
	Santiago Norte <sup>7</sup>	Ejemplo Campesino, Los Ciruelos	Fundo La Cadellada	AS La Laguna	Asentamiento La Laguna
UTM norte (m)		6,323,651	6,324,567	6,324,650	6,325,745
UTM este (m)		335,799	3,337,19	328,500	328,607
K+ (mg/l)	0.2-15	2	1.2	2.13	0.71
Na+ (mg/l)	26-530	165	46.9	62.5	31.4
P total (mg/l)		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B (mg/l)		0.27	<0.2	<0.2	<0.2
Fe (mg/l)		0.11	0.78	0.1	0.09
Pb (mg/l)		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cu (mg/l)		<0.01	<0.01	0.01	<0.01

Comparando los datos de 1964 respecto a los de 1998, se observa que estos últimos se encuentran en casi todos los casos, dentro del rango presentado para los parámetros de 1964.

En el caso del pH, se registran valores superiores a 8 en la última década, mientras que en los años 60 el valor máximo es de 7.92. Pese a ello, estas diferencias son despreciables.

Sí se observa una diferencia interesante en el caso de los cloruros, donde el valor mínimo detectado en 1964 (11 mg/l), siempre es superado por las muestras de todos los pozos de 1998. Sin embargo, al no tener certeza de la ubicación de los valores de 1964, es muy incierto este tipo de conclusiones.

<sup>7</sup> Medidos es pozos de Batuco, Polpaico, Lampa y Colina

#### **4.10 Problemáticas Ambientales**

A nivel global, uno de los aspectos ambientales más importantes de la comuna de Lampa corresponde a su ordenamiento territorial, el cual se encuentra regido por el Plan Regulador Intercomunal de Santiago, desde el año 1997. De ello, han derivado algunos problemas bastante relevantes en materias de uso de suelo, sobre todo en lo que respecta a ocupación industrial, sin considerar factores como la profundidad de la napa, el tipo de suelo y la dirección del viento.

Los problemas ambientales de mayor relevancia en esta comuna, y en especial en la localidad de Batuco, son el manejo de desechos sólidos, la contaminación y uso del agua, contaminación del aire y falta de áreas verdes. Por otro lado, existe un importante déficit de infraestructura urbana, especialmente en lo que respecta al sistema de alcantarillado y agua potable. Finalmente, la localización de sectores poblacionales en áreas de riesgo físico constituye también un problema asociado al uso del suelo.

- **Residuos domésticos**

En Lampa, la recolección de residuos domésticos lo realiza la empresa externa BIOREC quien los dispone finalmente en relleno sanitario. Esta recolección tiene frecuencia de 3 veces por semana, y ocurre sólo en sectores urbanos. En Batuco, parte de los residuos domésticos son recolectados por la misma empresa una vez por semana, en trato directo con los beneficiarios, mientras que otros son dispuestos en terreno (microbasurales), enterrados o quemados.

Al parecer, estos medios de disposición no son suficientes, pues es posible observar dentro de la zona de estudio, la gran cantidad de escombros y basuras de diversa índole (Figura 4.14), acumuladas en las calles, canales, Laguna de Batuco, etc., lo cual, sumado a la gran cantidad de perros vagos en la localidad, ha dado origen a la proliferación de vectores como garrapatas, incluso en el consultorio de Batuco. Lo anterior, sumado a problemas de higiene de parte de la población, tiene como consecuencia que la mayoría de las patologías diagnosticadas en el consultorio sean infecciones estomacales.

**Figura 4.14**  
**Problemas de residuos domésticos en la zona de estudio**



- **Agua potable**

En Batuco, el agua potable proviene principalmente del comité de agua potable rural Batuco – Santa Sara, el cual opera desde 1991, abasteciendo a una población aproximada de 16,500 hab. mediante camiones aljibe.

En muchos casos, cuando el agua potable proveniente de esta fuente es insuficiente, o bien no llega, los habitantes han recurrido a la construcción de pozos profundos dentro de sus terrenos, ya sean comunitarios o particulares. De éstos, la gran mayoría alcanza el acuífero profundo de Batuco, el cual se encontraría en condiciones de ser utilizado para el consumo humano.

Un problema importante de salud que estaría ocurriendo en Batuco es la alta tasa de casos de cálculos a la vesícula en sus habitantes. Este problema se debería, según personal del consultorio de Batuco, a problemas con el agua potable que consume la población, la cual presentaría una alta dureza, lo que queda de manifiesto en problemas de sarro en las griferías, así como al lavar la ropa. A la fecha no se cuenta con datos numéricos que permitan avalar este hecho.

- **Recolección y tratamiento de aguas servidas**

La localidad de Batuco cuenta parcialmente con sistema de alcantarillado, por lo que muchas veces las aguas servidas de las viviendas, colegios, empresas, etc., tienen como destino el almacenamiento en pozos negros, fosas sépticas, infiltración en terreno y letrinas.

En cuanto a la extracción de los residuos, Batuco cuenta con un servicio externo de 3 camiones aljibes, que descargan sus residuos en una estación de transferencia ubicada en Av. Italia, inmediatamente al sur de Cerámicas Batuco, desde donde serían bombeados a la PTAS La Cadellada para su tratamiento. Según lo constatado en terreno, la frecuencia de recolección o el número de camiones no son suficientes para suplir las necesidades de la población. Tanto en colegios como en consultorios, se han presentado problemas de acumulación excesiva de estos residuos, generando olores molestos y siendo foco de infecciones.

En relación al tratamiento de las aguas servidas, en Batuco existen sistemas de tratamiento particulares y la PTAS La Cadellada. De ésta última, no existe certeza si trata o no, parte de las aguas de Batuco.

En cuanto a los servicios de tratamiento particulares, en su mayoría no cuentan con concesión sanitaria, sino sólo con autorización del SEREMI de Salud. Uno de ellos, corresponde al sistema del Colegio Santa Bárbara (lodos activados de aireación extendida) y otro al del Colegio Santa Rosa de Lampa (Sedimentación Secundaria). Estos sistemas disponen sus efluentes en el estero Lampa y Canal Santa Rosa respectivamente. En el caso del Colegio Santa Bárbara, habrían existido deficiencia en el manejo de estos residuos, lo cual significó peligro de cierre del establecimiento. En la actualidad el problema estaría controlado (información proporcionada por empleados del establecimiento).

- **Contaminación atmosférica**

En Lampa, la contaminación del aire se debe principalmente a la presencia de establecimientos industriales, principalmente con dos tipos de procesos: hornos de fundiciones y hornos de fábricas de ladrillo, cerámicos y baldosines. Otro aporte a esta contaminación, aunque en menor medida, proviene del polvo que se levanta de calles sin pavimentar, sobre todo en la localidad de Batuco.

Como antecedente, la primera fuente de contaminación citada originaba que, en 1998, un 37% de las fuentes fijas de Lampa tuviera que cerrar en periodos de preemergencia, mientras que este porcentaje se elevaba a un 51% en episodios de emergencia. Actualmente aun es posible observar plumas de humo en esta zona, provenientes de las empresas de cerámicas.

**CAPÍTULO 5:**  
**DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 5 DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

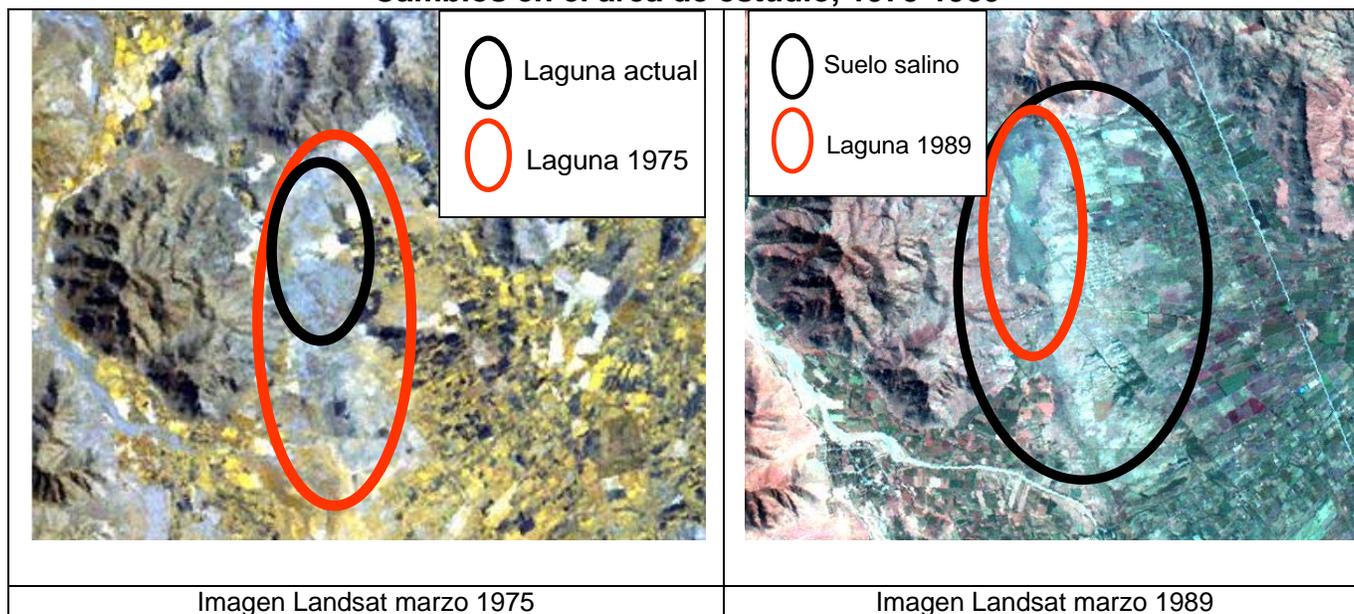
### 5.1 Evolución Histórica de la Zona De Estudio

Para poder visualizar el estado actual de la Laguna de Batuco, resulta importante comprender parte de su pasado, e identificar los principales cambios físicos observados en el tiempo. Esta situación se analiza utilizando 5 imágenes satelitales Landsat, de los años 1975, 1989, 1999, 2004 y 2005 (Figuras 5.1 y 5.2).

En el año 1975 (marzo), se observa una cuenca predominantemente agrícola. No se logra apreciar la existencia de poblados rurales ni urbanos. Además, en dicha imagen, la Laguna de Batuco se visualiza sin agua, pero con una gran extensión de cubierta salina, lo que hace pensar que, en periodos de inundación, su extensión sería alrededor del doble de la actual.

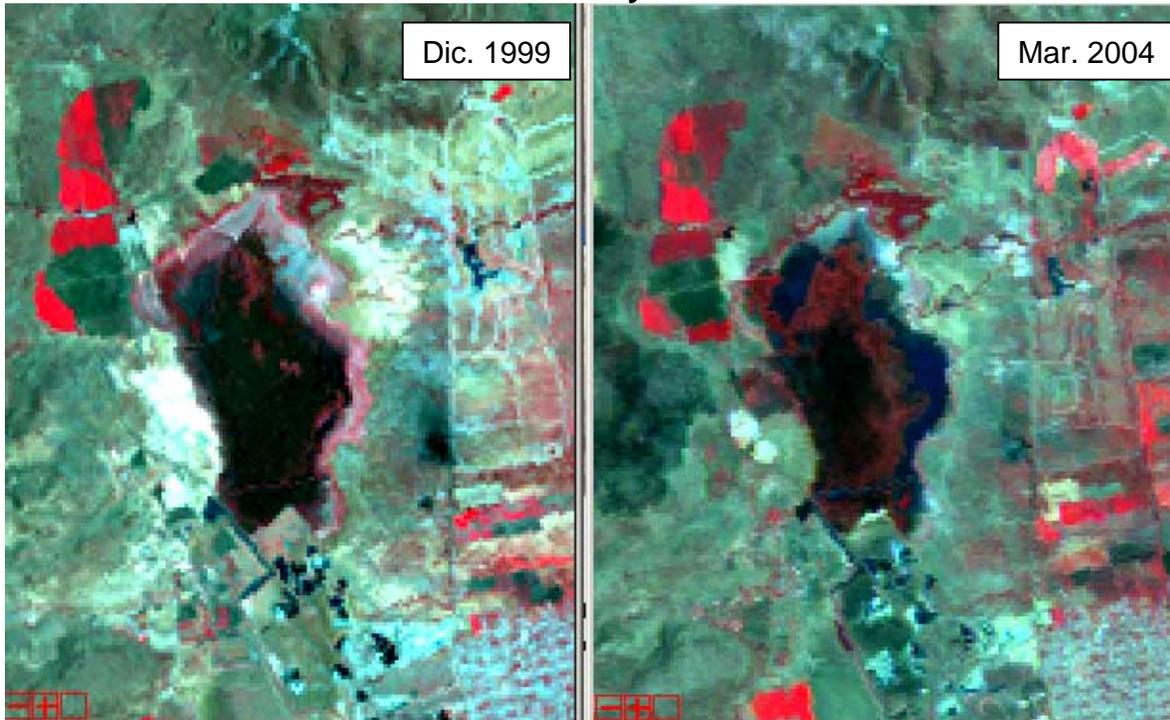
Ya en marzo de 1989 se comienza a apreciar la disminución del área agrícola y el emplazamiento del poblado de Batuco, lo que cambia las condiciones de impermeabilización del suelo. En dicha imagen se distingue claramente la Laguna de Batuco, con una extensión similar a la observada en el año 1975.

**Figura 5.1**  
**Cambios en el área de estudio, 1975-1989**



A partir de 1999, comienzan a notarse cambios de distinta naturaleza. Además del sostenido cambio en el uso de suelo, se puede distinguir el emplazamiento de la PTAS La Cadellada al este de la Laguna. Ambos hechos serían la causal de que en los años posteriores la Laguna siempre se observara con cobertura de agua y vegetación, lo que claramente es un cambio radical respecto a la condición previa, implicando una adaptación de las especies vivas a las nuevas condiciones.

**Figura 5.2**  
**Cambio en área del espejo de agua en la Laguna de Batuco,**  
**Años 1999 y 2004**



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 5.2, se observan variaciones estacionales en la extensión de la Laguna de Batuco, especialmente por su borde oriente, así como alteraciones en su costado sur poniente, donde se ha canalizado su efluente. Asimismo, en ambas fechas, la cobertura vegetal de la Laguna es considerable, tal como se observa en la actualidad. Ello indica que ya en 1999, se habían desarrollado condiciones particulares de adaptación de la vegetación a este medio, y posiblemente también de la fauna.

## **5.2 Levantamiento de información en terreno**

Con objeto de elaborar un buen diagnóstico hídrico de la Laguna de Batuco, con información actualizada de la calidad y cantidad de aguas de este cuerpo de agua, se realizaron un total de 10 campañas de terreno, desde enero del 2006, hasta enero del 2007. La información en ellas recabada, es además un complemento para la información base, compilada en el Capítulo 4 de este trabajo.

Para cada una de las campañas antes mencionadas, se elaboraron Informes de Terreno, con análisis de datos, evaluaciones y conclusiones preliminares. En Anexo E.1 se detallan los objetivos de cada actividad de terreno. Los informes se adjuntan en Anexo E.2.

La información obtenida en cada trabajo de terreno, se ha utilizado activamente en los distintos capítulos de este trabajo, para interpretar y comprender las características y procesos que ocurren en el área de estudio.

## **5.3 Actividades alrededor de la Laguna de Batuco**

Las actividades económicas de la comuna de Lampa son mayoritariamente agrícolas, pero en los últimos años se ha impulsado un importante desarrollo industrial debido al crecimiento experimentado en la comuna vecina de Quilicura. El explosivo crecimiento de las parcelas de agrado ha provocado la pérdida de suelos productivos y los agricultores han tratado de integrarse al sector industrial (CED, 2000).

En el caso de la localidad de Batuco, existen actividades bastante identificables, las cuales son de tipo agrícola e industrial, tal como se muestra en la Figura 5.3. Si bien durante los recorridos realizados al interior de la zona de estudio, se detectaron otras actividades menores, las que se presentan a continuación, son las de mayor relevancia.

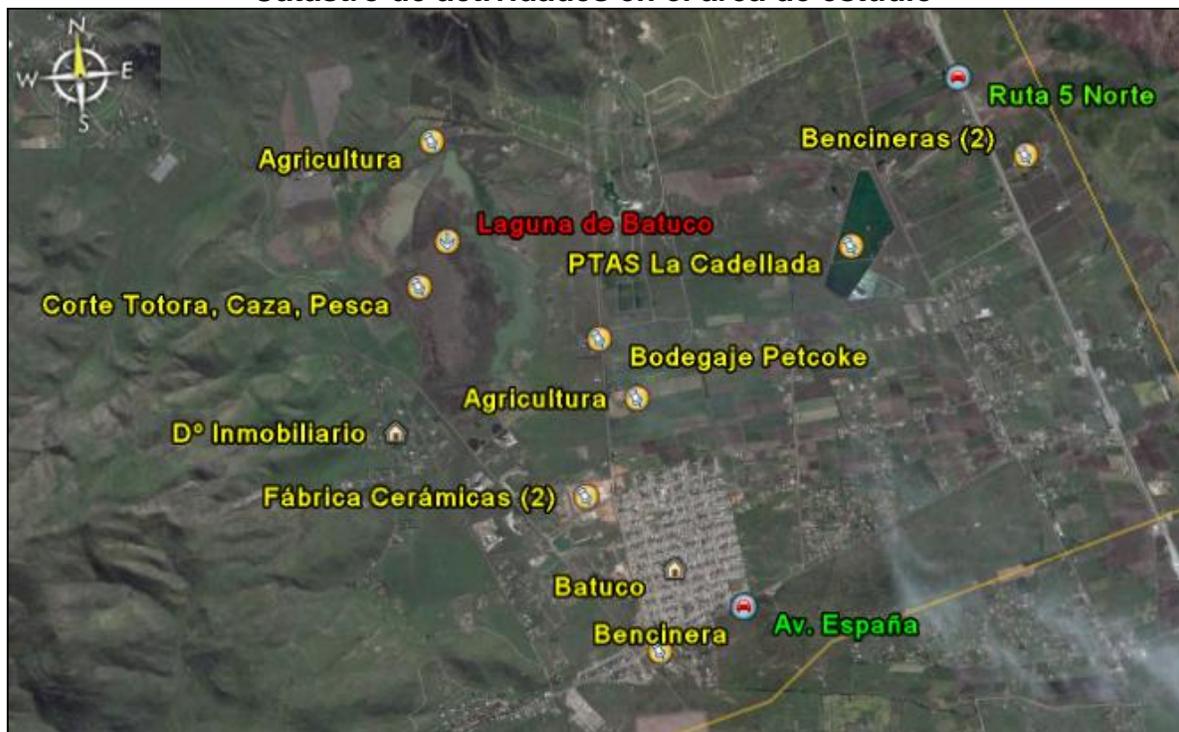
En el caso de las actividades agrícolas, existe un número importante de pequeños huertos, especialmente aguas arriba de la Laguna de Batuco, lo cual se manifiesta en la gran cantidad de pequeños cauces superficiales visibles en esta zona (excesos de riego). Sin embargo, la actividad agrícola de mayor relevancia, tanto por sus dimensiones como por su cercanía a la Laguna, es la que se realiza en el Fundo La Laguna, al norte del cuerpo de agua.

En cuanto a las actividades de tipo industrial, éstas son de rubros bastante variados. Dentro de la zona de estudio, se detectan 3 estaciones bencineras, una planta de bodegaje de petcoke, dos plantas de cerámicas, una planta de tratamiento de aguas servidas y desarrollo inmobiliario.

Finalmente, otras actividades que se desarrollan dentro de la zona de estudio, tienen relación con el corte de totora, la caza y la pesca. Si bien las dos últimas no son de carácter netamente económico, generan un impacto que es necesario tener presente.

El detalle de cada una de estas actividades, se presenta en el Anexo F.

**Figura 5.3**  
**Catastro de actividades en el área de estudio**

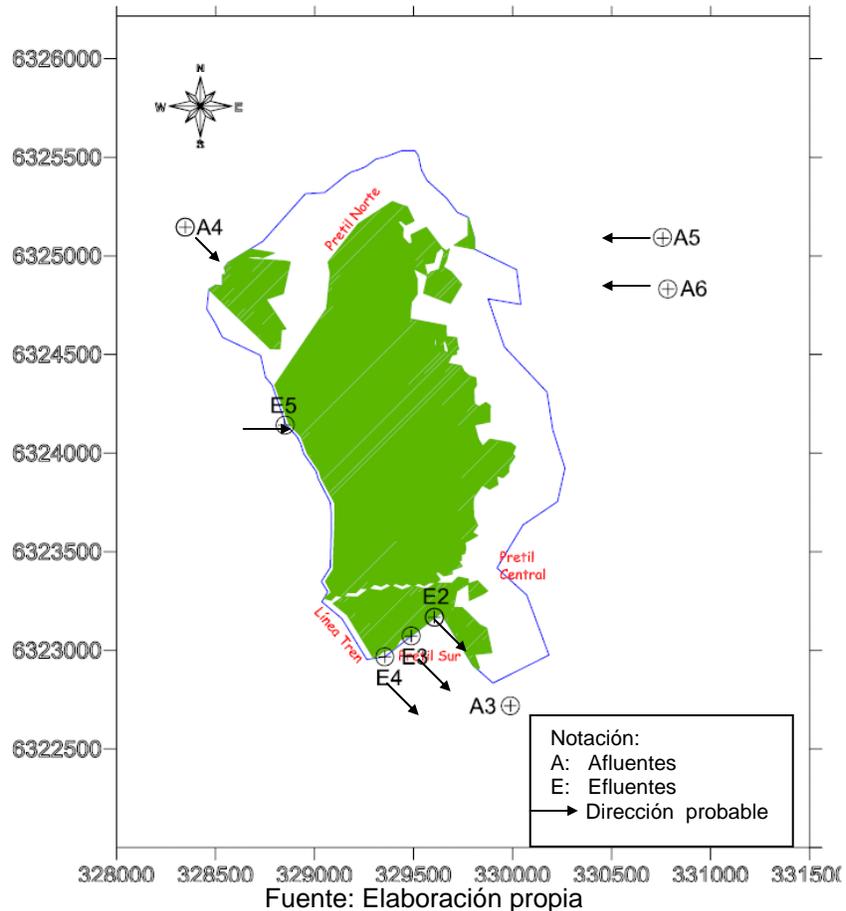


Fuente: Elaborado a partir de Google Earth, 2007-11-22

## 5.4 Red de Drenaje, canalizaciones y otras alteraciones

La ubicación de éstos cursos de agua y la información recabada sobre ellos, se muestran en la Figuras 5.4 y en la Tabla 5.1.

**Figura 5.4**  
**Ubicación de afluentes y efluentes no controlados**



**Tabla 5.1**  
**Caudales de afluentes y efluentes temporales (l/s)**

Punto	Marzo	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Noviembre	Enero
<b>A1</b>	Con flujo	<b>645.8</b>	<b>217.6</b>	<b>688.4</b>	<b>256.9</b>	Con flujo	<b>227.8</b>
<b>A2</b>	Sin flujo	<b>79.5</b>	Sin info.	<b>253.8</b>	Con flujo	Con flujo	Sin flujo
<b>A3</b>	Sin flujo	<b>3.5</b>	Sin info.	Con flujo	Con flujo	Sin flujo	Sin flujo
<b>A4</b>	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo	Sin flujo	Sin flujo	Sin info.	Sin flujo
<b>A5</b>	Sin flujo	Sin flujo	Sin info.	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo
<b>A6</b>	Con flujo	Sin flujo	Sin info.	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo
<b>E1</b>	Sin info.	<b>143.7</b>	<b>147.9</b>	<b>705.9</b>	<b>318.7</b>	<b>307.6</b>	<b>~0</b>
<b>E2</b>	Sin info.	Con flujo	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo	Sin flujo
<b>E3</b>	Sin info.	Con flujo	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo	Sin flujo
<b>E4</b>	Sin info.	Sin flujo	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin flujo	Sin flujo
<b>E5</b>	Sin info.	Sin info.	Sin info.	Sin info.	Sin flujo	Sin info.	Sin info.

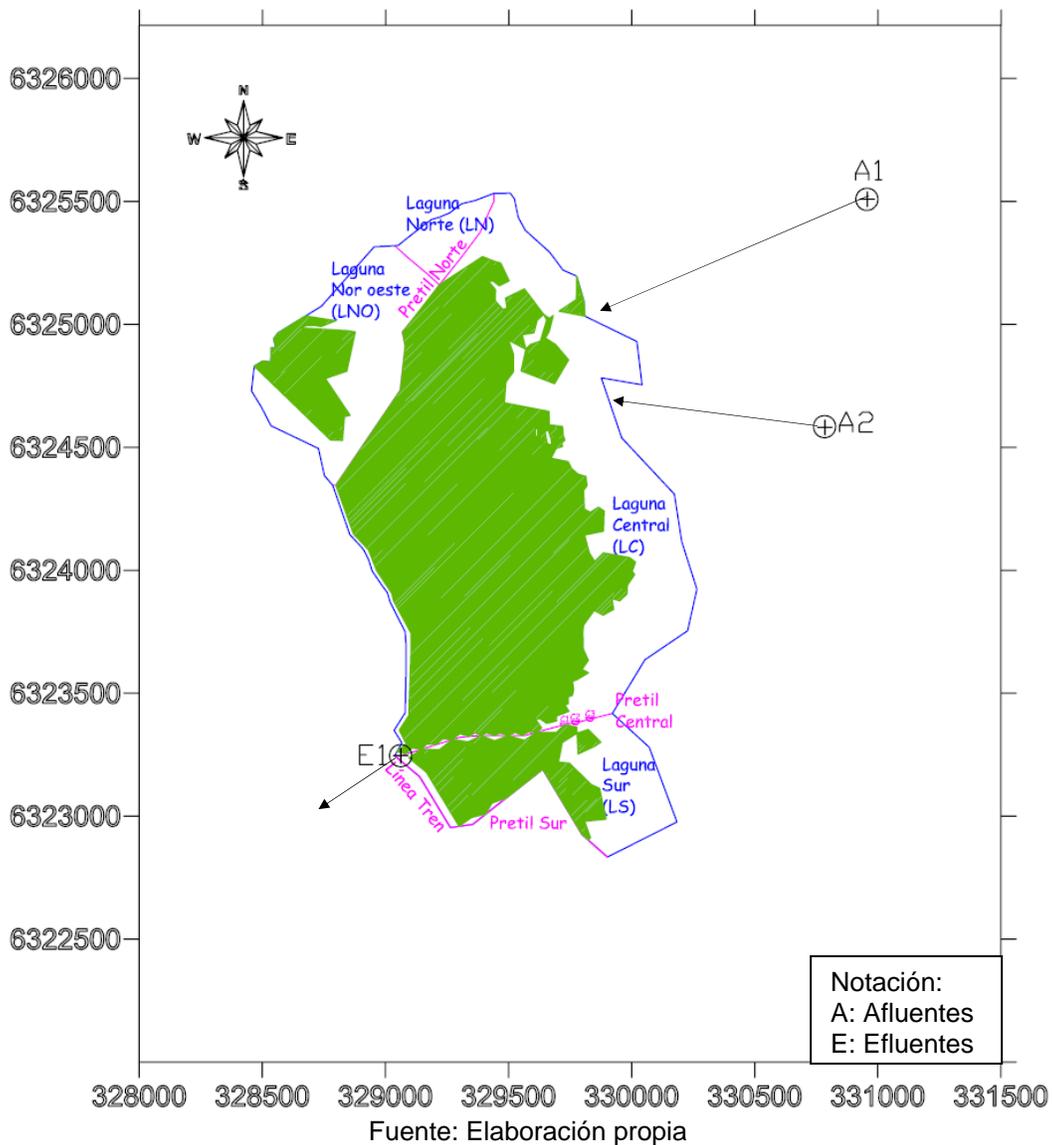
Fuente: Modificado de Cox, 2007

## 5.5 Características físicas de la Laguna de Batuco

La Laguna de Batuco es un cuerpo de agua de muy baja profundidad, con zonas de aguas corrientes y otras de aguas estancas. Su área total es de 2.8 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.66 km<sup>2</sup> están cubiertos por totora (59%), mientras que los 1.14 km<sup>2</sup> restantes (41%) corresponden a un espejo de agua descubierto.

Durante las distintas campañas de terreno realizadas a través del año 2006, se pudo observar que la Laguna de Batuco presenta muchas alteraciones físicas, que impiden hablar de una única Laguna. De esta forma, se identifican 4 sub-lagunas, las cuales se esquematizan en la Figura 5.5, y se describen con detalle en Anexo G.1.

**Figura 5.5**  
**Sub divisiones, Laguna de Batuco**

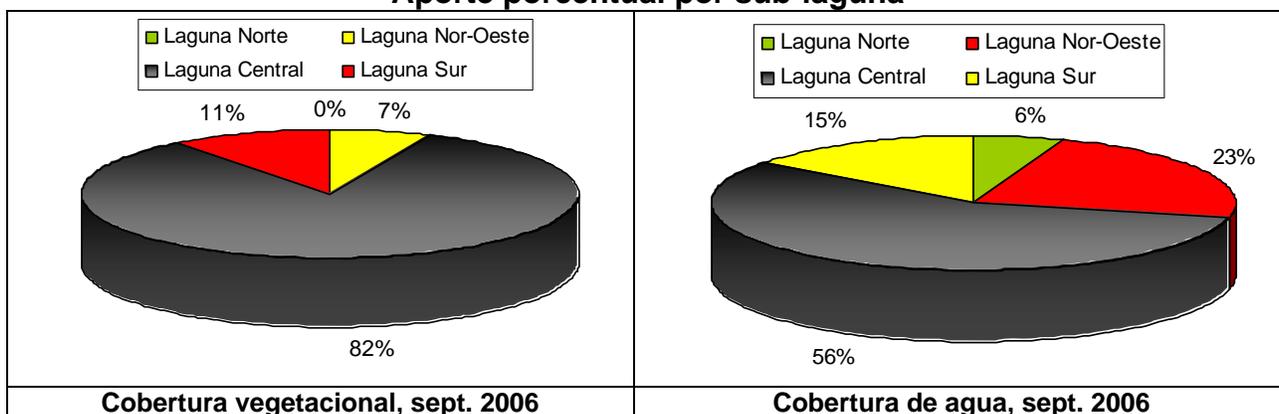


De la Figura 5.5 se observa la existencia de 4 pretilos de tierra que subdividen a la Laguna, y el paso de la línea del tren, que la acota por el sur poniente. Las cuatro sub-lagunas formadas fueron llamadas Laguna Central (LC), Laguna Norte (LN), Laguna Noroeste (LNO) y Laguna Sur (LS). De éstas lagunas, LN y LNO no presentan conexión hidráulica superficial con las restantes lagunas. En el caso de LC y LS, éstas se conectan superficialmente mediante 3 zanjas observadas al oriente del pretil sur. Las características físicas de cada una de estas sub-lagunas, se detallan en el Anexo G.1.

Los principales aportes y descargas de agua de la Laguna se deben principalmente a las componentes del ciclo hidrológico, además de aportes artificiales producto de excesos de riego y el efluente de la PTAS La Cadellada. En cuanto al desagüe de la Laguna, éste es de carácter artificial, producido por cambios de la cota de terreno y canalización de esta agua. Estos flujos se analizan con mayor detalle en el Punto 5.7.

En cuanto a las coberturas de agua y vegetación, los mayores aportes provienen de LC, por ser la laguna de mayor extensión. Por su parte, LN es la laguna de menor aporte areal de agua, y no se encuentra cubierta por vegetación (Figura 5.6).

**Figura 5.6**  
**Cobertura de agua y vegetación de la Laguna de Batuco.**  
**Aporte porcentual por sub-laguna**



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5.2, presenta un resumen con las principales dimensiones que caracterizan físicamente a la Laguna de Batuco, determinadas durante la campaña de terreno de septiembre del 2006. De ésta, se observa que las profundidades promedio de la Laguna son del orden de los 40 cm, alcanzando máximos cercanos a 80 cm. En cuanto al volumen de agua almacenado, éste es cercano a 1 millón de m<sup>3</sup>, en el periodo de máximo almacenamiento observado (septiembre 2006).

**Tabla 5.2**  
**Características físicas, Laguna de Batuco**

Sub-Laguna		LN	LNO	LC	LS
Profundidad (cm)	mínima	0	0	0	0
	media	31	40	46	45
	máxima	36	56	84	80
Superficie (m <sup>2</sup> )	agua	65,274	260,725	647,511	169,421
	vegetación	0	112,282	1,375,169	174,012
	sub-total	65,274	373,007	2,022,680	343,433
	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>2,804,394</b>			
Volumen (m <sup>3</sup> )	volumen de agua	15,654	111,601	682,163	150,517
	<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>959,935</b>			

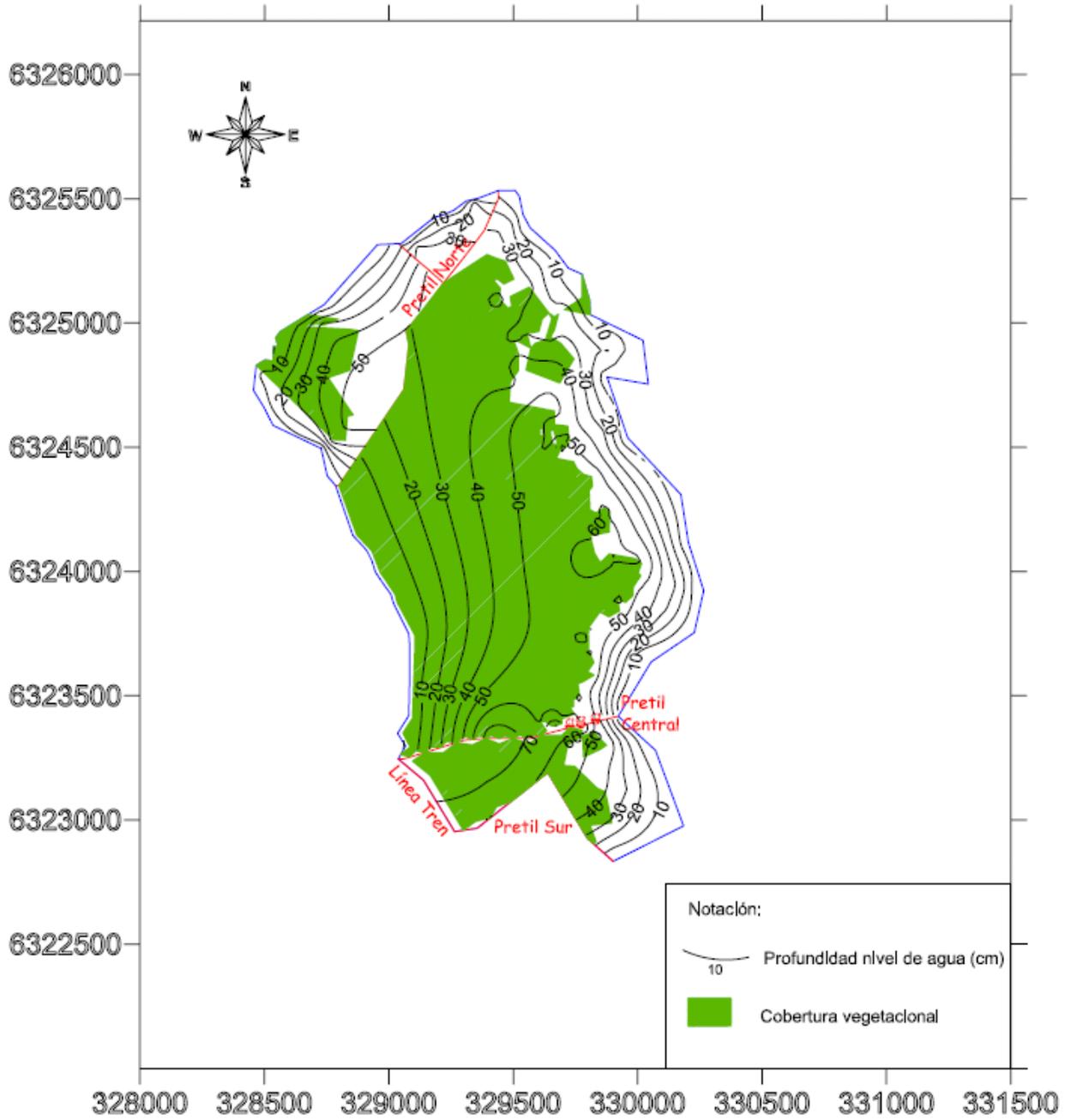
Fuente: Elaboración propia

Notación:

LN: Laguna Norte  
LNO: Laguna nor oriente  
LC: Laguna central  
LS: Laguna sur

En la Figura 5.7, se presentan las curvas de nivel para la Laguna de Batuco. La información batimétrica utilizada para su confección, generada en septiembre del 2006, se encuentra en el Informe de Terreno respectivo, adjunto en Anexo E.2.

**Figura 5.7**  
**Batimetría de la Laguna de Batuco, septiembre 2006**



Fuente: Elaboración propia

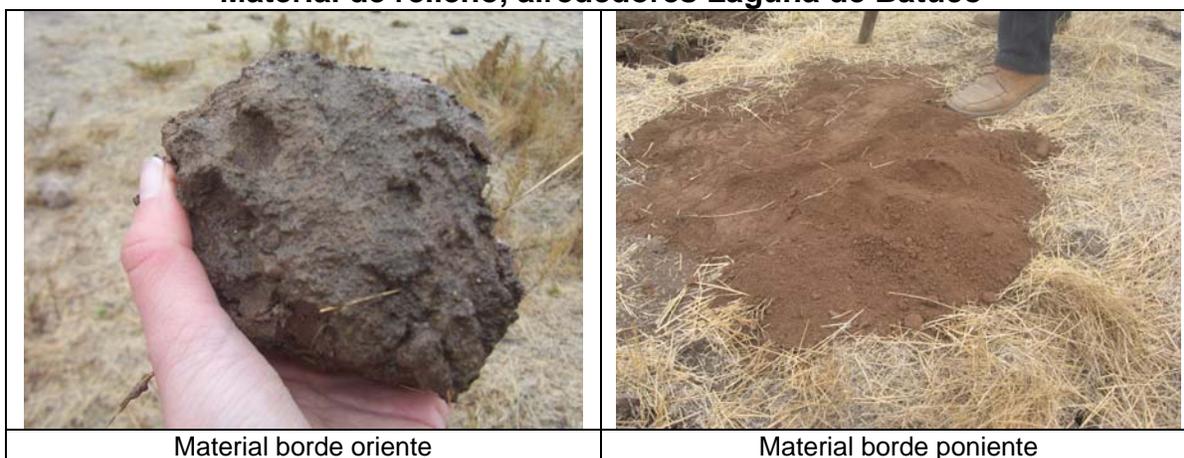
## 5.6 Niveles de aguas subterráneas en la Zona de Estudio

La medición de niveles de aguas subterráneas en la zona de estudio se realizó a fines de mayo 2006, y mediados de enero 2007. En ambas oportunidades se procedió a catastrar los pozos de la cuenca, medir niveles estáticos o dinámicos, dependiendo del caso, y estimar parámetros generales de calidad de agua. Finalmente, se obtuvo una distribución de pozos bastante representativa de la situación de la cuenca.

Durante las mediciones, se observaron tanto pozos profundos ( $NE > 10$  m) y pozos someros ( $NE < 10$  m)<sup>8</sup>. Los pozos profundos se ubican preferentemente al poniente de la Laguna de Batuco, mientras que los pozos someros se ordenan hacia el oriente de ésta.

Asimismo, según perforaciones realizadas en los bordes oriente y poniente de la Laguna, se constató que el material del borde oriente corresponde a arcilla en los primeros metros, y a una capa arenosa a mayor profundidad. Por el contrario, en el costado poniente, dos excavaciones de más de 6 m, constatan que el material es de relleno, de muy baja permeabilidad, probablemente proveniente de las fábricas de cerámicas, por su color rojizo (Figura 5.8). Esta situación, sumado a los afloramientos notorios de aguas subterráneas al este de la Laguna, permiten plantear la siguiente hipótesis: la conexión hidráulica de la Laguna con las aguas subterráneas, se produciría solamente en el borde oriente, debido a la existencia de material de relleno en el borde poniente, hasta por lo menos los 6 m de profundidad, y a la topografía del lugar.

**Figura 5.8**  
**Material de relleno, alrededores Laguna de Batuco**

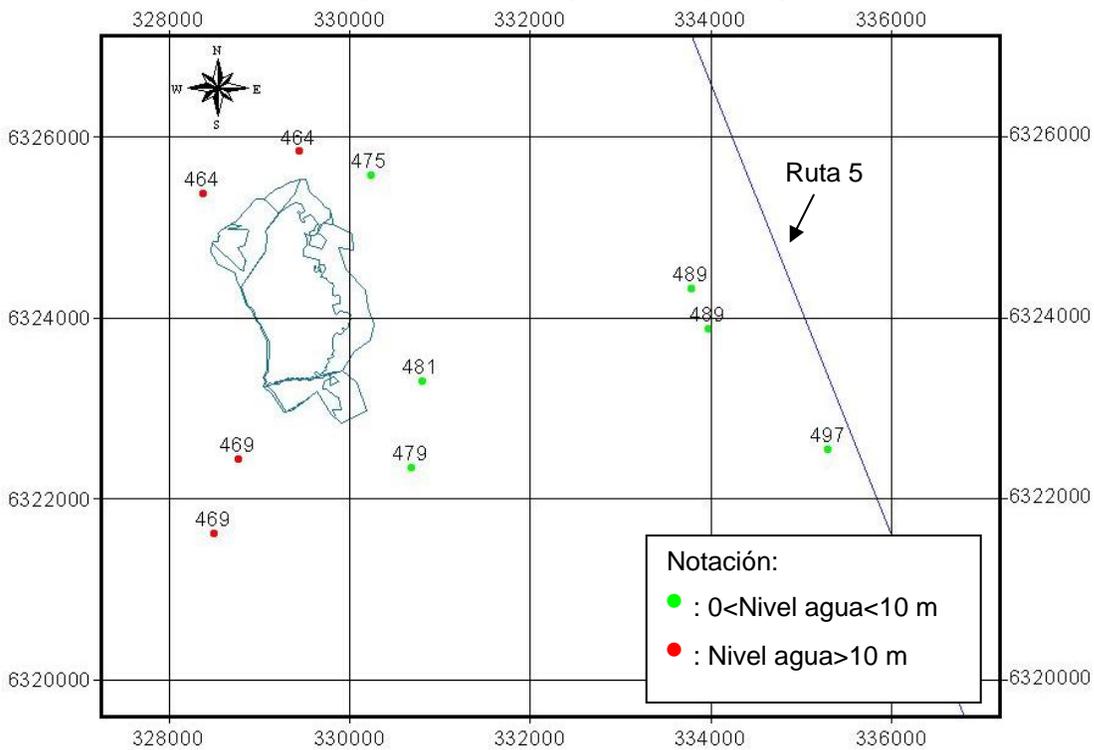


<sup>8</sup> Definición arbitraria, en base a lo observado en terreno

En cuanto a los niveles piezométricos del acuífero somero (borde oriente), se observa la convergencia de los flujos hacia la Laguna de Batuco, debido a la disminución de la cota de oriente a poniente. Esta situación se repite en ambas fechas observadas (Figuras 5.9 y 5.10). En el caso de enero, este hecho puede no ser tan claro, debido a que muchos de los niveles medidos son dinámicos y no estáticos, debido al uso intensivo de las aguas en esta época.

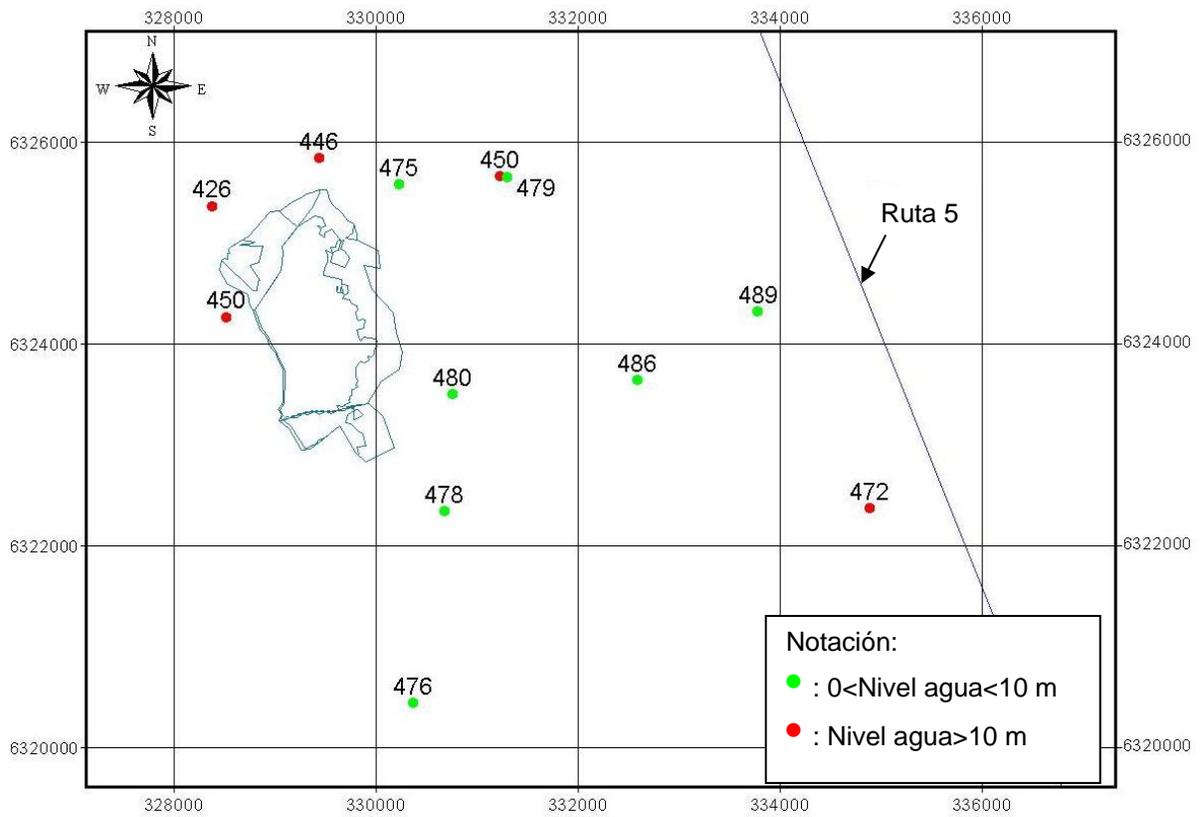
En el caso del acuífero inferior (pozos profundos), resulta difícil obtener conclusiones, debido a la escasez de información y al uso intensivo que se da a estos pozos, en forma alternada. Sin embargo, en el caso de las mediciones de enero, se visualiza una tendencia del movimiento de las aguas de oriente a poniente, tal como en el caso del acuífero somero, lo que es avalado además por el dato de un pozo encontrado en las cercanías de la Ruta 5.

**Figura 5.9**  
**Cota piezométrica (m.s.n.m.), mayo 2006**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.10**  
**Cota piezométrica (m.s.n.m.), enero 2007**



Fuente: Elaboración propia

## **5.7 Balance Hídrico de la Laguna de Batuco**

Con objeto de identificar y cuantificar las principales fuentes de recarga y descarga de la Laguna de Batuco, así como sus volúmenes almacenados, se realiza el balance hídrico de este cuerpo de agua.

Las principales fuentes de información consideradas son antecedentes bibliográficos aplicables, información meteorológica y datos de campo, medidos durante las campañas de terreno del año 2006.

Las metodologías de cálculo utilizadas, son enfoques clásicos y ampliamente aplicados a distintos cuerpos de agua, que permiten determinar cada componente del balance hídrico.

### **5.7.1 Modelo Conceptual**

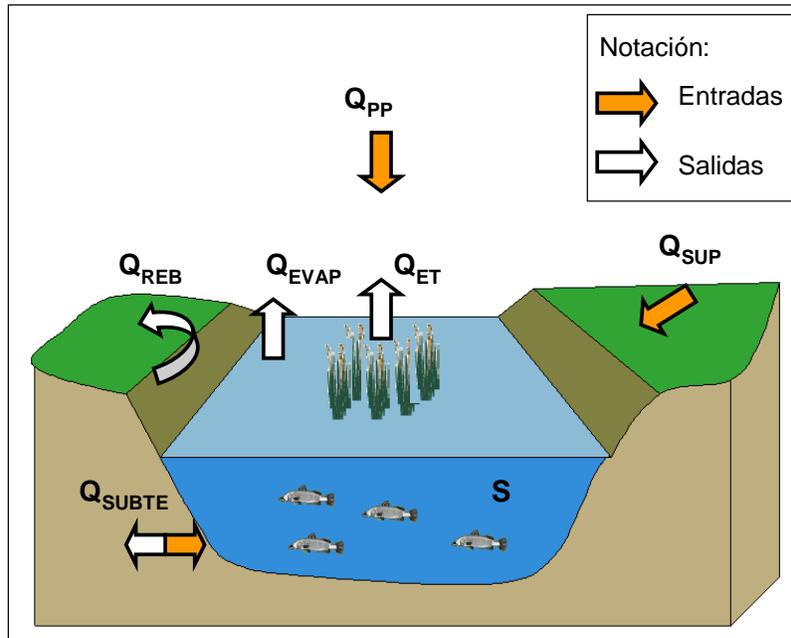
Según lo observado durante las campañas de terreno del año 2006, así como por el estudio de la Laguna y sus alrededores, presentado en el Capítulo 3, es posible idealizar la forma y comportamiento de la Laguna de Batuco, a través de un modelo conceptual.

Como se explicara en el Punto 5.5, la Laguna de Batuco presenta 4 divisiones físicas muy claras, las cuales fueron denominadas Laguna Central (LC), Laguna Norte (LN), Laguna Noroeste (LNO) y Laguna Sur (LS). De éstas, LC abarca la mayor extensión y se encuentra conectada con LS. Las lagunas LN y LNO no presentan conexión superficial entre sí, ni con las restantes lagunas.

Si bien este hecho puede ser muy importante para entender el real comportamiento de los flujos al interior de la Laguna, el balance hídrico tratará a este cuerpo de agua de forma única, despreciando sus divisiones. Lo anterior, se basa principalmente en observaciones de terreno, que indican que en ambos lados de cada división, la Laguna presenta un nivel similar de agua como era de esperarse.

El modelo conceptual de entradas y salidas de agua en la Laguna de Batuco, se presenta en la Figura 5.11.

**Figura 5.11**  
**Modelo conceptual para balance hídrico de la Laguna de Batuco**



Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $Q_{PP}$ : Caudal entrante por precipitación directa en la Laguna  
 $Q_{SUP}$ : Caudal entrante por aportes superficiales (cauces artificiales, escorrentía)  
 $Q_{EVAP}$ : Caudal saliente por evaporación desde la superficie de agua  
 $Q_{ET}$ : Caudal saliente por evapotranspiración desde la totora  
 $Q_{REB}$ : Caudal saliente por rebalse de la Laguna  
 $Q_{SUBTE}$ : Caudal de aguas subterráneas, entrante o saliente. Se considera despreciable en este análisis (Ver Anexo H)  
 $S$ : Volumen de agua almacenado en la Laguna

Según las componentes de entradas y salidas de caudal antes señaladas, la ecuación que permite realizar el balance hídrico de la Laguna de Batuco, corresponde a la Expresión 5.1.

$$Q_S = Q_E - \Delta V / \Delta t \quad 5.1$$

Donde:

- $Q_S$ : Caudal saliente total. Corresponde a la suma de todos los caudales efluentes presentados en la Figura 5.11.  
 $Q_E$ : Caudal entrante total. Corresponde a la suma de todos los caudales afluentes presentados en la Figura 5.11.  
 $\Delta V / \Delta t$ : Volumen almacenado en la Laguna por unidad de tiempo (S).

Por lo tanto, la expresión de balance para el caso presentado en la Figura 5.11, se muestra en la Expresión 5.2.

$$Q_{PP} + Q_{SUP} + Q_{SUBTE} = Q_{EVAP} + Q_{ET} + Q_{REB} + Q_{SUBTE} - \Delta V / \Delta t \quad 5.2$$

### 5.7.2 Consideraciones Generales

Las principales consideraciones a destacar para el balance hídrico son:

- 1) Los principales objetivos de este balance, son cuantificar las entradas y salidas de caudal más importantes, estudiar el peso relativo de cada una de éstas y analizar su variabilidad temporal.
- 2) El año de análisis del balance hídrico es el 2006.
- 3) Debido a la escasa cobertura de información que se tiene, especialmente en caudales afluentes y efluentes, la escala de tiempo de análisis será mensual.
- 4) Otras consideraciones particulares y supuestos para la estimación de parámetros usados en el balance, se analizan en el Anexo H.

### 5.7.3 Resultados Balance Hídrico

Una vez integradas todas las componentes de balance hídrico, se obtienen los caudales presentados en la Tabla 5.3. La incógnita de balance en este caso, se consideró como el rebalse de la Laguna (efluente E1).

Asimismo, la Figura 5.12 presenta una comparación entre las entradas y salidas totales de la Laguna de Batuco, en aquellos meses donde es aplicable.

**Tabla 5.3**  
**Resultados Balance Hídrico Laguna de Batuco**

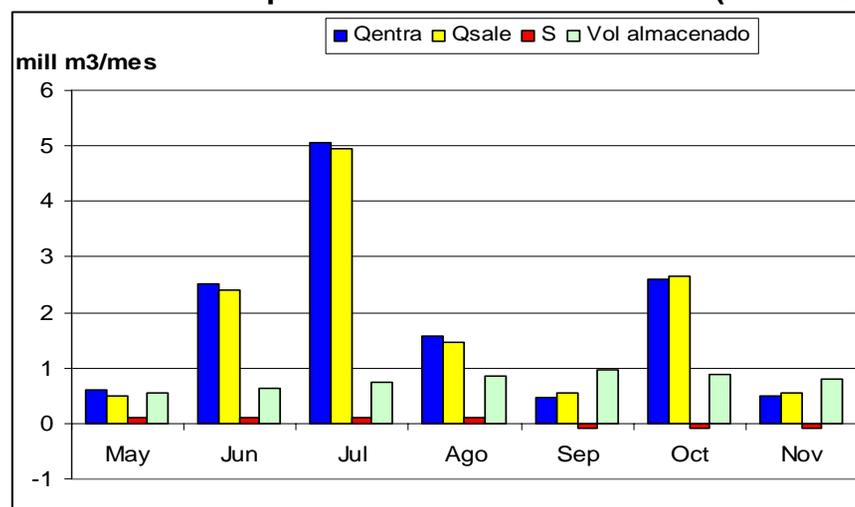
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Entradas (m <sup>3</sup> /mes)	Pp	0	0	0	1,854	12,979	147,955	321,620	82,692	2,967	145,483	2,348	0
	Escorrentía	0	0	0	25,130	175,911	2,005,383	4,359,238	1,120,803	40,208	1,971,877	31,831	0
	Riego	62,482	56,435	62,482	60,466	62,482	0	0	0	60,466	62,482	60,466	62,482
	PTAS	332,122	321,754	324,086	300,672	342,835	355,104	372,298	366,941	368,064	409,795	386,208	391,046
Salidas (m <sup>3</sup> /mes)	ET	205,357	188,410	147,039	102,735	78,679	68,700	65,794	85,731	127,985	140,275	137,071	177,444
	Evap.	520,967	384,077	385,300	222,875	114,375	56,290	91,532	129,059	204,357	294,747	396,464	476,849
Almacenamiento (m <sup>3</sup> /mes)	Vol	656,839	582,094	507,350	432,606	537,248	641,890	746,532	851,173	955,815	881,071	806,327	731,583
	S	0	-74,744	-74,744	-74,744	104,642	104,642	104,642	104,642	104,642	-74,744	-74,744	-74,744
Balance (m <sup>3</sup> /mes)	Rebalse	(1)	(1)	(1)	(1)	296,511	2,278,811	4,791,188	1,251,004	214,107	2,229,359	22,064	(2)

Nota:

(1): resultado omitido, menor a cero.

(2): cálculo omitido por falta de información

**Figura 5.12**  
**Comparación entre componentes del balance hídrico (millones m<sup>3</sup>/mes)**



La gráfica presentada en la Figura 5.12, permite interpretar de forma general los resultados obtenidos para el balance hídrico de la Laguna de Batuco, los cuales son válidos entre mayo y noviembre del 2006.

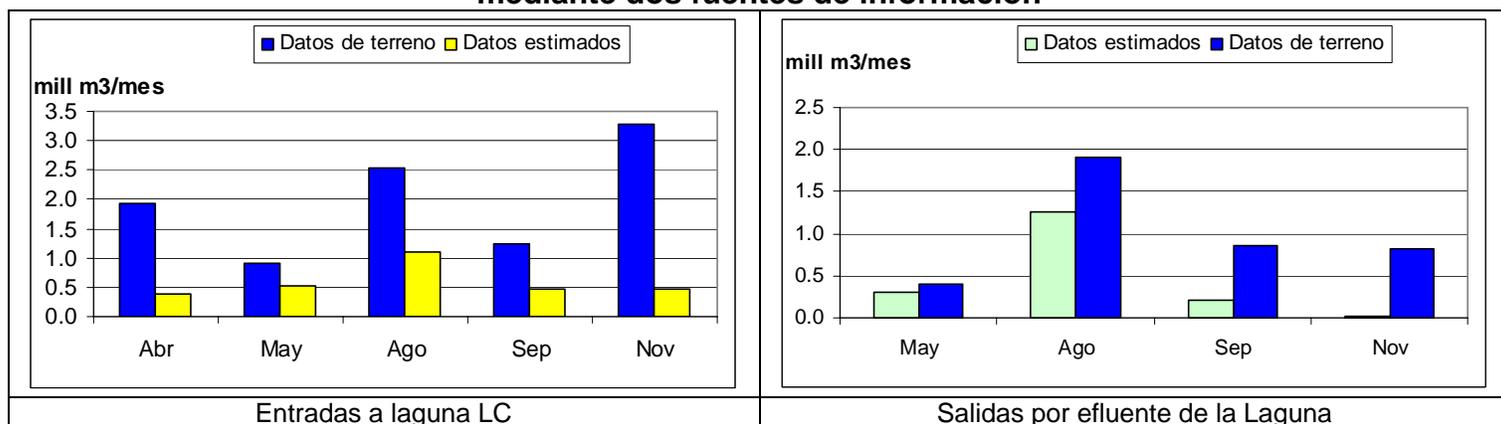
El primer resultado que se observa con claridad es la gran cantidad de agua involucrada en el proceso, del orden de millones de m<sup>3</sup> por mes, los cuales se comportan estacionalmente, según lo hace la precipitación. Es decir, los mayores caudales se observan en los meses de máxima precipitación.

Otra observación relevante tiene relación con las entradas y salidas de caudal, las cuales son muy similares a lo largo de todo el año, es decir, la Laguna actúa como un sistema de paso, más que de almacenamiento. En meses tales como mayo, septiembre y noviembre (baja precipitación), los volúmenes de entrada, salida y almacenamiento son muy similares, mientras que la diferencia se hace notoria en los meses de lluvia. Esta situación probablemente se deba a la intervención que ha sufrido el efluente de la Laguna, por su cambio de cota de rebalse.

Como se desprende del balance hídrico (Tabla 5.3), existen inconsistencias entre las diversas componentes de caudal, principalmente debido a los supuestos adoptados, la falta de información y el error propio de los métodos y datos utilizados.

Una forma de visualizar estas deficiencias, es comparando los valores estimados de entradas y salidas de caudal, con aquellos medidos en terreno, de forma puntual, y para 5 meses del año. Si bien estas mediciones no representan una situación promedio mensual, sí permiten apreciar de manera global, el grado de error de las estimaciones realizadas. Ello se presenta en la Figura 5.13.

**Figura 5.13**  
**Comparación de entradas y salidas de caudal**  
**mediante dos fuentes de información**



Comparando las estimaciones de entradas y salidas de caudal con los datos medidos en terreno, se observan grandes diferencias, especialmente para el caso de las entradas.

Los afluentes considerados en este análisis, son aquellos ubicados aguas arriba de las mediciones realizadas para A1 y A2, es decir, escorrentía, efluente de PTAS y excesos de riego. Estas diferencias alcanzan un máximo cercano a los 3 millones de m<sup>3</sup> en el mes de septiembre, y un mínimo aproximado de 0.5 millones de m<sup>3</sup> en mayo. Como se ha mencionado, estas diferencias pueden deberse a errores en las mediciones de terreno, en las estimaciones para el balance hídrico, pero por sobre todo, a la presencia de aportes no controlados que desaguan en la Laguna de Batuco, como las descargas crudas de la planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada.

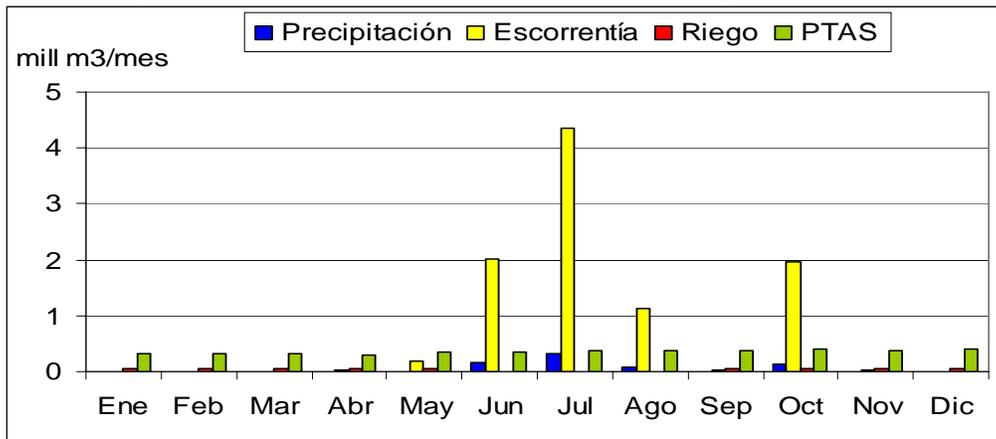
En cuanto al efluente de la Laguna, también se observan diferencias entre ambas metodologías, aunque no tan significativas como en el caso de los afluentes. Las máximas diferencias y cercanías entre valores se producen en los mismos meses analizados para los afluentes.

- **Análisis de entradas de caudal**

La Figura 5.14 permite apreciar que, durante los meses de alta precipitación, la alimentación de la Laguna proviene principalmente de esta fuente. El máximo aporte registrado corresponde al mes de julio, con un 93% aportado por lluvia sobre la Laguna y escorrentía. Sin embargo, en los 8 meses del año donde no se produce esta situación, el mayor aporte de aguas a la Laguna proviene de la descarga de la PTAS La Cadellada, llegando a presentar un máximo aporte del 78% del afluente total. Dadas las importantes cargas de nutrientes que aporta esta fuente, este afluente es uno de los más importantes dentro del balance y en el funcionamiento actual de la Laguna como humedal.

En el caso de los aportes por riego, éstos resultan mínimos durante todo al año en análisis. Sin embargo, no hay que olvidar la existencia de afluentes no controlados como ya se analizara, de importante cuantía visual, lo que pudiera variar los resultados aquí obtenidos.

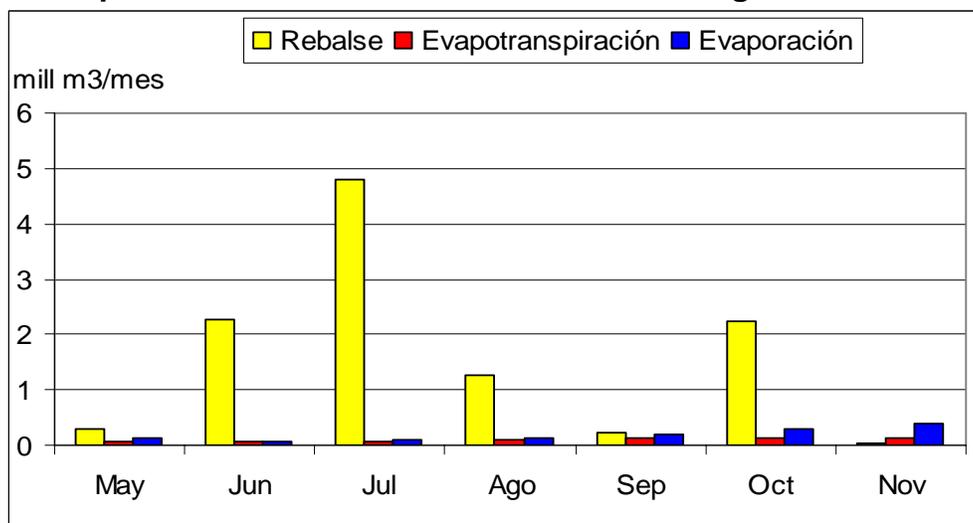
**Figura 5.14**  
**Composición de entradas de caudal a la Laguna de Batuco**



- Análisis de salidas de caudal**

La salida más importante de agua desde la Laguna de Batuco, corresponde al rebalse de la misma, la que se manifiesta en los meses de alta precipitación, con un máximo aporte porcentual del 97% en julio (Figura 5.15). Sin embargo, al igual que en el caso de las entradas de caudal, en los meses de baja precipitación se observa que la evaporación y la evapotranspiración adquieren más relevancia como salidas de agua. En conjunto, representan un 96% del total de salidas en el mes de septiembre, situación que debiese repetirse en el resto de los meses de poca lluvia.

**Figura 5.15**  
**Composición de salidas de caudal desde la Laguna de Batuco**



## 5.8 Calidad de Aguas

### 5.8.1 Calidad de aguas en la Laguna de Batuco

#### i. Muestreo en la columna de agua

El muestreo de calidad de aguas en la Laguna de Batuco, fue realizado en marzo, abril, agosto y septiembre del 2006. De estas campañas, sólo abril y septiembre presentan datos en cantidad suficiente, como para realizar interpretaciones de variación espacial y temporal de parámetros generales de calidad de agua. El total de parámetros muestreados, así como sus concentraciones medias, mínimas y máximas, se resumen en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4**  
**Resumen muestreo columna de agua, año 2006**

Parámetros	Nº muestras	Promedio	Mínimo	Máximo
T (°C)	93	18.4	9.5	30.0
pH	93	8.4	7.3	10.3
CE (µS/cm)	90	1,964.4	1,140.0	11,040.0
Turbiedad (UNT)	26	26.2	5.1	76.9
OD (mg/l)	14	5.9	3.0	9.3
Cloruros (mg/l)	11	274.4	171.0	400.0
Clorofila a (mg/l)	11	0.1	<0.03	0.1
N-NO3 (mg/l)	7	15.5	<0.05	33.0
N-NO2 (mg/l)	7	2.2	<0.1	5.4
N-NH3 (mg/l)	7	2.7	0.3	6.2
Nk (mg/l)	7	6.7	4.3	8.5
Norg (mg/l)	7	4.0	1.9	7.8
N total (mg/l)	7	21.9	5.4	41.5
P total (mg/l)	7	3.2	0.8	6.6
DBO5 (mg/l)	7	14.6	4.0	35.0
DQO (mg/l)	7	40.3	9.0	131.0

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados del muestreo de calidad de aguas superficiales, para algunos parámetros de mayor relevancia. Un análisis más completo, incluyendo otros parámetros muestreados, se presenta en los informes de terreno respectivos, en Anexo E.2.

La totalidad de datos obtenidos de la calidad de aguas en la Laguna de Batuco, se resumen en Anexo G.2.

- **Parámetros generales de calidad de agua**

Entre éstos, pueden considerarse la temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbiedad y Disco Secchi. A excepción de la turbiedad, todos éstos fueron determinados en terreno.

- Temperatura

Dado el carácter somero de las aguas de la Laguna, la temperatura de ésta es muy dependiente de la temperatura del aire, y por lo tanto, varía considerablemente según la hora del día y estación del año. Ello se manifiesta especialmente en el invierno, donde las temperaturas del agua en la mañana van disminuyendo, hasta alcanzar un mínimo a mediodía, para luego ir aumentando, en no más allá de 1°C.

- Oxígeno disuelto

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto, éstas alcanzan un promedio de 5.9 mg/l, lo cual supera los 5 mg/l, valor considerado mínimo por la NCh 1,333 para la mantención de la vida acuática.

Todos los resultados de OD indican que la Laguna se encuentra en condiciones aerobias, lo que es esperable debido a las condiciones de mezcla por viento y las bajas profundidades. Sin embargo, no se puede observar una distribución espacial clara en las concentraciones de este parámetro, atribuible principalmente a deficiencias en los sensores usados en terreno.

- pH

En cuanto al pH, todos los valores determinados en distintas épocas del año superan el valor 7, tanto para la Laguna como sus afluentes y efluente. De hecho, los valores de pH entre estos últimos son muy similares, reflejando las condiciones que se dan al interior de la Laguna.

A nivel espacial en la Laguna Central (abril), predominan valores de pH entre 8 y 9. Esta situación se mantiene en el mes de septiembre, donde también existe una cantidad importante de puntos con pH entre 7 y 8. En las sub Lagunas LNO y LS, se observan valores de pH similares, sin variación significativa en el periodo abril-septiembre (Figura 5.17).

Pese a que tanto las lagunas LNO como LN no presentan conexión con la laguna LC, ocurre una anomalía en el pH de esta última. La sub Laguna LN presenta valores de pH más alcalinos, respecto a las restantes lagunas. En su parte central, predominan valores de pH entre 9 y 10, mientras que cerca de las orillas, el pH se incrementa al rango 10-11. Dado que ello no ocurre en LNO, podría deberse a un incremento en la actividad algal observada en esa fecha (Figura 5.16), que tiene como consecuencia el incremento de pH.

**Figura 5.16**  
**Actividad algal en laguna LN, septiembre 2006**



Analizando la calidad de la Laguna para la mantención de la vida acuática, la gran mayoría de las normativas revisadas (Anexo B), coinciden en un límite de pH igual a 9. Desde este punto de vista, sólo la Laguna Norte presentaría limitaciones para este uso. De hecho, en los terrenos realizados durante el 2006, la menor actividad en términos de avifauna, se observó en la Laguna Norte.

Según la NCh 1,333, el uso de la Laguna para actividades recreativas con contacto directo, queda restringido para valores de pH sobre 8.3 y bajo 6.5. Desde este punto de vista, la Laguna Norte presentaría restricciones para este uso.

➤ Conductividad eléctrica

Respecto a este parámetro, se observa una marcada distribución a nivel espacial, donde los valores disminuyen desde la laguna LS a LN, desde los 2,000 a las 1,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No se observó una variación importante de esta tendencia durante el resto del año. Todas las aguas de la Laguna van de dulces a salobres.

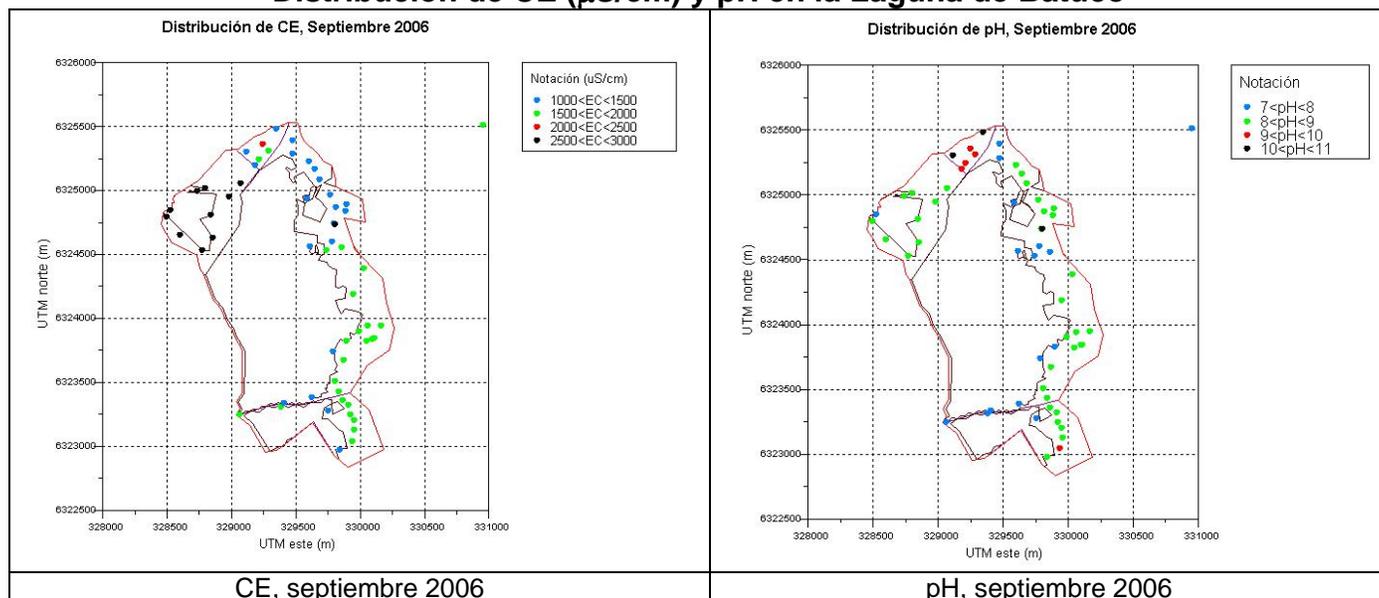
Un caso distinto ocurre en la Laguna Noroeste, donde todos los valores de CE se encuentran en el rango 2,500-3,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que le confiere una calidad distinta respecto a las restantes lagunas (Figura 5.17). Probablemente, esta situación se deba a que la laguna nor oeste alberga aguas que no tienen grandes circulaciones, debido a su desconexión con las otras lagunas. Ello no ocurre con la laguna norte, pues ésta se llena con el rebalse de la laguna central, lo que le conferiría una calidad similar.

En cuanto a la calidad de afluente y efluente principales, la CE de la salida es levemente mayor a la de entrada, tanto en los meses de marzo como septiembre, bordeando en promedio los 1,250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1,750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. Pese a que las diferencias son muy pequeñas, ello podría relacionarse a la actividad que ocurre al interior de la Laguna.

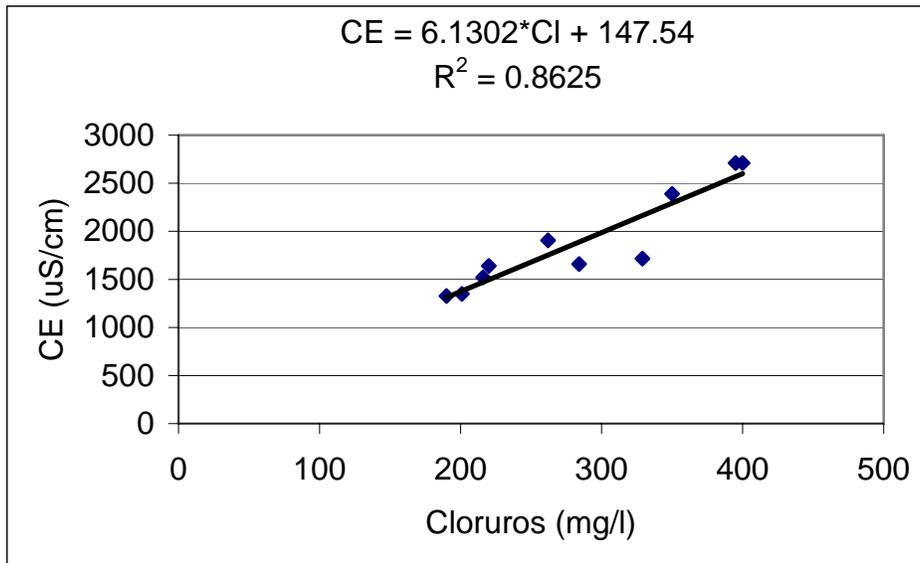
Una variante de lo anterior, se produjo en el mes de abril, donde la CE medida en el efluente superó los 5,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Fue en esta misma campaña donde se midió una situación anómala en el costado poniente de la Laguna Sur, con un CE superior a 3,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Relacionando ambas situaciones, y dado que ello no se repitió en ningún otro periodo del año, podría suponerse una intervención antrópica para explicar esos valores. Otra causa, podría ser el efecto de la evaporación, la cual ya habría alcanzado sus máximos en el mes de abril. Sin embargo, en este caso, un efecto similar debiese ocurrir en el resto de la Laguna.

En cuanto a las restricciones de uso de esta agua, la normativa revisada no establece límites para recreación o vida acuática en los parámetros CE o Salinidad (SDT). Sin embargo, en el caso de riego, la NCh 1,333 señala que las aguas de la Laguna podrían tener efectos adversos en los cultivos regados por ellas, o que se requiere de técnicas de manejo especiales para su uso. Ello se confirma, debido a los altos valores de cloruros encontrados en la Laguna, y su buena correlación con la CE, como se muestra en la Figura 5.18.

**Figura 5.17**  
**Distribución de CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y pH en la Laguna de Batuco**



**Figura 5.18**  
**Relación entre cloruros y CE, septiembre 2006**

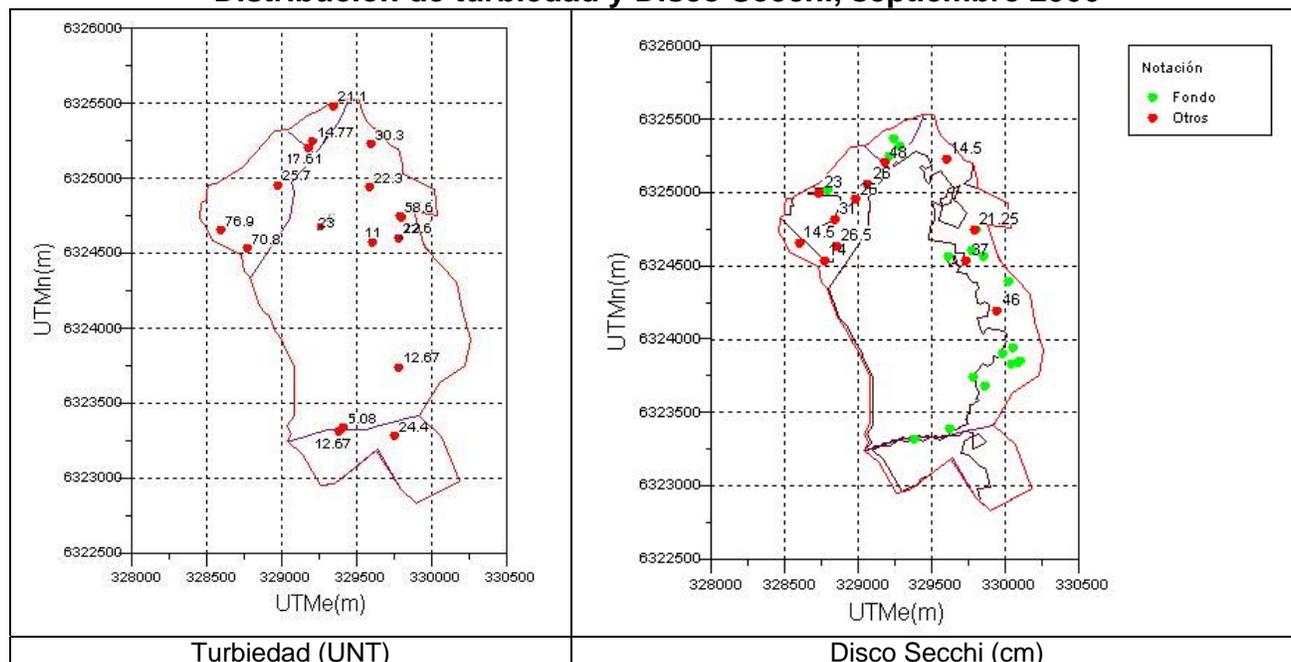


➤ Otros parámetros

Como se ha mencionado, las bajas profundidades de la Laguna, así como la condición aerobia de ésta, determinan que no se observara estratificación importante a lo largo de su profundidad, tanto para OD, CE, pH y T°. Los gráficos de estas distribuciones pueden consultarse en Anexo E.2 (Informe de terreno septiembre 2006).

Además de no haber estratificación en la Laguna, la metodología del Disco Secchi arrojó que existe un buen grado de penetración de la luz en casi toda la Laguna (Figura 5.19). La excepción la constituye la laguna LNO donde, pese a las bajas profundidades, el Disco Secchi se pierde de vista entre los 14 y 30 cm. Ello concuerda con las altas turbiedades registradas en la zona oeste de esta laguna (sobre 70 UNT), lo que puede ser un indicativo de la actividad de aves, mamíferos y peces, cuyo movimiento contribuye a la resuspensión de material sedimentable. Esta actividad se observó en una menor medida en el resto de los lugares muestreados.

**Figura 5.19**  
**Distribución de turbiedad y Disco Secchi, septiembre 2006**



Fuente: Elaboración propia

- **Nutrientes, clorofila a, DBO<sub>5</sub> y DQO**

Según los resultados obtenidos en el balance hídrico, el tiempo de retención hidráulico de la Laguna de Batuco es aproximadamente de 30 días, tiempo bastante elevado como para dar las condiciones para la transformación de nutrientes en el humedal. De hecho, diversos autores proponen un tiempo de residencia de 5 días, como suficiente para, en condiciones adecuadas, promover la denitrificación del nitrato y la sedimentación de los sólidos suspendidos (Trepel & Palmeri, 2002).

- **Clorofila a**

En el mes de septiembre se muestrearon un total de 11 lugares en la Laguna para determinar clorofila a. Lamentablemente, 10 de éstas se encontraban bajo el límite de detección (0.03 mg/l)<sup>9</sup> y la muestra restante, alcanzó un valor muy cercano (0.06 mg/l). Estos valores son bastante altos, desde el punto de vista de todos los límites propuestos a nivel internacional para la preservación de la vida acuática (EPA propone 0.0031 mg/l), dando cuenta de un sistema de alta productividad primaria.

<sup>9</sup> Analizado mediante método analítico 10200 H de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition 1998.

### ➤ DBO<sub>5</sub> y DQO

Los valores de DBO<sub>5</sub> determinados son relativamente bajos, característicos de un agua natural (5-20 mg/l) (Sancha, 2003).

Comparando las entradas y salidas de caudal principales, se observa una concentración de DBO<sub>5</sub> mayor en afluente que efluente, lo que hablaría de un efecto depurador de la Laguna. Asumiendo que la carga de entrada debe ser relativamente constante, debido a que proviene de una PTAS, se observa que el efecto depurador de la Laguna (diferencia entre concentración de entrada y de salida) sería mejor en septiembre que en abril.

En cuanto a las muestras tomadas al interior de la Laguna, las concentraciones de DBO<sub>5</sub> en septiembre, se asemejan a las del efluente, indicando un efecto de dilución en la concentración de entrada. Sin embargo, en abril del 2006 se observa una situación anómala en la Laguna LNO. Pese a que las concentraciones de entrada y salida son similares (20 y 16 mg/l respectivamente), se midió en la zona norte un valor de DBO<sub>5</sub> igual a 35 mg/l, correspondiendo a un agua superficial levemente contaminada.

Respecto a la DQO, su distribución espacial, relación entre afluente y efluente y singularidad en abril 2006, se presenta de igual forma a lo analizado con la DBO<sub>5</sub>.

Al relacionar la DBO<sub>5</sub> con la DQO, se observa en todas las muestras que éstas presentan una biodegradabilidad de buena a muy buena (DBO<sub>5</sub>/DQO 0.45 mg/l en promedio) (Sancha, 2003).

### ➤ Nutrientes

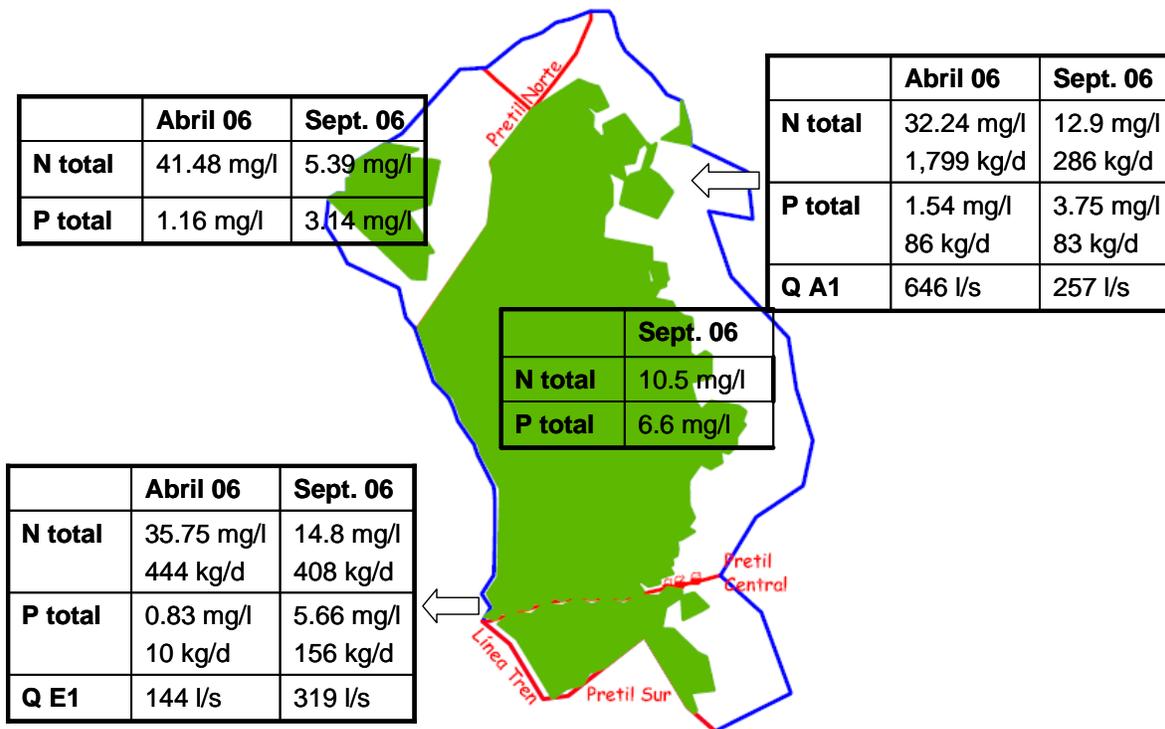
La naturaleza de las aguas afluentes y su relación con las actividades que se realizan en la cuenca, determinan que las concentraciones de nutrientes al interior de la Laguna sean muy altas, características de un sistema hipertrófico (Ryding & Rast, 1989). Esta es la principal razón que determina el no cumplimiento de cualquier normativa de calidad de aguas diseñada para humedales naturales.

Observando las cargas de entrada y salida de nutrientes, es posible notar que en el mes de septiembre 2006, la Laguna se comporta como un sistema exportador de nutrientes. Probablemente ello se deba la disminución del caudal A1 entre abril y septiembre, situación que favorece la producción de nutrientes al interior del humedal (Figura 5.20).

Resulta interesante notar en el afluente a la Laguna, la gran diferencia estacional entre las cargas de nitrógeno total y la similitud en las cargas de fósforo total. En el caso del nitrógeno, la situación es normal, debido al consecuente aumento de caudal. Sin embargo, en el caso del fósforo, esta situación podría indicar deficiencias en el funcionamiento de la PTAS, o al “lavado” de los suelos por parte de la lluvia.

En cuanto a las cargas de fósforo total, no se observa mayor variación temporal en el afluente, pero sí en el efluente. Ello podría explicarse por el aumento de caudal en E1, en el periodo abril-septiembre 2006, debido a que esta situación favorece el arrastre de sedimentos, los cuales son ricos en fósforo.

**Figura 5.20**  
**Distribución de nutrientes en la Laguna de Batuco**



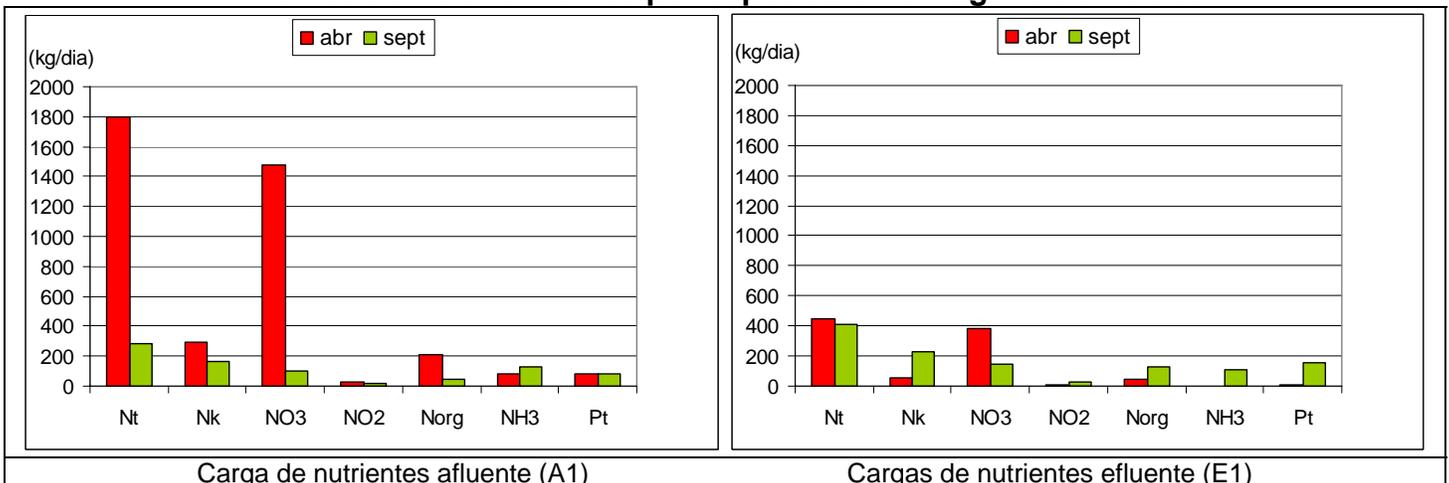
Fuente: Elaboración propia

La Figura 5.21 muestra la distribución de nutrientes por especie (en el caso del nitrógeno), para el afluente A1 y el efluente E1. Pese a las diferencias entre las cargas de nutrientes en ambos casos, las especies predominantes son el Norg y  $\text{NO}_3$ . En abril del 2006, se observa que la especie predominante es el  $\text{NO}_3$ , seguida del Norg (Nk), mientras que en septiembre esta situación se invierte.

Sin embargo, si se compara la magnitud de estas diferencias, puede verse que, frente a un gran cambio en la carga afluente de  $\text{NO}_3$  entre abril y septiembre (de 1500 a 100 kg/d), el efluente logra atenuar la salida de este parámetro entre la misma época (390 a 150 kg/d entre abril y septiembre). Ello habla del rol del humedal y su vegetación, en cuanto a la retención y transformación de nutrientes.

En el caso del nitrógeno orgánico, el rol del efluente es incrementar la carga saliente, probablemente debido al efecto de nueva vida producto de la época de lluvias, o a transformaciones en el amonio almacenado a formas orgánicas, por parte de microorganismos específicos.

**Figura 5.21**  
**Distribución de nutrientes por especies en la Laguna de Batuco**



- **Metales traza en aguas**

La medición de metales traza en agua, realizada en 4 puntos (A1, E1 y 2 puntos en la Laguna), cuantifica la concentración de 21 metales. De éstos, sólo 8 estuvieron sobre el límite de detección (B, Al, P, V, Mn, Fe, As y Mo).

Pese a que, de todas las concentraciones determinadas, sólo una de ellas supera 1 mg/l, las diferencias de concentraciones para un mismo parámetro en distintos puntos, presentan diferencias promedio del 70%.

Si bien, para la conservación de la vida acuática o uso recreativo, prácticamente no existe normativa que regule los humedales en términos de metales, a modo de referencia se puede decir que todas las muestras cumplen con los requisitos para riego (NCh 1,333), a excepción de una singularidad de Boro al interior de la Laguna, en la zona norte, cercana a los cultivos del Fundo La Laguna.

## ii. Muestreo de microalgas

Se realizó un muestreo de algas para dos puntos de la Laguna, en abril del 2006. Este muestreo es sólo cualitativo, buscando estudiar las especies presentes y su frecuencia. Respecto a la muestra tomada en la parte central de LC, se observa una mayor cantidad de especies que en la muestra de LNO, pese a que, en términos globales, la cantidad de organismos por litro en ambas muestras es bastante baja. Los resultados de estos muestreos se presentan en las Tablas 5.5 y 5.6.

Tabla 5.5 Muestreo de algas en Laguna Central 11,200 org/l, con fijador			Tabla 5.6 Muestreo de algas en Laguna Noroeste 554 org/l, con fijador		
Género	Frecuencia	Comentario	Género	Frecuencia	Comentario
<i>Chlorella</i>	+++	Alga verde	<i>Chlorella</i>	++	Alga verde
<i>Centronella</i>	++	Diatomea	<i>Centronella</i>	+	Diatomea
<i>Synedra</i>	++	Diatomea	<i>Scenedesmus</i>	+	Alga verde
<i>Scenedesmus</i>	++	Alga verde			
<i>Navicula</i>	+	Diatomea			
<i>Asterionella</i>	+	Diatomea			
<i>Ankistrodesmus</i>	+	Alga verde			
<i>Cymbella</i>	+	Diatomea			

## iii. Muestreo de metales traza en sedimentos

Dada las bajas concentraciones de metales traza encontrados en la columna de agua, se realizó un muestreo de sedimentos, dada la capacidad de estos para adsorber ciertos metales.

Aunque están medidos en unidades diferentes, se observa que para la totalidad de metales determinados, la concentración de ellos es mayor en sedimentos que en agua, como era de esperarse, debido a su característica de sumidero de éstos.

Se muestreó en 4 puntos de la Laguna, lo suficientemente separados entre sí. Comparando las concentraciones máximas y mínimas para cada parámetro, las mayores diferencias se observan en cromo (62 vs 135 mg/kg), cobre (63 vs 167 mg/kg), arsénico (18 vs 42 mg/kg) y molibdeno (2 vs 17 mg/kg). Para el resto de los metales, las diferencias entre máximas y mínimas concentraciones, son del orden del 25%.

Según un estudio realizado para humedales en el estado de Minnessota, EEUU (Gemes & Helgen, 2002), los parámetros que, de estar fuera de rango, más afectan a la biota son níquel, cobre y zinc. Según los valores característicos presentados en este estudio (Tabla 5.7), los sedimentos de la Laguna de Batuco superan en concentración al estudio de Minnessota para todos los parámetros mencionados, siendo más notoria la diferencia en el caso del cobre.

**Tabla 5.7**  
**Concentraciones promedio de metales en sedimentos (mg/kg)**  
**Comparación Laguna de Batuco con estudios en humedales**

Parámetro	Humedal de Batuco (1)	Minnessota, 1995			Minnessota, 1999			OMS/otros	
		Natural	Agrícola	Urbano	Natural	Agrícola	Urbano	Natural	Contaminado
Fósforo	1,191	508	2,974	848					
Cromo	98								20
Níquel	26	7	12	19	11.9	14.9	17.9		
Cobre	123	9	21	40	10.8	14.3	50.8		
Zinc	107	32	104	139	40.3	49.8	95.9	100	1,000
Arsénico	27	1.6	2.9	3.1	13.5	14.3	67.4	5	3,000
Cadmio	<2							5	
Bario	361							450	3,000
Plomo	23	9	4	127					

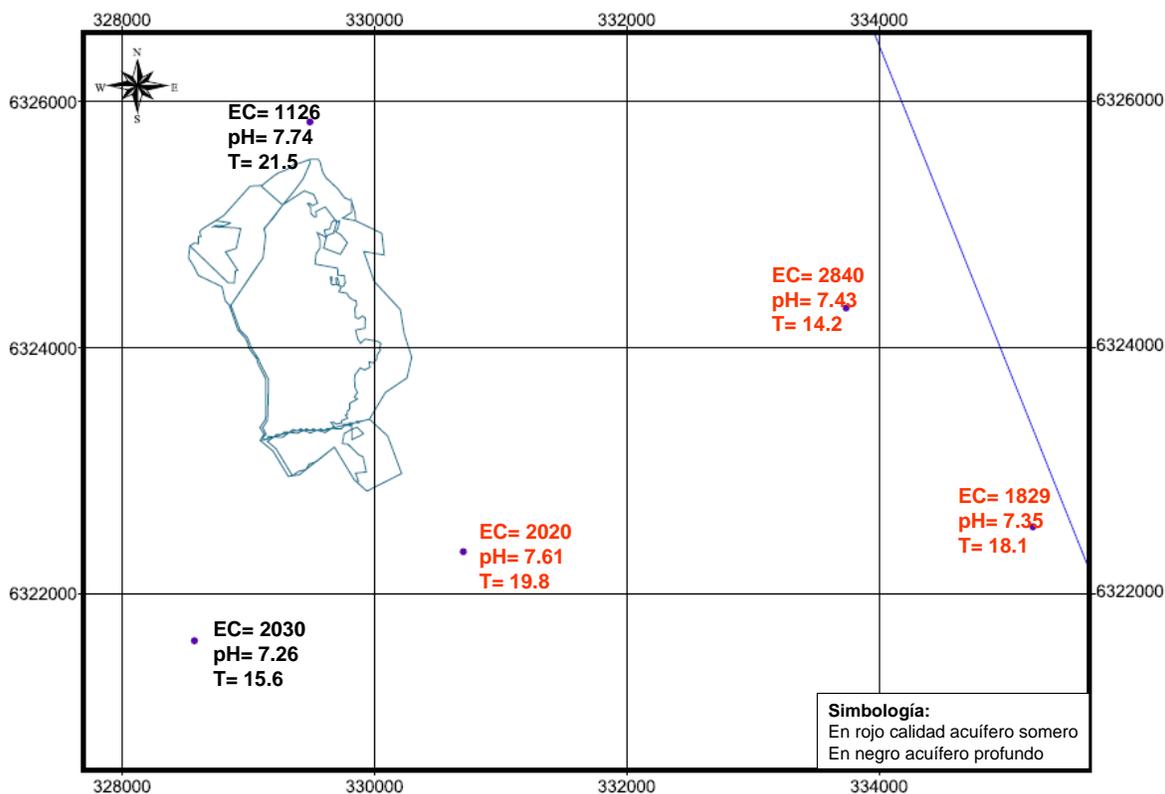
**Nota:**

(1): valores promedio de 4 muestras, medidos en agosto 2006.

## 5.8.2 Calidad de Aguas Subterráneas

Para determinar la calidad de las aguas subterráneas en el área de estudio, se procedió a medir parámetros generales (conductividad eléctrica, pH y temperatura), en pozos que captan desde el acuífero somero, y otros que lo hacen desde el acuífero profundo. Los datos fueron medidos en mayo del 2006 y enero del 2007. La distribución de éstos se presenta en la Figuras 5.22 y 5.23.

**Figura 5.22**  
**CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH y T ( $^{\circ}\text{C}$ ) de las aguas subterráneas, mayo 2006**

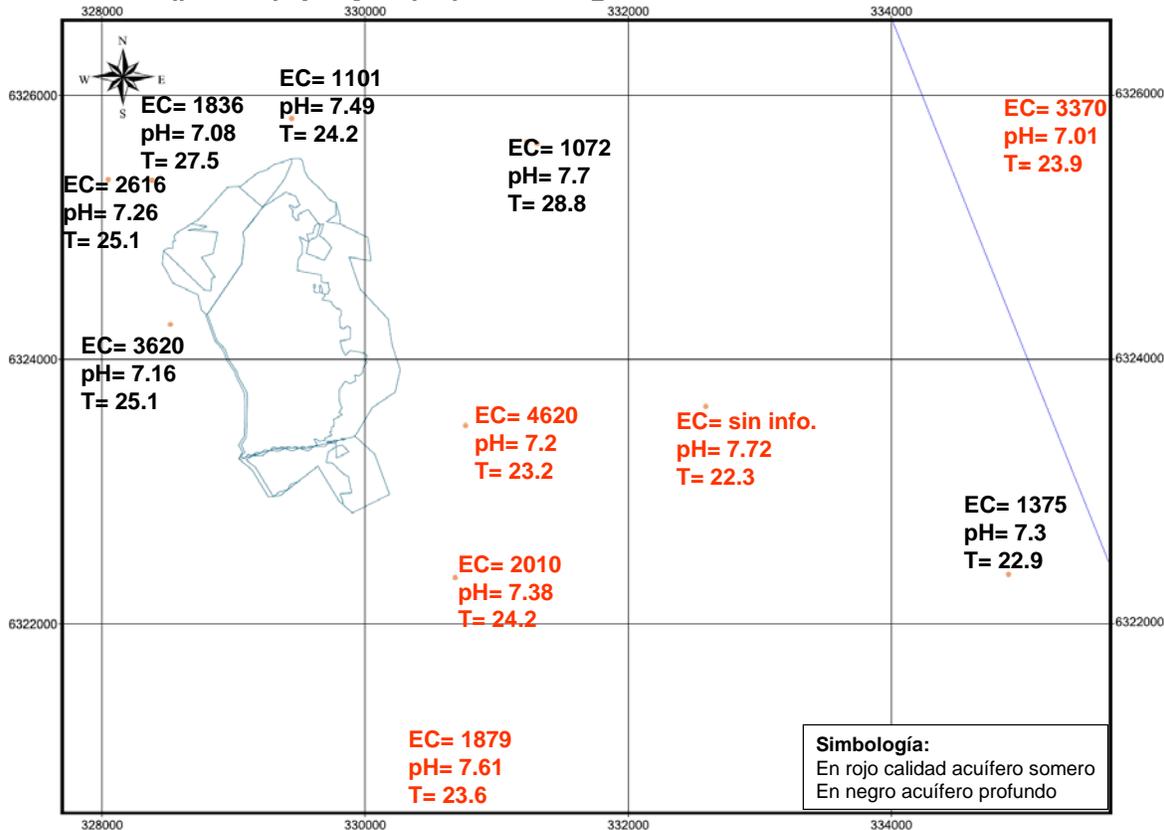


Fuente: Elaboración propia

Los datos de conductividad eléctrica, a partir de los cuales se puede deducir la concentración de sólidos disueltos totales (SDT), indican que las aguas subterráneas presentes en la cuenca son salobres, pues en promedio, alcanza valores cercanos a los  $2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , equivalente a unos  $1,100 \text{ mg}/\text{l}$  de SDT.

Destacan en enero del 2007, valores de CE bastante altos, en especial los  $4,620 \mu\text{S}/\text{cm}$  medidos al oriente de la Laguna. Resulta extraño notar que, alrededor de este punto, se observaran valores de CE muy menores a la singularidad, que impiden suponer una tendencia en la distribución espacial de este parámetro.

**Figura 5.23**  
**CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH y T ( $^{\circ}\text{C}$ ) de las aguas subterráneas, enero 2007**



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, las altas conductividades eléctricas observadas en toda la cuenca, y la consecuente composición salina de los suelos, condicionan que este parámetro en la Laguna de Batuco, también sea elevado.

Los valores de pH, levemente superiores al valor neutro, no muestran variaciones espaciales ni temporales de relevancia, que pudiesen indicar algún tipo de comportamiento especial en las aguas subterráneas.

En el caso de la temperatura, ésta alcanzó un mínimo de  $14.2^{\circ}\text{C}$  en la medición de otoño, y un máximo de  $21.5^{\circ}\text{C}$  en la misma fecha. Sin embargo, pese a que estas mediciones no debiesen estar afectadas significativamente por la hora del día a la que se realizan, no se logra ver ninguna tendencia en su distribución espacial. Sí se pueden notar diferencias importantes, respecto a enero del 2007, donde las temperaturas de los acuíferos son bastante altas, cercanas incluso a los  $30^{\circ}\text{C}$  en algunos puntos. Al contrario de lo esperado, las mayores temperaturas parecen ocurrir en su totalidad, en las mediciones del acuífero profundo. Ello podría deberse a que en el acuífero somero, las aguas son bombeadas con mayor frecuencia.

**CAPÍTULO 6:**  
**GESTIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA DE BATUCO**

## **6 GESTIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA DE BATUCO**

Como se ya se ha mencionado, uno de los objetivos específicos de este trabajo, es mejorar la gestión ambiental de la Laguna de Batuco, lugar que, por pertenecer al Humedal de Batuco, se encuentra protegida mediante diversos mecanismos técnicos y legales. Si bien estos mecanismos establecen un marco legal de protección al sitio, ellos plantean también una serie de medidas destinadas a mejorar el conocimiento y gestión del lugar, las cuales están limitadas, principalmente por su costo.

Al respecto, se pretende evaluar el estado actual de la gestión del humedal, así como identificar las posibles deficiencias, tanto de manejo como de antecedentes existentes a la fecha. Lo anterior, se realiza según lo analizado previamente en el Capítulo 3 de este trabajo.

### **6.1 Gestión del Humedal de Batuco**

#### **6.1.1 Medidas de protección**

Tanto por tratarse de un sitio de alto valor ecosistémico, turístico y por los eventos de contaminación que ha enfrentado, existen una serie de medidas que han contribuido a la protección legal de la Laguna de Batuco, parte fundamental del Humedal de Batuco.

Las principales medidas de protección se mencionan a continuación:

##### **i.Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad**

Herramienta legal de protección, acogida a la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad. Al respecto, ver Punto 3.2.2.

##### **ii.Zona Libre de Caza**

En el año 1995, el Servicio Agrícola y Ganadero estableció un periodo de veda de 30 años para anfibios, reptiles, aves y mamíferos silvestres en la cuenca hidrográfica de la Laguna de Batuco. Por esta razón, quedan prohibidos la caza, transporte y comercialización de estas especies.

La principal concentración de estas especies se da en la zona de la Laguna de Batuco, lugar cuyos accesos no cuentan con los cierres perimetrales adecuado que impidan la captura de las especies protegidas. A comienzos del año 2006, se instalaron en los alrededores de la zona protegida, una serie de señaléticas que hacen alusión a esta medida de protección (Figura 6.1). Sin embargo, por la facilidad de acceso al sitio, se siguen observando indicios de caza, especialmente de aves.

**Figura 6.1**  
**Señalética prohibición de caza**



### **iii.Zona de Preservación Ecológica**

En Diciembre de 1997, el Gobierno Regional declara “Laguna de Batuco”, más los sitios aledaños a éste, como una zona de preservación ecológica. Esta zona posee una superficie cercana al 6 % de la superficie total de Humedal de Batuco, es decir, aproximadamente 912 há. Esto se realizó en el marco de la incorporación de la Provincia de Chacabuco al Plan Regulador Metropolitano de Santiago.

### **iv.Sitio Lacustre**

En septiembre del año 2006, la Dirección General de Aguas declaró a la Laguna de Batuco como Sitio Lacustre. La implicancia de esta medida, es que se hace aplicable la Tabla 3 del D.S. N° 90 de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, que regula las descargas contaminantes a este tipo de cuerpos de agua.

Si bien esta medida contribuye a una mejor fiscalización de las posibles actividades contaminantes del entorno de la Laguna, éste cuerpo de agua dista mucho de comportarse como un lago. Por esta razón, las concentraciones de contaminantes establecidas en la normativa aplicable, resultan inadecuadas respecto a la realidad del humedal en estudio.

Hasta la fecha, la única actividad productiva que debe cumplir esta normativa, es la planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada. Debido a que su sistema de tratamiento actual le impide cumplir la Tabla N°3 del D.S. N°90, se encuentra en evaluación de impacto ambiental, un proyecto que plantea el desvío del efluente de esta planta de tratamiento, aguas abajo del efluente de la Laguna. El efecto de este proyecto podría resultar contraproducente para la Laguna, según lo analizado en el balance hídrico de ésta (ver Punto 5.7).

### **6.1.2 Plan de Acción “Humedal de Batuco”. Para la Implementación de la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago.**

Este documento recoge las diferentes iniciativas que los servicios públicos con competencia ambiental están impulsando, o pretenden potenciar, para la conservación de la biodiversidad en el sitio prioritario N° 6, Humedal de Batuco.

Para cada objetivo del plan, se definen responsables, plazos y metas concretas a ejecutar en un horizonte de 5 años (2005-2010). Los responsables de cada actividad deberán gestionar el cumplimiento de las mismas, constituyendo para ello mesas de trabajo.

Las medidas concretas se definen dentro de 6 lineamientos generales, e incluyen, entre otras:

- desarrollo de mecanismos que aseguren la participación y compromiso de los actores involucrados
- seguimiento de las componentes de la diversidad biológica y de las actividades que puedan afectarla
- promover la protección de especies y la conservación/restauración del Humedal de Batuco
- promover la generación y seguimiento de proyectos que permitan la conservación ex-situ del humedal
- fortalecimiento de la protección de la biodiversidad en los planes e instrumentos de planificación territorial
- monitoreo de las diferentes componentes ambientales del Humedal por parte de los servicios públicos competentes

Además, dentro de este marco se plantea analizar la factibilidad de declarar el Humedal de Batuco como sitio RAMSAR, Centro de Interés Turístico y Santuario de la Naturaleza.

### 6.1.3 Gestión local

En relación a los eventos de contaminación y alteraciones que ha sufrido la Laguna de Batuco y sus alrededores, existen otras medidas de carácter específico, que tienden a la protección de este sitio, entre las cuales se encuentran:

- Plan Ambiental Batuco, aprobado por CONAMA RM en el año 2000. Esta medida apunta específicamente a la adopción de acciones legales por parte del Consejo de Defensa del Estado, frente a posibles alteraciones de la Laguna de Batuco y su entorno. Este plan también se responsabiliza de la recuperación, preservación y protección del Humedal y su entorno (CONAF, SAG, 2005). Hasta la fecha, la principal preocupación de este Plan es la demanda contra el Sr. Pedro Rojas, por la alteración del efluente de la Laguna y la gran socavación generada aguas abajo de éste.
- Plan de Vigilancia de aguas subterráneas, aguas arriba y aguas abajo de la PTAS La Cadellada. Este Plan fue establecido en base a un sumario sanitario realizado por la SISS en abril del 2005. En él, se obliga a la PTAS La Cadellada a monitorear sus aguas subterráneas en los puntos mencionados, y entregar esta información a la SEREMI de Salud.

Finalmente, una de las gestiones más importantes que se realizan, es a nivel municipal, a través de la “Comisión Técnica Medio Ambiente” de la Municipalidad de Lampa. Las principales actividades desarrolladas por esta Comisión durante el año 2006, se presentan a continuación.

- Apoyo administrativo y en terreno al trabajo de Tesis, Práctica Profesional y Trabajos Temáticos de Alumnos Universitarios.
- Actividades del Plan de Acción del “Humedal de Batuco” en ámbito educación, como Talleres para docentes y alumnos, Seminarios al público para informar acciones respecto al humedal y salidas a terreno.
- Plan de Contingencia “Humedal de Batuco”, principalmente desarrollando visitas inspectivas semanales a la Laguna y sus alrededores.
- Patrulla Ecológica de Batuco, iniciativa orientada a niños de la comuna, desarrollada en conjunto con Cerámicas Santiago S.A.
- Participación de actividades en Mesa de Trabajo del Plan de Acción del Humedal de Batuco
- Estudio Predial "Humedal de Batuco"

En la Figura 6.2 se presentan fotografías de algunas de estas iniciativas.

**Figura 6.2**  
**Iniciativas locales para la conservación del Humedal de Batuco**

	
<p>Presentación de software ambiental, alumnos PUC a la comunidad de Lampa</p>	<p>Taller de Capacitación a docentes, entrega de certificados</p>
	
<p>Jornada en terreno de alumnos del Taller de Recursos Naturales de la Escuela Santa Rosa.</p>	<p>Patrulla Ecológica de Batuco</p>

#### 6.1.4 Estudios locales

Desde el año 2000 a la fecha, se han realizado una serie de estudios tendientes a completar una línea base del Humedal de Batuco (Tabla 6.1). De un total de 12 estudios identificados, 10 de ellas han surgido por iniciativa propia de Universidades nacionales, 2 han sido realizados por encargo de autoridades ambientales y 1 de ellos corresponde a un EIA.

**Tabla 6.1**  
**Estudios locales del Humedal de Batuco y sus alrededores**

<b>Fecha</b>	<b>Tema</b>	<b>Autor</b>
2000	Monografía: Antecedentes florísticos y vegetacionales del humedal Laguna de Batuco	Paula del Campo, Universidad Central
2005	EIA: Restauración, replantación y manejo en el área del Humedal de Batuco	Cerámicas Santiago
2005	Estudio: Establecimiento de un método para el monitoreo de la calidad del Humedal de Batuco	I. Rodríguez , P. Canales, I. Ibarra, RAUCH.
2005	Antecedentes medioambientales relativos al Humedal de Batuco	Igor Aguirre, SERNAGEOMIN
2006	Estudio: Caracterización de partículas de la Laguna Batuco	Alejandro Florenzano, Universidad Católica
2006	Estudio: Identificación y caracterización de PTAS de Lampa	María José Gutiérrez, Universidad de Las Américas
2006	Anteproyecto: infraestructura arquitectónica del Humedal de Batuco	María José Santibáñez, Universidad Andrés Bello
2006	Estudio: Mortalidades en la Fauna Silvestre del Humedal de Batuco 2005-2006	Paulina Reyes, Universidad de Chile
2006-2007	Línea Base y Zonificación del Sitio Prioritario N° 6	UNARTE, Universidad de Chile
2006-2007	Tesis: Diagnostico de la situación hídrica y gestión del Humedal de Batuco	Claudia Mellado, Universidad de Chile
2006-2007	Tesis: Diseño de una red de monitoreo de recursos hídricos para el Humedal de Batuco.	Cristóbal Cox., Universidad de Chile
2006 – 2007	Tesis: Identificación de intereses públicos y privados en relación a la conservación de los RRNN de los Altos de Chicauma.	Paola Oyarce, Universidad de Chile
2007-2008	Tesis: Biogeoquímica del Humedal de Batuco	Pamela Zenteno, Universidad Católica

## **6.2 Actores involucrados en la gestión del Humedal de Batuco**

Para la ejecución de todas las políticas, estudios y planes de manejo que se implementen, se requiere del trabajo de organismos de gobierno con competencia ambiental, tanto político como técnico, autoridades locales, comunidad, etc. y de la constante cooperación entre ellos. A continuación, se describen los principales roles de estos organismos.

### **i.Estado**

Su ámbito de injerencia, guarda relación con la promulgación de leyes y normativas, destinadas a la protección del medio ambiente, en particular de los humedales. Además, lo anterior debe responder a los tratados internacionales que hayan sido ratificados por el país, con el fin de cumplir los compromisos que ellos implican.

En el caso del Humedal de Batuco, los temas anteriores fueron analizados en el Capítulo 3.

### **ii.Organismos de gobierno con competencia ambiental**

Son los encargados de velar por el cumplimiento de las leyes, normativas que el Estado dicta, para lo cual desarrollan principalmente una labor fiscalizadora. En el caso de tratados internacionales y otros compromisos medioambientales, las herramientas disponibles son Planes de Acción, Estrategias de Conservación, y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

En el Taller de Bases para la Conservación de Humedales en Chile (CED, 1997), se analizaron los organismos de competencia ambiental (roles y ámbitos de competencia) que pueden influir sobre los humedales, así como sus ámbitos de gestión y principales limitantes. Ello se presenta en la Tabla 6.2.

En general, las acciones tendientes a la conservación de humedales que pueden desarrollar estos actores son de largo plazo. Sin embargo, una de sus principales funciones, es cooperar con los actores locales (municipio, comunidad), prestando asesoría técnica, recursos económicos, etc., para obtener resultados concretos sobre gestión de humedales, en el corto plazo.

En el caso del Humedal de Batuco, los actores gubernamentales que han desarrollado una gestión de más larga data en el sitio son CONAMA RM (Plan de Acción Batuco, Fondo de Protección Ambiental y Centro de Interés Turístico), SISS (fiscalización PTAS La Cadellada), SSA y SAG (eventos de contaminación en la Laguna y área prohibida de caza). En el caso de la DGA, se considera que debiese adquirir mayor protagonismo en la gestión actual del humedal (sólo posee una red de niveles de aguas subterráneas en la cuenca).

**Tabla 6.2**  
**Organismos nacionales vinculados con la conservación de humedales**

Organismo	Ministerio	Materia	Utilidad		Limitantes	Modo de potenciar la gestión global	
			Operatividad	Potencial			
CONAMA Dirección de Políticas Especiales	Secretaría General de la Presidencia de Relaciones Exteriores	<b>GENERAL</b> Mención directa a los humedales en Ley 19,300. Convención de Biodiversidad.	baja	alto	Poca difusión e información		
		Convenciones de Bonn, Washington y CITES.	medio	alto	Poca difusión y financiamiento		
DGA	de Obras Públicas	<b>AGUA</b> Evitar contaminación de aguas, derechos de aprovechamiento de aguas	alta	alto	altamente sectorial	coordinación intersectorial	
SISS	de Obras Públicas	Normativa sobre RILES	baja	alto	carencia de financiamiento		
DIRECTEMAR	de Defensa	Ley de Navegación DL.2.222, contaminación de aguas DS. 425, DS 476	alta	medio	jurisdicción		
SSA	de Salud	Contaminación. SFL 328 1989, DS. I 1992, Ley 18.902	medio	medio	carencia de financiamiento		
SAG	de Agricultura	Regulación en el uso de pesticidas. DL 3.557 1984	baja	medio	baja jerarquía jurídica		
MINVU	de Vivienda	<b>SUELO Y SUBSUELO</b> Planes de desarrollo urbano, planes intercomunales, planes reguladores, planes seccionales (Ley de Urbanización y Construcciones)	alta	bajo	no reconoce a los humedales como categoría	Poner en vigencia ley de SNASPE	
CONAF	de Agricultura	Cambios del uso de suelo. Convención de Washington.	alta	medio	altamente sectorial		
SAG	de Agricultura	Cambios de uso de suelo. Conservación de suelo. Ley 18.378, DL. 3.557	alta	bajo	altamente sectorial		
Ley 1,939	de B. Nacionales	Administración concesiones Ley 1.939	baja	alto	baja jerarquía jurídica		aumentar fondos para fiscalización
CNR	de Economía	Ley 18.902	baja	medio	desconocimiento		
SERNAGEOMIN	de Minería	Emisiones de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico. DS. 185	baja	bajo	altamente sectorial		
SAG	de Agricultura	Regulación de uso de pesticidas	baja	medio	baja jerarquía jurídica		catastro de humedales
SSA	de Salud	<b>AIRE</b> Normas de emisiones. Código Sanitario. DS. 185, DS. 144.	medio	medio	carencia de financiamiento	Grupo de Trabajo en Humedales	
SAG	de Agricultura	Regulación en el uso de pesticidas	baja	medio	baja jerarquía jurídica		
SAG	de Agricultura	<b>FLORA</b> Regulación en el uso de pesticidas	baja	medio	baja jerarquía jurídica	aumentar la difusión e información	
CONAF	de Agricultura	Conservación de flora silvestre. Convención de Washington y CITES	baja	alto	bajo financiamiento y control		
SAG	de Agricultura	<b>FAUNA</b> Conservación de fauna terrestre. DS. 133. Convención CITES	baja	medio	baja jerarquía jurídica		
CONAF	de Agricultura	Conservación de fauna silvestre en el SNASPE. Convención CITES	baja	alto	bajo financiamiento y control		
SERNAPESCA	de Economía	Conservación de fauna acuática. Convención CITES	medio	alto	altamente sectorial		

Fuente: CED, 1997

### iii.Municipio

Corresponde a un actor local, cuyas acciones tienen una repercusión mucho más directa y de corto plazo sobre el humedal. Por ende, es a nivel comunal donde existen los instrumentos de gestión que pueden influir efectivamente sobre estos sitios. La mayor falencia de estas instancias es que muchas son desconocidas para los tomadores de decisiones, o bien no existe el financiamiento necesario para implementarlas.

Según CED (1997), los instrumentos son:

- Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades: establece las funciones y atribuciones que le corresponden a las municipalidades, como por ejemplo, la fiscalización ambiental en normas de construcción y urbanización. Asimismo establece las instancias de participación ciudadana, las audiencias públicas y las oficinas de reclamos y los plebiscitos comunales. Por último fija normas sobre corporaciones, fundaciones y asociaciones municipales.
- Plan de Desarrollo Comunal: su objetivo es contribuir a una administración eficiente de la comuna, promover iniciativas y proyectos destinados a la integración social, económica y territorial de los habitantes.
- Plan Regulador Comunal: instrumento de carácter normativo constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos. La comuna de Lampa carece de un Plan Regulador propio, pero se adhiere al Plan Regulador de la Provincia de Chacabuco, que establece áreas de preservación ecológica.
- Plan seccional: se aplica especialmente para comunas que no cuentan con Plan Regulador, y permite “fijar con exactitud los trazados y anchos de calles, zonificación detallada, las áreas de construcción obligatoria, de remodelación, conjuntos armónicos, terrenos afectados por expropiaciones, etc.”.
- Ordenanzas Municipales: proveen el marco de normas y reglamentos que regulan la conducta humana en diversas materias. La comuna de Lampa, si bien cuenta con una Ordenanza del Medio Ambiente, ésta no ha sido efectiva, por lo que se está tramitando su modificación. La nueva política de desarrollo de la comuna en materias ambientales, “es un gran desafío por la urgente expansión de la comuna, que teniendo peculiaridades propias y recursos naturales que le dan identidad, puede pasar a ser una comuna intervenida por el desarrollo de la gran urbe y las consecuencias que esta explosión genera” (Lampa, 2006-1).

- Educación Municipal: se desarrolla activamente en el Municipio de Lampa, como se explicara en el Punto 6.1.3.
- Departamento u oficina de medio ambiente comunal: que permite ejecutar acciones específicas respecto a problemas medioambientales que afecten a los vecinos. En el caso de Lampa, este departamento ha desarrollado una gran gestión en los últimos años, lo que le ha valido varios reconocimientos. Además, en mayo de 2005 se creó la “Comisión Técnica Municipal Humedal de Batuco”, conformada por varias secciones de la Municipalidad de Lampa, y con el objetivo principal de coordinar y ejecutar acciones tendientes a la conservación de la Laguna de Batuco en paralelo con el Plan de Acción de CONAMA RM.

#### **iv.Comunidad**

Corresponde sin duda al actor más importante a considerar dentro de la gestión de humedales, ya que se relacionan en forma recíproca y directa con estos sitios. En otras palabras, las acciones de la comunidad (arrojar desperdicios, caza de animales, etc.), afectan directamente al humedal. Por otro lado, problemas como la eutroficación, malos olores, presencia de vectores sanitarios, etc., deterioran los valores de un humedal, lo que influye directamente sobre la comunidad.

Es fundamental entonces, conocer la relación de estos actores con su humedal y el grado de identificación con el mismo, lo que se analiza con mayor detalle en el Punto 6.3.

Asimismo, los instrumentos con que cuenta la comunidad para participar en la gestión de humedales son (CED, 1997):

- Instrumentos jurídicos tanto territoriales (juntas de vecinos, brigadas ecológicas, etc.) como funcionales (sindicatos, asociaciones gremiales, etc.), lo que les permite articularse con las fuentes de financiamiento para ejecutar sus propuestas.
- Participación social: principalmente formando asociaciones que permitan buscar soluciones a sus problemas.
- Control social: permite que las asociaciones comunales, una vez asociadas y capacitadas, puedan hacer sus exigencias en cuanto a la ejecución de sus demandas.

En el caso del Humedal de Batuco, algunos de los actores comunitarios más importantes son:

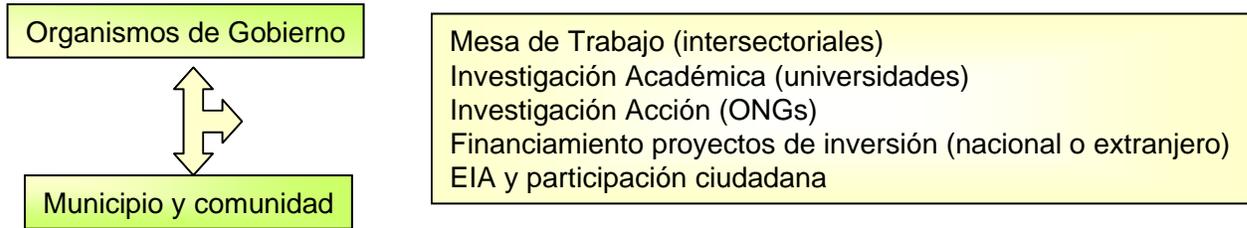
- **Organización Comunitaria y Funcional “El Totoral de Batuco”**: responde a la necesidad de los vecinos de Batuco de organizarse y participar en todas las actividades que puedan afectar su calidad de vida, principalmente en los ámbitos de medioambiente, salud, ordenamiento territorial y seguridad ciudadana. Actúa además como organismo ejecutor del proyecto FPA que desarrolla esta tesis (ver Punto 6.5.1).
- **Comité de agua potable rural Santa Sara-Batuco**: aparte del servicio que prestan, desarrollan el monitoreo de las aguas subterráneas de su captación, acción fundamental para el monitoreo de las aguas en la cuenca, pues forma parte de la Red.
- **Empresas del sector**: de gran relevancia por su potencial influencia sobre la calidad del Humedal de Batuco (ver Anexo F).
- **Patrulla ecológica**: iniciativa de cooperación municipal y privada (Cerámicas Santiago), que desarrolla educación ambiental en niños de la comunidad.
- **Canalistas**: si bien no se encuentran organizados a nivel comunal, su futura organización sería de vital importancia para comprender y controlar el sistema de flujos que llega a la cuenca y en particular a la Laguna de Batuco.
- **Propietarios “Fundo La Laguna”**: resultan ser fundamentales para la gestión del sitio, por cuanto éste se encuentra en terrenos de su propiedad.

#### v.Cooperación entre actores

Las entidades mencionadas se relacionan de manera jerárquica, y las acciones que cada uno de ellos ejecuten, demorarán en hacerse efectivas, un tiempo proporcional a la cercanía de cada uno de estos entes con el humedal. En otras palabras, las acciones que la comunidad realice sobre el humedal, repercutirán sobre éste mucho más rápido que una acción ejecutada por un organismo de gobierno.

Por lo anterior, es importante la forma como se relacionarán los distintos actores, en pro de desarrollar planes de manejo de humedales y llevarlos a cabo. En el caso del Humedal de Batuco, todos los estudios, seminarios a la comunidad, capacitaciones, monitoreos, etc., han contado con la participación de al menos 2 tipos de actores, entre organismos de gobierno, municipio y comunidad. Las formas de cooperación entre éstos, se presentan en la Figura 6.3.

**Figura 6.3**  
**Herramientas de cooperación entre actores de gestión**



Fuente: Elaboración propia

Lo anteriormente explicado, en relación a los actores involucrados en la gestión del Humedal de Batuco, se resume en la Figura 6.4.

**Figura 6.4**  
**Resumen de actores involucrados en la gestión del Humedal de Batuco**



Fuente: Elaboración propia

## **6.3 Percepción ciudadana del Humedal de Batuco**

### **6.3.1 Antecedentes generales**

La visión de la comunidad en relación a los humedales es un aspecto fundamental en el manejo y uso que se da a estos cuerpos de agua. Ello se refleja en la evolución que han tenido en el tiempo las formas de ver a los humedales.

En principio, en el siglo XIX, los humedales eran considerados como una amenaza, pues eran causa de malaria y un obstáculo para el desarrollo urbano.

Sin embargo, en Estados Unidos, a mediados de los años 50, se produjo un importante cambio en cuanto a la percepción de los humedales. Ello ocurrió cuando se comenzó a elaborar un inventario de éstos, por parte del U.S. Fish and Wildlife Service, enunciando que, mientras más se viera a los humedales como sitios de desperdicios, mayor sería su explotación y, por ende, se agilizaría la pérdida de sus principales valores y potencialidades.

Actualmente, existen 2 grandes posturas en torno a los humedales. Existen quienes promueven su explotación, dada su cercanía a fuentes de agua, como es el caso de la agricultura, la cual promueve el desarrollo de nuevas fuentes de trabajo, así como la producción de alimentos. Por otro lado, hay quienes ven los valores estéticos, de control de crecidas y ecológicos de los humedales, por lo cual promueven su preservación.

### **6.3.2 Antecedentes locales**

Con objeto de conocer la percepción de los habitantes de Batuco respecto a las problemáticas que enfrentan en diversas materias, así como su conocimiento respecto al Humedal de Batuco, se aplicó una encuesta de percepción ciudadana, con seis preguntas que permitiesen guiar la entrevista al desarrollo de los objetivos planteados. El formato de dicha encuesta se presenta en el Anexo I.1.

Por razones prácticas, no se encuestó a un porcentaje representativo de la población. De esta forma, se eligieron referentes importantes dentro de la comuna, como representantes políticos, profesionales y funcionarios municipales, profesores, carabineros, trabajadores del consultorio y vecinos de distintos lugares de la zona de estudio.

La encuesta fue aplicada en diciembre del 2006 y enero del 2007 a un total de 16 personas (10 hombres y 6 mujeres), con una permanencia media en la zona de estudio de 23 años. El 50% de los entrevistados cuenta con instrucción universitaria.

La transcripción de cada encuesta respondida se presenta en el Anexo I.2. Los principales resultados de esta encuesta se encuentran a continuación.

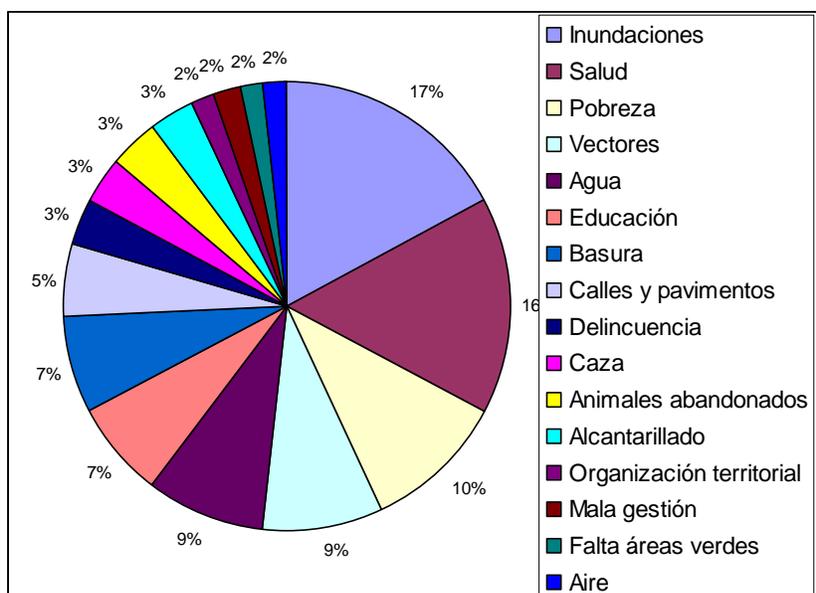
### i. Problemas generales

Los principales problemas que afectan a la comunidad de Batuco, según sus mismos habitantes, son las inundaciones y problemas de salud. Cabe señalar que dentro de los problemas de salud, no se detecta ninguna patología predominante, sino que cada entrevistado parece haber respondido según su experiencia personal.

Dentro de las restantes respuestas, los problemas en el agua abarcan un punto común: exceso de sales (se manifiestan en las griferías y en la ropa), lo que funda la desconfianza de los habitantes, respecto a la calidad de las aguas que beben.

Tan importante como los problemas en el agua, parecen ser la presencia de vectores sanitarios, pobreza, falta de educación y basura en las calles. En la Figura 6.5 se visualiza la importancia de cada una de las respuestas, respecto al total de ellas.

**Figura 6.5**  
**Problemas identificados en Batuco**



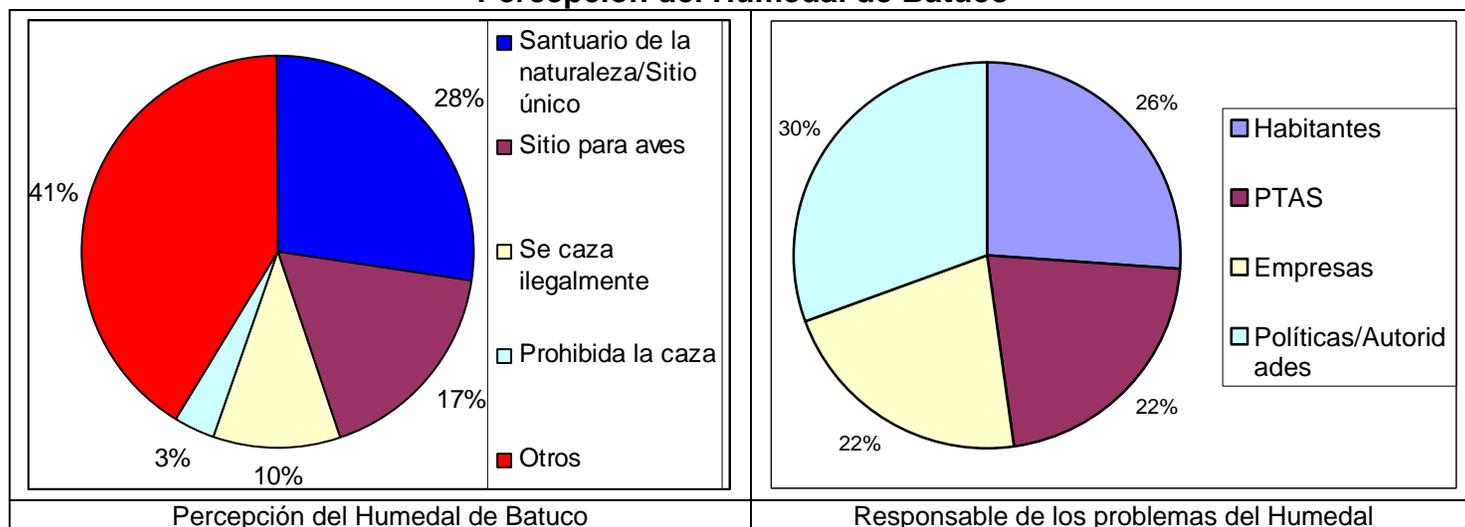
Fuente: Elaboración propia

### ii. Conocimiento del Humedal de Batuco

Del total de encuestados, el 69% manifiesta conocer el Humedal o saber de su existencia. El 31% restante no lo conoce o sólo lo ha oído nombrar. En su mayoría, es un sitio reconocido como único dentro de la Región Metropolitana, muy importante para aves residentes y migratorias, donde está prohibida la caza (manifiesto de la señalética instalada en el lugar). Asimismo, se le asocian otras particularidades, en especial como un lugar contaminado y muy intervenido.

Asimismo, las responsabilidades entorno a las problemáticas anteriores, se encuentran repartidas entre las empresas de la zona, las autoridades y los mismos habitantes. Es interesante destacar que, independiente de las posibles responsabilidades empresariales, se indica a la PTAS La Cadellada como la principal amenaza al Humedal. La Figura 6.6 grafica la percepción ciudadana en relación al Humedal de Batuco y sus problemas.

**Figura 6.6**  
**Percepción del Humedal de Batuco**



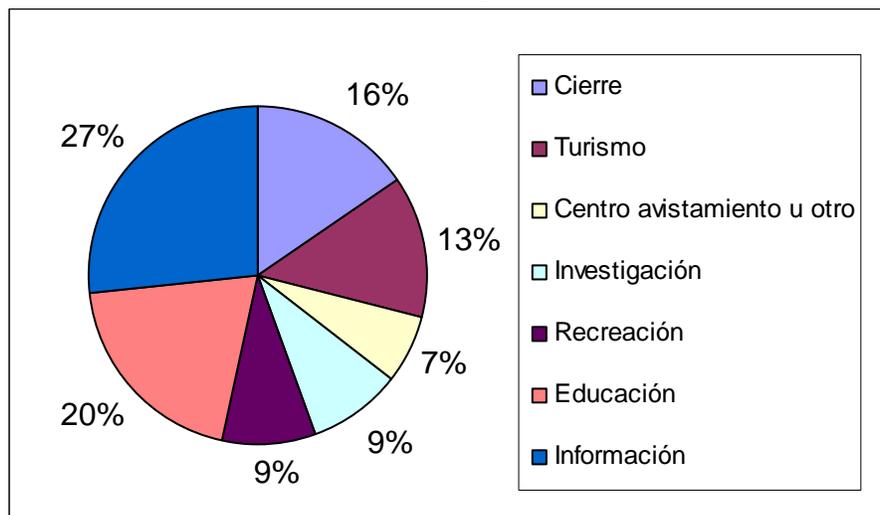
Fuente: Elaboración propia

### iii. Manejo futuro del Humedal

Respecto a las actividades de protección del humedal, se consultó a los encuestados por las que se ejecutan actualmente y por las futuras. De las actividades actuales, el 75% manifiesta saber que se llevan a cabo actividades relacionadas con el Humedal.

Respecto a actividades futuras, la mayoría de los encuestados considera importante la difusión de éstas, y la entrega de información respecto al Humedal. El segundo ítem más importante sería realizar educación ambiental, y en torno al sitio. La Figura 6.7 presenta el resumen de resultados para todas las alternativas.

**Figura 6.7**  
**Actividades para el manejo futuro del humedal**



Fuente: Elaboración propia

#### 6.4 Estado actual de la gestión Humedal de Batuco

Analizados los antecedentes anteriores, resaltan conclusiones preliminares respecto a la gestión actual de la Laguna de Batuco, las cuales servirán para realizar una propuesta para solucionar algunas de las deficiencias. Las principales falencias detectadas son:

- Si bien se detecta un “valor” en el Humedal de Batuco, éste no se encuentra muy bien definido.
- Desconocimiento de la comunidad respecto al Humedal de Batuco, lo que muestra falencias en educación ambiental y difusión.
- Pese a la carencia de información de línea base existente (sobre todo en recursos hídricos y amenazas al humedal), se han desarrollado varias estrategias de gestión de largo plazo, la mayoría con lento avance a la fecha.
- Falta de financiamiento.

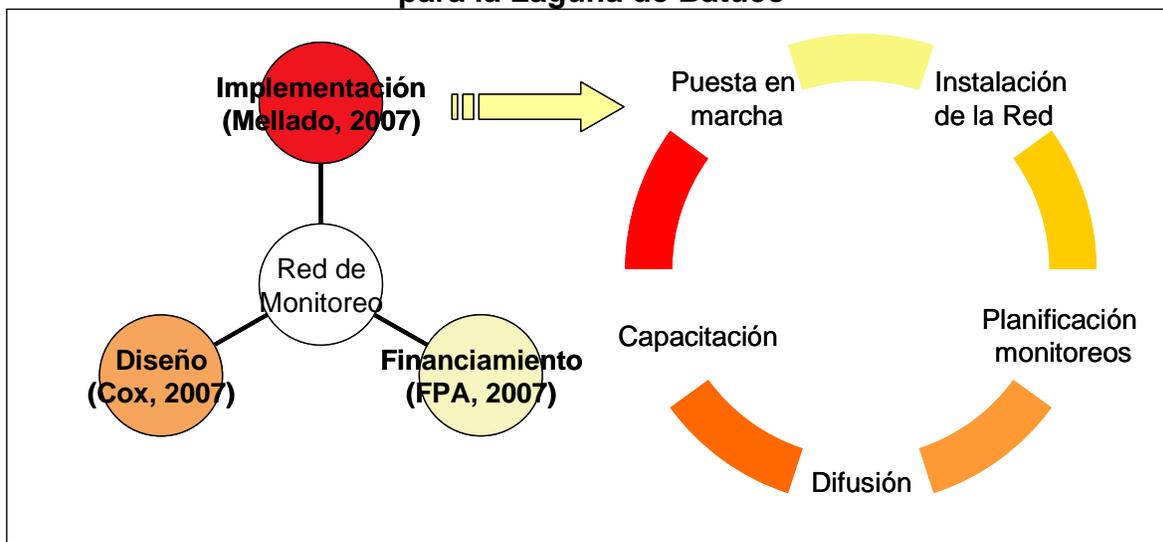
En cuanto a los aspectos positivos, lo más rescatable es el gran compromiso del municipio con la protección de este sitio, lo que ha permitido efectuar exitosas acciones locales. Pese a ello, falta trabajar en la difusión y educación a la comunidad.

## 6.5 Propuesta de Gestión del Humedal de Batuco

Desde el punto de vista de este estudio, el mayor aporte realizable a la gestión de la Laguna de Batuco, es la mejora de la línea base de información existente. De esta forma, el análisis de datos de calidad y cantidad de agua en la Laguna de Batuco, su entorno y otros antecedentes desarrollados en el Capítulo 5, permiten completar las deficiencias de información en estos ámbitos.

Sin embargo, como ya se ha analizado, se requiere que la gestión perdure en el tiempo, para lo cual la información debe ser continuamente actualizada. Por ello, la propuesta de gestión que se desarrollará a continuación, corresponde a la Implementación de la Red de Recursos Hídricos para la Laguna de Batuco, desarrollada por Cristóbal Cox en su memoria de título (Cox, 2007). Ello corresponde a un proceso gradual, desarrollado en etapas que van desde la instalación hasta su puesta en marcha, involucrando en ello a todos los actores mencionados en el Punto 6.2. Dicho proceso, se esquematiza en la Figura 6.8.

**Figura 6.8**  
**Implementación de la Red de Recursos Hídricos**  
**para la Laguna de Batuco**

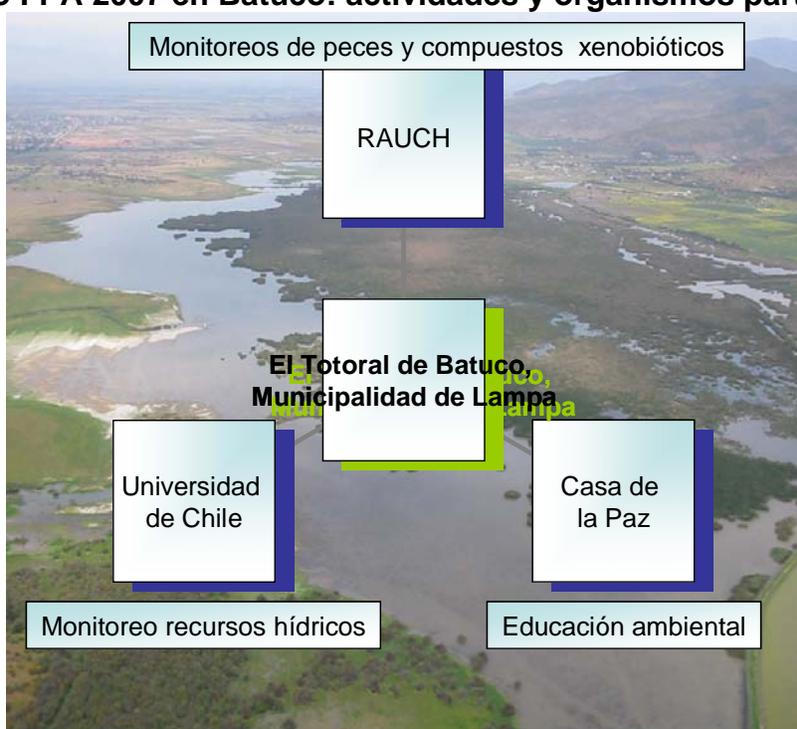


Fuente: Elaboración propia

### 6.5.1 Postulación al X Concurso Nacional, Fondo de Protección Ambiental (FPA) “Gestión para la Conservación Ambiental”, CONAMA.

Desde el mes de septiembre del 2006, comenzó la coordinación entre diversas organizaciones, para elaborar un proyecto en relación al Humedal Laguna de Batuco, que permitiese obtener fondos para mejorar su conocimiento y conservación. El proyecto presentado se titula “Tres importantes Iniciativas para la Conservación de la Biodiversidad del Sitio Prioritario Humedal de Batuco”, y contempla el desarrollo de estudios y educación ambiental, como se resume en la Figura 6.9. En esta figura, se muestran además los organismos ejecutores de cada actividad.

**Figura 6.9**  
**Proyecto FPA 2007 en Batuco: actividades y organismos participantes**



Fuente: Elaboración propia

En Anexo J.2, se describen brevemente las funciones de los organismos participantes del proyecto.

### **6.5.2 Descripción de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos**

Las Red de Monitoreo de Recursos Hídricos en la Laguna de Batuco, diseñada por Cox (2007) en su Memoria de Título, tiene por objetivo la “detección de impactos ambientales que puedan perturbar el ecosistema Laguna de Batuco en el corto y largo plazo.

Esta Red considera el seguimiento de la calidad y cantidad de los recursos hídricos relacionados con este cuerpo de agua. Los criterios utilizados para definir los lugares de muestreo, frecuencia y parámetros a medir, se basan en la evaluación de terreno realizada durante el año 2006, antecedentes bibliográficos y recursos económicos disponibles (FPA, 2007).

El diseño aborda los siguientes ejes temáticos:

- Monitoreo de actividades que pueden afectar a la Laguna de Batuco
- Monitoreo de la calidad de aguas superficiales y subterráneas
- Monitoreo del nivel de la Laguna
- Monitoreo de la extensión areal de la Laguna
- Monitoreo de afluentes y efluentes

En Anexo K.3.1, se presenta la ubicación de los distintos lugares de monitoreo, los parámetros a medir y su frecuencia. Un resumen de las actividades de monitoreo diseñadas, se presentan en la Tabla 6.3.

Además de este monitoreo ajustado a los recursos económicos disponibles, se define un monitoreo adicional, el cual debiera realizarse de contar con más recursos. Este monitoreo permitiría complementar la línea base de recursos hídricos aquí desarrollada, así como una posible modificación futura de la Red de Monitoreo propuesta.

Finalmente, se presentan límites para los parámetros monitoreados y acciones de respuesta frente a la superación de éstos, basados principalmente en bibliografía, debido a la ausencia de datos históricos.

**Tabla 6.3**  
**Actividades de monitoreo de recursos hídricos**

FRECUENCIA	PAISAJE Y ENTORNO <sup>(a)</sup>	MORFOLOGÍA, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA				CALIDAD DEL AGUA	
	Catastro de actividades	Cuerpo de agua	Escorrentía superficial	Aguas subterráneas	Meteorología	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Diaria					• Variables meteorológicas <sup>(b)</sup> medidas por la DMC en Colina y Polpaico <sup>(c)</sup> .		
Semanal		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensión areal en hitos numerados.</li> <li>• Profundidad en estación LC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudales en estaciones en afluentes y efluentes principales.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones en afluentes y efluentes principales y en LC.</li> <li>• Variables que mide la SISS en la PTAS La Cadellada <sup>(c)</sup>.</li> </ul>	
Cada 2 semanas			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de caudal en puntos E2, E3, y E4.</li> <li>• Existencia de caudal en puntos A3, A4, A5, A6 y E5 (sólo en meses de lluvias).</li> </ul>				
Mensual		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad en estaciones LNO, LN y LS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal efluente de la PTAS La Cadellada que mide la SISS <sup>(c)</sup>.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox en estaciones LNO, LN y LS.</li> <li>• Perfil de temperatura y Disco Secchi en estación LC.</li> </ul>	

<sup>(a)</sup> Las observaciones generales que aparecen en la parte 6.2.2 se realizarán cada vez que se haga un monitoreo.

<sup>(b)</sup> Precipitaciones, temperatura, evaporación, humedad, dirección y velocidad del viento.

<sup>(c)</sup> Conseguir.

Estaciones en la Laguna: LNO, LN, LC y LS. Estaciones en los afluentes y efluentes principales: A1, A2 y E1.

Fuente: Cox, 2007

**Tabla 6.3**  
**Actividades de monitoreo de recursos hídricos, continuación**

FRECUENCIA	PAISAJE Y ENTORNO <sup>(a)</sup>	MORFOLOGÍA, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA				CALIDAD DEL AGUA	
	Catastro de actividades	Cuerpo de agua	Escorrentía superficial	Aguas subterráneas	Meteorología	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Cada 2 meses (impares)				<ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles en pozos de la Red de la DGA <sup>(b)</sup>.</li> <li>Niveles en captaciones C1 a C5 y en todos los piezómetros.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura, pH, EC, OD y potencial redox en C1, C2, C3, C4 y C6 y en todos los piezómetros.</li> <li>Níquel y cromo en P1 y P2 <sup>(c)</sup>.</li> </ul>
4 veces al año (marzo, junio, septiembre y diciembre)						<ul style="list-style-type: none"> <li>Perfil de temperatura y Disco Secchi en estaciones LNO, LN y LS.</li> <li>Turbiedad, nutrientes (N Total, N Kjeldahl, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub> y P Total), DBO y DQO en todas las estaciones en la Laguna.</li> </ul>	
2 veces al año (marzo y septiembre)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Recorrido por las orillas.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Metales <sup>(d)</sup> y fósforo en sedimentos en todas las estaciones en la Laguna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cloruros en C2, C3 y C4.</li> <li>NO<sub>3</sub> en C6, P1 P3, P4 y P5.</li> </ul>
Anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualización Catastro de Actividades (marzo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recorrido por pretilas y totora (septiembre).</li> <li>Batimetría (septiembre).</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>Metales <sup>(e)</sup> en C2, C4 y C6 (marzo).</li> </ul>

<sup>(a)</sup> Las observaciones generales que aparecen en la parte 6.2.2 se realizarán cada vez que se haga un monitoreo.

<sup>(b)</sup> Conseguir.

<sup>(c)</sup> Muestras intercaladas. Es decir si en enero se muestrea níquel en P1 y cromo en P2 en marzo se muestreará cromo en P1 y níquel en P2, y así sucesivamente.

<sup>(d)</sup> Los mismos elementos traza medidos en el terreno de agosto.

<sup>(e)</sup> Los mismos elementos traza medidos en el terreno de abril a excepción del fósforo.

Estaciones en la Laguna: LNO, LN, LC y LS. Estaciones en los afluentes y efluentes principales: A1, A2 y E1.

NOTA: No se incluyen ni el muestreo bacteriológico cada dos meses ni el anual de la NCH 409 que se hacen en la captación C1 pues no se saben las fechas exactas en que se llevan a cabo.

Fuente: Cox, 2007

### 6.5.3 Instalación de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos

Las instalaciones necesarias para la Red de Monitoreo, fueron ejecutadas en tres etapas, las cuales se describen a continuación.

- Etapa 1: Instalación de Piezómetros para el Monitoreo de Aguas Subterráneas

Esta etapa se completó en un total de 5 días, donde se adquirieron los materiales necesarios, se inspeccionó la zona de perforación y se ejecutaron un total de 5 perforaciones, 3 de las cuales finalmente forman parte de la Red de Monitoreo. El resumen de actividades y algunas fotografías de la faena, se muestran en la Tabla 6.4 y Figura 6.10 respectivamente.

**Figura 6.10**  
**Instalación de piezómetros**



**Tabla 6.4**  
**Resumen actividades instalación de piezómetros**

Actividad	Descripción
1 Inspección de Terreno para instalación de Estaciones de Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de lugares con uso de GPS.</li> <li>• Prueba de los materiales en terreno</li> </ul>
2 Instalación de piezómetros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 de mayo, 2007: Reconocimiento de terreno</li> <li>• 10 de mayo, 2007: Inicio de perforaciones</li> <li>• 11 de mayo, 2007: Término de perforaciones</li> <li>• 14 de mayo, 2007: Instalación de piezómetros</li> </ul>

En Anexo K.4 se adjunta con mayor detalle, información relativa a las perforaciones (desarrollo de éstas, tipo de material encontrado, profundidad de la napa, etc.).

- Etapa 2: Instalación de Estaciones de Monitoreo e Hitos numerados en la Laguna de Batuco

Las estaciones de monitoreo corresponden a señalética de madera, que permite identificar los lugares donde se debe realizar el monitoreo de aguas superficiales en la Laguna (calidad y niveles).

Cada estaca de madera, con una identificación o letrero en su parte superior, que indica la sub-laguna a la cual hace referencia. En su parte inferior, cada estaca posee una pequeña base de madera, que indica dónde debe apoyarse la regleta que medirá niveles, en el monitoreo correspondiente. La Figura 6.11 presenta fotografías de algunas de estas estaciones.

**Figura 6.11**  
**Algunas estaciones de monitoreo en la Laguna de Batuco**



En cuanto a los hitos de monitoreo, éstos corresponden a pequeñas estacas de madera, con un número en su parte superior que la identifica (Figura 6.12). El hito Nº1, fue instalado a 50 m al este de la totora, sobre el borde este de la Laguna. Luego, los hitos siguientes, fueron instalados correlativamente, cada uno a 50 m del anterior, en dirección hacia el borde de la Laguna. Los últimos hitos instalados quedaron en una zona donde actualmente no hay agua, en la eventualidad de que sí pudiera haberla en algún momento.

Cabe señalar que estos hitos están enterrados bajo el nivel del agua, pues su utilidad es determinar cuáles de éstos quedan al descubierto por el agua, lo que constituye una medida de la extensión de la Laguna Central.

**Figura 6.12**  
**Hitos numerados en la Laguna Central**



En Anexo K.3.2 se adjunta con mayor detalle, información relativa a las ubicaciones definitivas de los hitos y estaciones.

#### 6.5.4 Planificación de monitoreos

En base a los lugares, frecuencia y parámetros a muestrear, definidos por Cox (2007) en su diseño, se realizó una planificación de estos monitoreos para 1 año calendario (mayo 2007 – abril 2008), a nivel diario (Figura 6.13).

El objetivo de planificar el monitoreo es generar materiales que sirvan al encargado del mismo, para visualizar anticipadamente el total de actividades a ejecutar en un día, los materiales necesarios para ello, los mapas de los lugares a recorrer y la ubicación geográfica de éstos.

Para planificar un monitoreo cualquiera, se procuró cumplir los siguientes puntos:

- Las actividades de un monitoreo cualquiera, deben ser ejecutables en una jornada de trabajo (9:00 a 18:00). Para ello se realizaron salidas a terreno, con el fin de verificar este punto.
- El orden de realización de las actividades, en un determinado día, debe ser tal que se minimice el tiempo de traslado, evitando recorrer un lugar más de una vez.

Por otro lado, ya que las actividades se realizan en forma periódica, es posible tipificar un día cualquiera de monitoreo, según las actividades a realizar. De esta forma, se definieron 9 tipos de monitoreo (A, B1, B2, B3, C1, C2, D, E, F), asociándoles los siguientes materiales de trabajo:

- Lista de materiales: contempla los materiales que deben llevarse a terreno ese día.
- Hoja de terreno: especifica los lugares a monitorear (ordenados para demorar menos tiempo), y los datos que deben ser medidos en cada lugar.

De esta forma, lo importante para un cierto día de monitoreo, es conocer la tipificación de éste (A, B1, B2, B3, C1, C2, D, E, F). Así, se accede directamente a las actividades de ese día, y a todo lo necesario para su ejecución.

El resultado de esta planificación, es una planilla Excel, la que se presenta en Anexo K.3.1. La Figura 6.13, muestra un ejemplo del uso de esta aplicación, para el 30 de julio del 2007.

**Figura 6.13**  
**Aplicación para planificación del monitoreo, 30 julio**

Paso 1: Identificar día del monitoreo y su categoría o tipificación

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																															
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	Lun	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																															
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	
99						x								x							x							x			
100		e																													
101							x																								
102							x																								
103																															
104																															
105																															
106																															
107																															
108																															
109																															
110																															

Paso 2: Seleccionar la hoja correspondiente a la categoría o tipificación en cuestión. Aparecerá el listado de materiales, y la hoja de ruta, que permite completar toda la información en terreno.

Materiales para actividad "C1" Categoría seleccionada	
↓	
<b>Listado de Materiales</b>	
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 \ <b>C1</b> \ C2 \ D \ E \ F \	

Figura 6.13

Aplicación para planificación del monitoreo, 30 julio. Continuación

IMPORTANTE: No olvide completar todos los campos de la Hoja			
<b>Día/Mes/Año</b>			
<b>Nombre Encargado</b>			
<b>Lugar C6</b>		<b>Lugar C5</b>	
<b>Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox</b>		<b>Medición de Niveles</b>	
Hora muestreo		Nivel agua (m)	
OD (mg/l)		Profundidad Total (m)	>1.00
T (°C)		h suelo-captación (m)	0.2
pH			
EC (mS/cm)			
P redox (mV)			
Observaciones			
<b>Lugar P3</b>		<b>Lugar P2</b>	
<b>Medición de Niveles</b>		<b>Medición de Niveles</b>	
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
<b>Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox</b>		<b>Temperatura, pH, CE, OD y potencial redox</b>	
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	

Finalmente, a modo de apoyo de cada actividad de monitoreo, se elaboró una “Guía de Monitoreo”, donde se presenta la ubicación de los lugares de monitoreo, el uso de cada herramienta de planificación ya explicada, así como todos los pasos necesarios para ejecutar cada actividad de monitoreo, incluyendo el muestreo y uso de equipos. Esta guía, que se presenta en el Anexo K.3.2, fue confeccionada mayormente en base a la Norma NCh N°411, relativa a muestreo.

### **6.5.5 Difusión del proyecto entre Organismos Gubernamentales**

El objetivo de esta actividad es dar a conocer a los organismos técnicos del gobierno, afines al tema en estudio, el diseño de la red de monitoreo y las metodologías de medición, de modo de dar validez a éstas y a los resultados que se obtendrían a futuro.

La difusión se realizó mediante tres presentaciones (marzo, abril y mayo), donde asistieron alternadamente representantes de CONAMA RM, DGA, SERNAGEOMIN y SSA. Cabe señalar que, por intermedio de CONAMA RM, fueron invitados todos los servicios públicos de competencia ambiental, sin contar con su asistencia (salvo los mencionados).

Se obtuvo una buena acogida del proyecto, sin objeciones ni al diseño o metodologías de muestreo a implementar.

### **6.5.6 Difusión del proyecto entre la comunidad**

Se realizó una presentación del proyecto en el Liceo de Batuco, donde estuvieron presentes los integrantes de la Unidad de Medio Ambiente de la I. Municipalidad de Lampa, concejales de la zona, integrantes de Cerámicas Santiago, del APR Santa Sara-Batuco, y habitantes del sector.

Además de la presentación de la Red, se discutieron temas referentes a responsabilidades en el monitoreo, financiamiento e institucionalización, para su continuidad en el tiempo.

### 6.5.7 Capacitación para el monitoreo de recursos hídricos

A través de esta actividad, se busca contar con personal calificado en el monitoreo de los recursos hídricos de la Laguna de Batuco. Para el cumplimiento de este objetivo, se diseñó una capacitación apta para cualquier tipo de persona, la que se impartió en una jornada. Los contenidos de esta capacitación se presentan en la Tabla 6.5. La presentación realizada para esta capacitación, se encuentran en Anexo K.2.

**Tabla 6.5**  
**Contenidos de la capacitación**

<b>Módulo Teórico (en sala)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Motivación: Importancia del agua</li><li>• Ecosistemas acuáticos</li><li>• Calidad y Cantidad de aguas en un ecosistema acuático</li><li>• ¿Cómo se estudia un cuerpo de agua?</li><li>• Monitoreo de humedales: caso Laguna de Batuco</li></ul>
<b>Módulo Teórico Práctico (en sala)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exposición de equipos y materiales para el monitoreo</li><li>• Uso de los equipos</li></ul>
<b>Módulo Práctico (en terreno)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoreo de la calidad de aguas de un afluente</li><li>• Monitoreo del caudal de un afluente</li></ul>

A los asistentes, se les proporcionó material útil para el desarrollo del monitoreo, se les instruyó sobre su uso, y se mostraron los equipos adquiridos con los fondos del proyecto FPA. Posteriormente en terreno, se midió la calidad del agua del afluente principal a la Laguna, con el equipo multiparámetro y con ayuda de los participantes (Figura 6.14).

**Figura 6.14**  
**Actividad de Capacitación**



Capacitación en Sala

Capacitación en Terreno

### 6.5.8 Puesta en marcha de la Red

La puesta en marcha de la Red tiene por objetivos:

- Verificar la correcta instalación de la señalética de monitoreo, y evaluar los tiempos de ejecución de las actividades.
- Ejecutar de forma gradual los primeros monitoreos calendarizados, de manera de identificar las dificultades en su ejecución.
- Traspasar la responsabilidad de los monitoreos a un organismo ya capacitado.
- Traspaso de materiales, contactos e información relevante para el monitoreo.

Esta puesta en marcha se realizó en 3 etapas (Tabla 6.6), cada una de las cuales incluyó un monitoreo de aguas superficiales y otro de aguas subterráneas.

**Tabla 6.6**  
**Resumen de actividades, puesta en marcha de la Red**

<b>Etapas - Fecha</b>	<b>Responsable</b>	<b>Colaboración</b>	<b>Objetivo</b>
1 – mayo 2006	Universidad de Chile (FPA 2007)	-	○ Control de tiempos y chequeo de señalética
2 – julio 2006	Universidad de Chile (FPA 2007)	Municipalidad de Lampa, comunidad de Batuco	○ Capacitación en terreno a futuros encargados
3 – sept. 2006	Municipalidad de Lampa	Universidad de Chile, comunidad de Batuco	○ Comienzo de monitoreo, nuevos encargados

El detalle de las actividades relacionadas con la puesta en marcha de la Red, se encuentran en Anexo K.4.

## **6.6 Responsabilidades y costos en el monitoreo**

Si bien en el corto plazo (2007-2008) se han definido responsabilidades preliminares, para la puesta en marcha de la Red, se necesita evaluar las reales opciones de continuidad de estos organismos en el tiempo.

En primer lugar, todos los participantes deben estar agrupados, bajo la dirección de un único ente, para la coordinación de las acciones, gestiones de presupuesto, etc. En el corto plazo (proyecto FPA), los organismos coordinadores son la Unidad de Medio Ambiente de la Municipalidad de Lampa y la Organización Comunitaria El Totoral de Batuco. En el largo plazo, los participantes deberían organizarse de forma definitiva, ya sea como una Organización Comunitaria independiente, con personalidad jurídica o como una fundación sin fines de lucro.

Según las actividades a desarrollar, las responsabilidades son:

- **Ejecución de los monitoreos**

Con las capacitaciones dirigidas a la Unidad de Medioambiente Municipal y a la comunidad, puede decirse que se cuenta con suficiente personal apto para llevar a cabo cada monitoreo. Éste estará a cargo en una etapa inicial de la Municipalidad, la cual debe preocuparse de la gestión con laboratorios, nuevas calendarizaciones de monitoreos, compra de insumos y ejecución de los monitoreos, etc., con el apoyo de vecinos que hayan sido capacitados.

En el largo plazo, la Municipalidad debiera asumir sólo un rol coordinador, delegando esta responsabilidad a un servicio externo contratado para ello, o a grupos comunitarios organizados.

- **Procesamiento de los datos**

Se recomienda que esta actividad sea realizada por la misma persona que realizó los monitoreos en terreno, en forma inmediatamente posterior a su ejecución. La planilla en formato Excel, estándar para el traspaso y almacenamiento de la información fue confeccionada y entregada a la Municipalidad como parte del material de monitoreo (Anexos K.3.3 y K.3.4).

- **Difusión e Interpretación de los datos**

Una vez puestos en formato digital, los datos deben ser rápidamente entregados al encargado de interpretarlos y de actuar en caso que se excedan los límites. Pese a las gestiones realizadas durante el 2007 con CONAMA RM, DGA, entre otros, no se consiguió un responsable para esta actividad en el corto plazo. Por ello, el encargado de procesar los datos, sólo puede actuar comparando los nuevos datos con la estadística anterior, y dar aviso a la autoridad pertinente en caso de superarse límites. Ésta, en el largo plazo, debiese ser la DGA.

- **Respuesta frente a parámetros fuera de límite**

Como ya se planteó, de acuerdo a su competencia en el tema de cantidad y calidad de aguas, la DGA resulta ser el organismo idóneo para la interpretación de datos y desarrollo de acciones de respuesta. Sin embargo, otros organismos como SAG, CONAF, SSA, SERNAGEOMIN o SISS, deben actuar en caso de existir efectos sobre la flora, fauna, población, suelos, etc., en el área de estudio.

- **Chequeo de la Red de Monitoreo**

Corresponde al chequeo de las instalaciones de la red, así como su diseño, en función de la estadística que se vaya generando. Ello puede ser realizado como parte del Plan de Vigilancia de la Comisión Técnica Municipal del Humedal, y contratando asesorías externas.

- **Costos y perspectivas de financiamiento**

En base a la puesta en marcha de la Red de Monitoreo, se ha podido estimar un presupuesto anual para ésta, que incorpora todo lo necesario para su desarrollo, incluyendo personal de monitoreo, personal para evaluación de la red en el futuro, etc. Un resumen de estos costos se presenta en la Tabla 6.7. Su detalle se encuentra en el Anexo L.

De acuerdo a las responsabilidades de monitoreo definidas en el Punto 6.6, existe una serie de costos que se pueden “reducir”, dado el capital humano y de insumos que pueden proporcionar estos entes. Considerando esto, el costo total anual de operación de la Red de Monitoreo asciende a \$3.600.000 (incluye IVA), de los cuales cerca de un 50% se puede reducir, atendiendo a la consideración expuesta.

En cuanto al financiamiento de estos costos, punto fundamental para la continuidad de la Red, se han evaluado distintas alternativas, de las cuales se destacan:

- **Re-postulación Fondo de Protección Ambiental**

Se elaboró un nuevo proyecto para el año 2008, el que considera la continuidad de la Red de Monitoreo para ese año. Si bien existen buenas posibilidades de contar con esos fondos, no se trata de una fuente que pueda perdurar en el largo plazo.

- **Otros fondos de Gobierno**

Si bien el FPA es el apoyo financiero más potente estipulado en la Ley 19,300, es posible la inyección de otros fondos estatales, considerando a la Red de Monitoreo como parte de los estudios necesarios para la ejecución del Plan de Acción Batuco.

- **Presupuesto Municipal**

Durante la presentación de la Red de Monitoreo a la comunidad, concejales de la comuna de Lampa comprometieron su apoyo a esta iniciativa. Plantearon además que se trata de un monto “gestionable”, para la realidad de la comuna.

- **Aportes de empresas**

Si bien es una alternativa que aun no se evalúa concretamente, se estima que el monto necesario para la Red se puede reunir desde donaciones de las principales empresas del sector, lo que contribuiría a mejorar potentemente la relación de éstas con la comunidad.

- **Donaciones de organismos externos**

Como por ejemplo fundaciones preocupadas del tema ambiental. Para concretar este punto, es de mucha importancia la difusión del proyecto, y el respaldo de un organismo de gobierno como CONAMA RM.

- **Cooperación con universidades e institutos**

Éstos podrían financiar parte de los análisis de laboratorio u otros elementos, en caso de interesarse en el desarrollo de proyectos de investigación en el Humedal de Batuco.

**Tabla 6.7**  
**Costos anuales Red de Monitoreo**

	<b>Ítem</b>	<b>Parámetro y cantidad anual</b>	<b>Costo</b>
<b>COSTO FIJO</b>	Análisis de Laboratorio HIDROLAB	Turbiedad, N total, Nk, N-NH3, N-NO3, P total, DBO5, DQO (16 c/u, a. sup.) Cloruros, NO3 (6 c/u, a. subte.)	\$667,706
	Análisis de Laboratorio SERNAGEOMIN	Metales y P en sedimento (8) Metales traza en agua (3, a.subte.) Níquel y Cromo (12, a.subte)	\$270,628
	Insumos Muestreo de aguas	Envases, agua destilada, preservante, jeringas, etc.	\$26,260
	Otros	Reposición de soluciones de calibración Reparación de equipos dañados	\$70,000
<b>COSTO REDUCIBLE</b>	Insumos de oficina		\$22,700
	Movilización y otros		\$576,000
	Mano de obra	Chofer, personal de muestreo, asesorías, prácticas profesionales	\$1,384,000
<b>COSTO TOTAL: \$3,590,580</b>			

**CAPÍTULO 7:**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Sobre las características de la Laguna de Batuco

La Laguna de Batuco, es un humedal terrestre, con aguas que van de dulces a salobres, de características anegadizas, debido a que se forma principalmente, por la baja permeabilidad de los suelos que lo sustentan.

La resiliencia de este ecosistema, le ha permitido adaptarse a gran cantidad de alteraciones que ha sufrido a lo largo de su historia, principalmente antrópicas. Un ejemplo de ello, es la gran densidad de vegetación que puede encontrarse en su interior (59 % de la superficie de la Laguna), la cual consta de dos especies predominantes de totora: *typha angustifolia* y *scirpus californicus*. Éstas se encuentran adaptadas al exceso de nutrientes, alta salinidad, y bajos niveles de agua de este humedal.

Uno de los principales atributos de la Laguna de Batuco como humedal son la absorción de nutrientes en exceso producto de las actividades de la cuenca. Sin embargo, la diversidad de especies que sustenta este ecosistema, proveen de un valor ecológico, científico y estético. Adicionalmente, con la red de monitoreo implementada y sumado a la cercanía de este cuerpo de agua con la capital, surge un atributo educacional muy interesante de desarrollar.

#### 7.1.1 Características físicas

La Laguna de Batuco es un cuerpo de agua de muy baja profundidad (40 cm promedio), con zonas de aguas corrientes y otras de aguas estancas. Su área total es de 2.8 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.66 km<sup>2</sup> están cubiertos por totora (59%), mientras que los 1.14 km<sup>2</sup> restantes (41%) corresponden a un espejo de agua descubierto.

La Laguna es un sistema discontinuo, ya que se encuentra acotado por pretilos de tierra. Éstos dan origen a 4 sub-lagunas denominadas Laguna Central (LC), Laguna Norte (LN), Laguna Noroeste (LNO) y Laguna Sur (LS). De éstas lagunas, LN y LNO no presentan conexión hidráulica superficial con las restantes lagunas. En el caso de LC y LS, éstas se conectan superficialmente mediante 3 zanjas observadas al oriente del pretil sur.

### **7.1.2 Flujos de agua**

Las bajas profundidades de la Laguna de Batuco, así como las condiciones climáticas de la zona donde se emplaza determinan que los flujos de agua de tipo ambiental (evaporación, evapotranspiración y lluvia), adquieran notoriedad en ciertos periodos del año e influyan la calidad de las aguas de la Laguna, por ejemplo, en su salinidad.

En el invierno, los mayores caudales de entrada a la Laguna son aportados por la precipitación y escorrentía sobre la cuenca (93% del total). En los meses restantes (8 meses en el caso del año 2006), el mayor aporte de aguas a la Laguna proviene de la descarga de la PTAS La Cadellada, llegando a presentar un máximo aporte del 78% del afluente total.

La falta de información detallada y continua sobre las características de la Laguna de Batuco, es la principal limitante para obtener un balance hídrico de mejores resultados. Al respecto, los datos generados por la Red de Monitoreo, respecto a las profundidades del nivel de agua, aforo de caudales afluentes y efluentes y extensión de la Laguna, conducirían a mejorar dicho balance.

### **7.1.3 Calidad de aguas**

Desde el punto de vista de la calidad de sus aguas, la Laguna de Batuco es un sistema aerobio, de aguas básicas y de salinidad baja a media, cuya temperatura está muy ligada a la temperatura ambiente. La columna de agua no presenta estratificación para los parámetros temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica.

La excesiva carga de nutrientes afluentes, respecto al común de los humedales naturales, determinan que la Laguna de Batuco sea un sistema hipertrófico. Sin embargo, y pese a la alta carga de nutrientes que recibe, el humedal estaría cumpliendo un rol depurador de nutrientes, en particular de nitrógeno y fósforo total. Se requiere de muestreos sistemáticos (a escala mensual) y con análisis de las distintas especies de nutrientes, para evaluar de mejor forma, el funcionamiento del Humedal de Batuco como tal.

Las bajas profundidades del espejo de agua en la Laguna, así como los resultados de turbiedad y transparencia (Disco Secchi), indican que la luz logra penetrar hasta el fondo (sedimentos) de este cuerpo de agua, a excepción de la Laguna Noroeste.

Los análisis de metales traza y fósforo en aguas y sedimentos de la Laguna, muestran el efecto acumulativo de estos últimos para estos materiales, y por ende, su efecto depurativo de la calidad de las aguas. Sin embargo, se desconoce la capacidad remanente de almacenamiento de los sedimentos respecto a estas sustancias, y de removilización de los mismos, lo cual impide prever la continuidad de esta función en el tiempo.

Al cotejar las características del humedal de Batuco respecto a normativas de calidad aplicables en otros países, se constata que este cuerpo de agua no cumple con los límites allí planteados. Ello pone de manifiesto que, en casos particulares como los de este sitio, la elaboración de normativas de calidad generales, puede constituir una mala inversión de recursos. Por ello, la continuidad de la red de monitoreo de recursos hídricos en el tiempo, puede proveer de la información estadística necesaria, como para elaborar a futuro una normativa preliminar de calidad, asociable a humedales nacionales con intervención antrópica, similares al caso estudiado. Ello queda supeditado a las prioridades de la autoridad competente en estas materias.

Respecto a las aguas subterráneas de la cuenca, su calidad se asemeja a la de la Laguna de Batuco, en los parámetros pH y CE. Se recomienda un estudio abocado a la calidad y naturaleza de las aguas subterráneas. Este estudio deberá abarcar una zona mayor a la abordada en este trabajo, de modo de determinar posibles flujos de calidad diversa, que pudiesen afectar a la Laguna de Batuco. En particular, es interesante abordar el tema de los tranques de relave de la minería del cobre que se encuentran en los alrededores de la zona de estudio. Asimismo, se recomienda la determinación más específica, mediante pruebas de terreno, de una posible conexión de la Laguna con las aguas subterráneas de la zona.

## **7.2 Sobre gestión nacional de humedales**

La gestión ambiental de humedales es un proceso de largo plazo, donde se debe avanzar conjuntamente en ámbitos legislativos, científicos, educación ambiental, entre otros. En el caso de Chile, este avance conjunto no ha ocurrido de la forma esperada, presentando una fuerte discordancia entre los aspectos señalados.

Al adherir a la Convención Ramsar en 1981, Chile se compromete a cumplir con una serie de obligaciones, que requieren de una planificación ambiental acorde a ellos. Sin embargo, recién en la década de los 90, el país comienza a suplir sus deficiencias en materias de legislación ambiental.

Respecto a los humedales, sólo en 1997 se conforma el primer Taller Nacional para la Conservación de Humedales, detectando entre las principales falencias, la falta de conocimiento de estos ecosistemas, la falta de equipos multidisciplinarios que participen en su investigación.

El estado actual de la gestión de humedales tiene como principal avance la creación de una Estrategia Nacional de Humedales, la cual aun presenta muchas falencias, sobre todo por plantear una serie de metas, sin plazos establecidos. Sin embargo aun falta una gran cantidad de instrumentos que permitan una correcta gestión de estos cuerpos de agua, como son la falta de normativas específicas que los protejan, la falta de investigación científica y deficiencias en educación ambiental.

En cuanto a la institucionalidad involucrada en la gestión de humedales, existen organismos específicos tales como la comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección General de Aguas, entre otras, que deberían tener un rol más protagónico. Además, se aprecia la falta de un organismo central, que en este caso debiese ser el Comité Nacional de Humedales, que defina y coordine las acciones que tendrían que ejecutar estos organismos.

Tal como se desprende de lo anterior, la gestión nacional de humedales aun no se encuentra dentro de las prioridades del país. Sin embargo, para evitar que la inversión de recursos que actualmente se realiza sea desperdiciada, resulta de mucha utilidad el aprender de las experiencias de otros países, de tal forma de no repetir los mismos fallos, y agilizar el cumplimiento de las metas planteadas. Al respecto:

- En la mayoría de los casos, las medidas implementadas para el manejo de humedales, surgen como una reacción tardía frente a la intervención antrópica que sufren estos cuerpos de agua.
- Estas medidas, tienen un origen mayormente político, desconociendo la situación inicial del cuerpo de agua. Por ende, no se tiene un objetivo a cumplir (por ejemplo, restauración de los valores ecosistémicos).
- La implementación exitosa de los planes de manejo de humedales, así como su permanencia en el tiempo, están fuertemente ligadas al clima político imperante, y a la voluntad de las autoridades, respecto a temas medioambientales. Por ende, es estrictamente necesaria la existencia de un marco legal específico en relación a los humedales, que se sobreponga a las dificultades mencionadas.

### **7.3 Sobre la gestión de la Laguna de Batuco**

La falta de conocimiento de las características de la Laguna de Batuco, tanto por parte de las autoridades como por la población, ha producido reacciones poco eficientes frente a problemáticas que han afectado a este cuerpo de agua.

Como consecuencia de lo anterior, frente a los eventos de contaminación que han afectado a la Laguna de Batuco, se ha generado alarma en la población, y una reacción rápida pero ineficiente de la autoridad. En este sentido, si bien se han propuesto medidas de mediano y largo plazo para el estudio y protección de la Laguna de Batuco, éstas resultan poco factibles en los plazos establecidos, por la gran cantidad de actores involucrados, la falta de coordinación entre éstos, y el alto costo de la ejecución de las medidas.

A modo de ejemplo, la adopción de medidas como la declaración de sitio lacustre a la Laguna de Batuco, es un claro ejemplo de la descoordinación entre ámbitos normativos y de conocimiento de los humedales.

#### **7.3.1 Investigación**

Si bien a nivel de organismos públicos se han realizado intentos por conocer la situación actual de la Laguna de Batuco (Aguirre, 2005; UNARTE, 2007), no se visualiza una integración de los conocimientos generados, en pro de una estrategia de conservación o manejo del Humedal de Batuco.

De hecho, otros estudios realizados como trabajos de investigación particulares (Del Campo, 2000; RAUCH, 2005; Cox, 2007; y este estudio), se han conocido a nivel de gestión local (municipalidad, comunidad), y no han contado con apoyo concreto de los servicios públicos.

Se recomienda a partir de esta recopilación, aunar los antecedentes evaluados en estos estudios, y considerarlos como un punto base para futuros estudios. De esta forma, se podrá evaluar qué puntos relativos al humedal presentan carencia de información, y continuar los estudios, de ser pertinente.

Asimismo, se recomienda que las coordinaciones entre organismos gubernamentales, municipales, comunales y universidades, sean parte de las prioridades en la gestión de humedales, en particular en el caso del Humedal de Batuco. Iniciativas que dieron origen al proyecto del Fondo de Protección Ambiental 2007 en el humedal Laguna de Batuco, son un ejemplo de los frutos que se pueden obtener, a un costo relativamente bajo.

### **7.3.2 Sobre la Implementación de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos**

Una de las situaciones que dificulta la conservación de los humedales es la necesidad de contar con información técnica y científica permanente y actualizada, disponible tanto para los investigadores, como para planificadores y tomadores de decisión (CEA, 2007).

La Red de Monitoreo de Recursos Hídricos implementada en la Laguna de Batuco, es un mecanismo que permite el control de estos recursos, para así detectar posible impactos negativos, y tomar las medidas necesarias para revertirlos en el corto plazo.

El éxito de este objetivo se encuentra supeditado al apoyo constante entre los servicios públicos, autoridades locales y comunidad. En la actualidad, la puesta en marcha de esta red estableció responsabilidades que recaen mayormente en los dos últimos organismos mencionados. Se requiere entonces, un mayor protagonismo de los servicios públicos, asegurándose del correcto funcionamiento de la Red, de la calidad de sus resultados y de actuar frente a situaciones de emergencia en la Laguna.

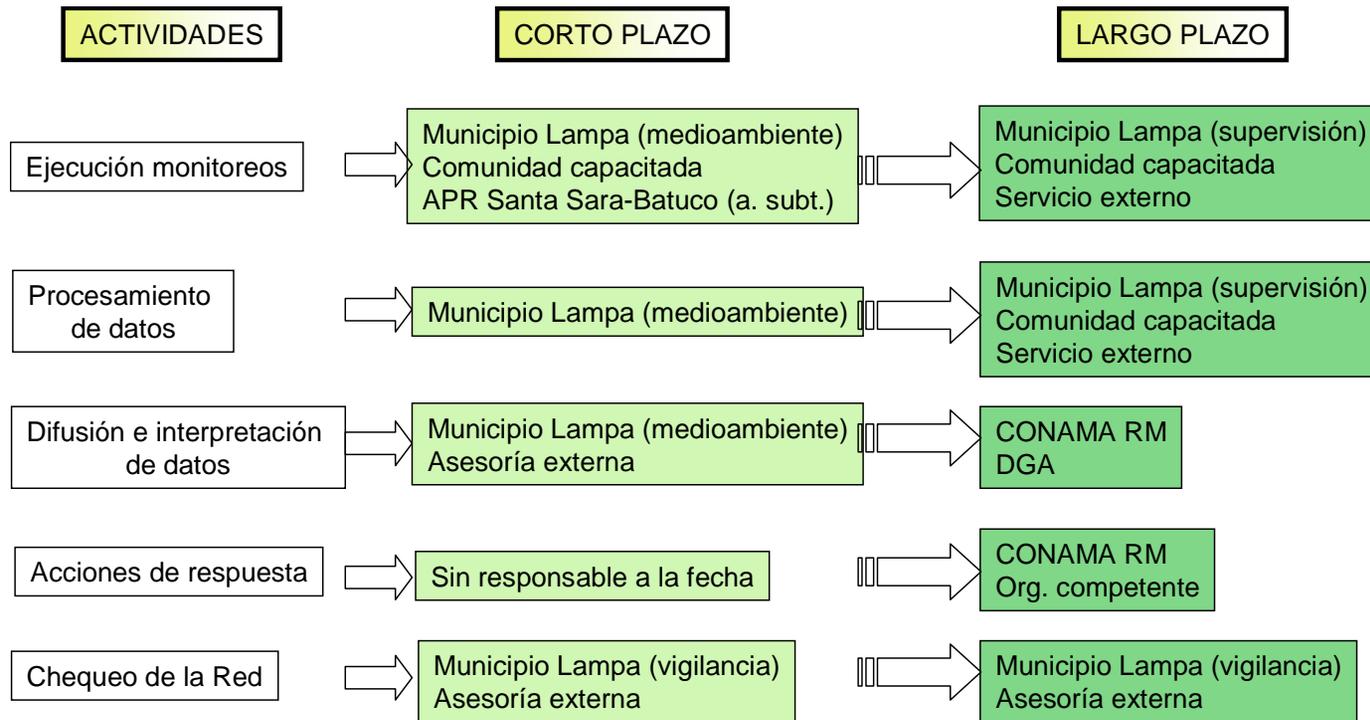
Si bien durante el desarrollo de esta tesis, se realizaron varios esfuerzos por lograr este objetivo, no se pudieron establecer estas responsabilidades. Por ende, se trata de un proceso de largo plazo que deberá impulsar CONAMA RM, junto con el Municipio de Lampa.

### **7.3.3 Lineamientos para la gestión futura**

La continuidad de la Red de Monitoreo, depende fundamentalmente de sus fuentes de financiamiento, y de las responsabilidades que sobre ésta se desarrollen. En cuanto al primer punto, la formación de una organización comunitaria con apoyo municipal, sin fines de lucro, con financiamiento proveniente de donaciones y fondos concursables, resulta una buena alternativa para dar permanencia a la Red.

Respecto a las responsabilidades en la Red, se requiere un mayor protagonismo de los servicios públicos en el largo plazo. La Figura 7.1 resume las responsabilidades que debiera tener cada organismo en el futuro.

**Figura 7.1**  
**Responsables Red de Monitoreo**



Fuente: Elaboración propia

## REFERENCIAS

**ABTEW, W., OBEYSEKERA, J.** 1995. Lysimeter study of evapotranspiration of cattails and comparison of three estimation methods. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, ETATS-UNIS. Vol. 38, n°1, pp. 121-129.

**ACOSTA, F., BALDERRAMA, C., KIERSCH, B.** 2006. Plan de Manejo Integral, Laguna Alalay. Dirección de Gestión Ambiental, Honorable Municipalidad de Cochabamba, Bolivia.

**AGUIRRE, I.** 2005. Antecedentes medio ambientales relativos al Humedal de Batuco. Departamento de Geología Aplicada, SERNAGEOMIN.

**ÁLAMOS, F.** 1986. Saneamiento y drenaje del sector Lampa, Colina y Batuco. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

**ASOYOTOCO.** 2007. Plan de manejo ambiental integral Humedal Laguna de Sonso, Municipio de Guadalajara de Buga. Asociación de usuarios para la protección y mejoramiento de las cuencas Hidrográficas de los ríos Yotoco y Mediacanoa (Asoyotoco).

**BIOSÍNTESIS.** 1998. Conservación de humedales en Colombia: Bases científicas y técnicas para una política nacional de humedales. Instituto de investigación de recursos naturales Alexander Von Humboldt. Boletín N° 9, nov. 1998. ISSN 0123-7896.

**CASTILLO, G.** 2003. Apuntes curso Calidad del Agua, parte Microbiología (CI511). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

**CASTILLO URRUTIA, O., FALCON MORENO, E., VALENZUELA MUÑOZ, M.** 1970. Hidrogeología de la cuenca de Santiago Instituto de Investigaciones Geológicas Sección Hidrogeología Corporación de Fomento de la Producción, Departamento de Recursos Hidráulicos.

**CEA.** 1997. Taller Bases para la Conservación de humedales en Chile. Centro de Estudios Agrarios (CEA). CEA Ediciones.

**CED.** 2000. Gestión Municipal: Políticas, Planes y Programas Ambientales: Experiencias en los Municipios de Alhué, El Bosque y Lampa. Centro de Estudios para el Desarrollo (CED).

**CNR.** 1997. Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración en Chile. Comisión Nacional de Riego. Departamento Fomento de Obras Menores.

**CONAF, SAG.** 2005. Auditoria ambiental Humedal Laguna Batuco. Informe N° 144/2005 Contraloría General de la República.

**CONAF.** 2006. Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal de Río Cruces. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura.

**CONAMA.** 2006. Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Maipo. Resolución Exenta N° 0261.

**CONAMA.** 2005. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile.

**CONAMA.** 200x. Guía CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales, Superficiales y Marinas.

**CONTRERAS, M.** 2006. Guía de Evaluación Ambiental de Humedales. Versión Borrador.

**COREMA RMS.** 2005. Plan de acción Humedal Batuco 2005-2010. Para la implementación de la estrategia para la conservación de la biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago.

**CORNEJO, J., ESPINOZA, C., MUÑOZ, R., RODRÍGUEZ, D.** 2004. Apuntes del curso Ingeniería Ambiental. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil.

**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.

**DEL CAMPO, P.** 2000. Antecedentes Florísticos y Vegetacionales del Humedal "Laguna de Batuco". Monografía para optar al grado académico de Licenciado en Ciencias y Artes Ambientales, Universidad Central de Chile.

**DGA-AC.** 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional de la cuenca de los ríos Maipo y Mapocho. S.I.T. 62. Realizado por Ayala, Cabrera y Asociados LTDA.

**DGA.** 2004. Determinación de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca del río Maipo hasta la confluencia con el estero Puangue. Dirección General de Aguas, Departamento de Administración de Recursos Hídricos.

**DGA.** 1988. Balance hídrico de Chile.

**DOH.** 2002. Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la Provincia de Chacabuco. RM. Realizado por CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería.

**ENAP.** 2000. Revisión y evaluación de los recursos de agua subterránea en la Región Metropolitana. Catastro de pozos de bombeo. Vulnerabilidad del sistema acuífero por impacto de aditivo MTBE. Empresa Nacional de Petróleo ENAP S.A.

**EPA.** 2005. Current National Recommended Water Quality Criteria. United States Environmental Protection Agency.

**EPA.** 2004-1. Wetlands overview. United States Environmental Protection Agency.

**EPA.** 2004-2. Constructed treatment wetlands. United States Environmental Protection Agency.

**EPA.** 2000. National Guidance Water Quality Standards for Wetlands. United States Environmental Protection Agency.

**EPA.** 1996. Protecting natural wetlands. A guide to stormwater best management practices. United States Environmental Protection Agency.

**ESPINOZA, C.** 2005. Apuntes curso de Aguas Subterráneas y su Aprovechamiento, CI51J. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

**FAO.** 2006. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

**FERRANDO, F.** 1999. Diagnóstico del Sector Medio Ambiental. Contexto Físico y Riesgos. Comuna de Lampa. Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

**GEMES, M., HELGEN, J.** 2002. Indexes of biological integrity (IBI) for large depressional wetlands in Minnesota. Minnesota Pollution Control Agency.

**GLENN, E., THOMPSON T.L, FRYE, R., RILEY, J., BAUMGARTNER, D.** 1995. Effects of salinity on growth and evapotranspiration of *Typha domingensis* Pers. Aquatic Botany, vol. 52, N° 1, pp. 75-91(17). Elsevier.

**GONZÁLEZ, R.** 1999. Modelación hidrogeológica de los acuíferos del valle del río Maipo en el Gran Santiago y sus alrededores. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

**GOULDEN, M, LITVAK, M., MILLER, S.** 2006. Factors that control *Typha* marsh evapotranspiration. Department of Earth System Science, University of California.

**INN.** 2005. Norma Chilena Oficial 409. Agua potable. Parte 1, Requisitos. Instituto Nacional de Normalización.

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

**INN.** 1978. Norma Chilena Oficial 1.333. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Instituto Nacional de Normalización.

**LAMPA.** 2006-1. Informe de evaluación anual. Comisión Técnica Municipal Humedal de Batuco. Ilustre Municipalidad de Lampa.

**LAMPA.** 2006-2. Plan de Vigilancia y Contingencia Laguna de Batuco. Comisión Técnica Municipal Humedal de Batuco. Ilustre Municipalidad de Lampa.

**LAMPA.** 2005. Compendio: Acciones locales para la conservación de la Laguna de Batuco y lineamientos estratégicos generales para su conservación. Comisión Técnica Municipal Humedal de Batuco. Ilustre Municipalidad de Lampa.

**MARTÍNEZ, G.** 2007. Asociación Funcional Intersistémica mediada por un Ecosistema Transformador de Materiales. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias con Mención en Ecología y Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

**MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.** 2002. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. República de Chile.

**MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.** 2002. D.S. N° 46: Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. República de Chile.

**MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.** 2000. D.S. N° 90: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. República de Chile

**MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.** 1994. Ley 19,300: Ley Bases Generales del Medio Ambiente. República de Chile.

**MITSCH, W., GOSSELINK, J.** 2000. Wetlands. John Wiley & Sons, Inc. Tercera Edición.

**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.

**MUSALEM, M.** 2002. Bases para el manejo de humedales del sistema Carén. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

**OTA.** 1984. Wetlands: Their Use and Regulation. Washington, D.C.: U.S. Congress, Office of Technology Assessment, OTA-O-206.

**OTAS.** 2001. Programa de Ordenamiento Territorial. Base cartográfica de información ambiental en formato SIG. Proporcionada por CONAMA RM.

**PRICE, J.S.** 1994. Evapotranspiration from a lakeshore Typha marsh on Lake Ontario . Aquatic Botany [AQUAT. BOT.]. Vol. 48, no. 3-4, pp. 261-272.

**RAMÍREZ, C., SAN MARTÍN, C., RUBILAR, H.** 2001, 2002. Una Propuesta para la Clasificación de los Humedales Chilenos. Revista Geográfica de Valparaíso, N° 32-33 / 2001-2002. ISSN 0716 – 1905.

**RAMSAR.** 2004. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 3era edición, Gland, Suiza.

**RAMSAR.** 2002. Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales. 8va. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Resolución VIII.14. Valencia, España.

**RAUCH.** 2005. Establecimiento de un método para el monitoreo de la calidad del Humedal de Batuco. Primera Etapa: Línea Base. Red Ambiental Universidad de Chile.

**REPÚBLICA DE CHILE.** 1981. Código de Aguas. Decreto con Fuerza de Ley 1.122.

**RYDING, S.G., RAST, W.** 1989. The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. UNESCO (París) y The Parthenon Publishing Group.

**SANCHA, A.M.** 2004. Apuntes curso Comportamiento de Contaminantes en Medios Acuáticos (CI76A). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

**SANCHA, A.M.** 2003. Apuntes curso Calidad del Agua, parte Físico-Química (CI51I). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

**PRMS.** 2005. Ordenanza Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura. Secretaria Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo. Región Metropolitana de Santiago.

**SOTOMAYOR MARDONES, R.** 1964. Estudio y prospección geofísica de aguas subterráneas en la cuenca de Batuco. Memoria de Título. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

**TABILO, L.** 200x. El régimen de propiedad en los humedales en Chile.

**TREPEL, M., PALMERI, L.** 2002. Quantifying nitrogen retention in surface flow wetlands for environmental planning at the landscape-scale. Publicado por Elsevier, Ecological Engineering 19 (2002), 127-140.

**UNARTE.** 2006. Consultoría para establecer una línea base y zonificación para la conservación de la biodiversidad en el sitio prioritario N°6, Humedal Batuco, de la Región Metropolitana de Santiago. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

**VALENZUELA, G.** 1978. Suelo de fundación del Gran Santiago. Boletín N° 33. Instituto de Investigaciones Geológicas.

**VARELA, J.** 1993. Carta Geológica Sector Provincia de Chacabuco. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile.

**VEN TE CHOW.** 1999. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill.

**WETZEL, R.** 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Capítulo 20: Shallow lakes and ponds. Tercera Edición, Academy Press.

**WOSSENU, A.** 1996. Evapotranspiration measurements and modeling for three wetland systems in South Florida. Paper No. 95078 del Water Resources Bulletin.

# **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES**

## A.1 Tipos de Humedales

### A.1.1 Clasificación del U.S. Fish and Wildlife Service (FWS)

**Tabla A.1**  
**Clasificación del U.S. FWS, Circular 39**

Nº	Tipo de Humedal	Características
<b>Terrestre / Agua Dulce</b>		
1	Cuencas o planicies estacionalmente inundadas / Seasonally flooded basins or flats	Suelo cubierto de agua o saturado durante periodos variables, pero con buen drenaje durante la época de crecimiento vegetativo; en terrenos altos o bajos.
2	Pastizales de agua dulce / Fresh meadows	Sin agua permanente durante la época de crecimiento vegetativo; saturado con unos pocos centímetros de agua sobre la superficie.
3	Pantanos de aguas someras y dulces / Shallow fresh marshes	Con suelos saturados en la época de crecimiento vegetativo; usualmente cubierto con 15 cm o más de agua.
4	Pantanos de aguas profundas y dulces / Deep fresh marshes	Suelo cubierto con agua de entre 15 cm a 1 m.
5	Sistemas de aguas abiertas y dulces / Open fresh water	Nivel de agua menor a 2 m de profundidad.
6	Pantanos con arbustos / Shrub swamps	Suelo saturado, usualmente cubierto con 15 cm o más de agua
7	Pantanos boscosos / Wooded swamps	Suelo saturado, usualmente cubierto con 30 cm o más de agua; a lo largo de cursos de agua estancos, planicies altas y fosas de lagos someros.
8	Pantanos / Bogs	Suelo saturado, con cubiertas de musgos.
<b>Terrestre / Aguas Salinas</b>		
9	Planicies salinas / Saline flats	Inundados luego de periodos de alta precipitación; saturados con unos pocos centímetros de agua durante la época de crecimiento vegetativo.
10	Pantanos salinos / Saline marshes	Suelo saturado durante la época de crecimiento vegetativo, usualmente cubierto entre 0.7 a 1 m de agua; en fosas de lagos someros.
11	Aguas abiertas salinas / Open saline water	Áreas con agua permanente, somera y salina; profundidad variable.
<b>Costeros / Aguas Dulces</b>		
12	Pantanos de aguas someras y dulces / Shallow fresh marshes	Suelo saturado durante la época de crecimiento vegetativo, con mareas altas alcanza máximo 15 cm de agua; en pantanos profundos a lo largo de ríos con influencia de marea, deltas y bahías extensas.
13	Pantanos de aguas profundas y dulces / Deep fresh marshes	Con mareas altas están cubiertos de entre 15 cm a 1 m de agua; a lo largo de ríos con influencia de marea.
14	Sistemas de aguas abiertas y dulces / Open fresh water	Sistemas someros de aguas abiertas y dulces a lo largo de ríos con influencia de la marea y bahías extensas

**Tabla A.1**  
**Continuación**

Nº	Tipo de Humedal	Características
<b>Costeros / Aguas Salinas</b>		
15	Planicies salinas / Slat flats	Suelos saturados durante la época de crecimiento vegetativo; sitios de ocasional a bastante cubiertos por mareas altas.
16	Pastizales salinos / Salt meadows	Suelos saturados durante la época de crecimiento vegetativo; sitios raramente cubiertos por mareas altas; pantanos salinos o en zonas bajas.
17	Pantanos salinos, inundados irregularmente / Irregularly flooded salt marshes	Cubiertos por mareas suaves a intervalos irregulares, durante la época de crecimiento vegetativo. A lo largo de costas en bahías cerradas.
18	Pantanos salinos, inundados regularmente / Regularly flooded salt marshes	Cubiertos en promedio por 15 cm o más de aguas producto de mareas altas; en mar abierto o a lo largo de bahías.
19	Bahías someras y profundas/ Sounds and bays	Porciones de bahías salinas, lo suficientemente someras como para ser cubiertas por diques y rellenadas.
20	Pantanos manglares / Mangrove swamps	Suelo cubierto con entre 15 cm a 1 m producto de mareas altas.

Modificado de Shaw y Fredine (1956)

**Figura A.1**  
**Algunos humedales según clasificación del U.S. FWS**



**Tipo 7**



**Tipo 8**



**Tipo 12**



**Tipo 18**

## **A.2 Definiciones generales para distintos tipos de humedales. OTA, 1984.**

### 1. Pantanos interiores de agua dulce:

Ocurren en cualquier latitud, aunque son poco comunes en altitudes muy elevadas. La profundidad de sus aguas normalmente oscila entre los 15 a 90 cm. Su vegetación característica incluye plantas de tallo suave, pastos, etc. (especies: water lilies, cattails, reeds, arrowheads, pickerel weed, smartweed, wild rice).

### 2. Pantanos interiores salinos:

Ocurren principalmente en cuencas lacustres poco profundas. Usualmente están saturados, pudiendo alcanzar 90 cm. de nivel de agua en épocas de crecidas. La vegetación es principalmente alcali (básica).

### 3. Pantanos (Bogs):

Ocurren principalmente en cuencas lacustres poco profundas, en planicies y a través de escurrimientos lentos. El suelo, formado por depósitos orgánicos (peat), normalmente está saturado y cubierto por musgo.

### 4. Tundra:

Corresponden a zonas de pastos árticas, dominadas por líquenes, musgo, plantas arbóreas, entre otras. Se caracterizan por tener una capa de suelo profunda que permanece congelada durante todo el año.

### 5. Pantanos con arbustos (Shrub Swamp)

Este tipo de humedales se da principalmente sobre cursos de agua inactivos, o sobre llanuras de inundación. El suelo de estos lugares suele estar saturado, por lo que es común encontrar una altura de agua mayor a 15 cm.

### 6. Pantanos boscosos (Wooded Swamp)

En este tipo de hábitats el suelo se encuentra levemente saturado, pudiendo alcanzar alturas de agua de entre 3 a 6 cm.

### 7. Tierras bajas y hábitats Riparianos

Se trata de áreas adyacentes a ríos y cursos de agua. Cuando se trata de tierras bajas ubicadas a la orilla del río, éstas suelen estar permanentemente saturadas o inundadas durante la época de crecidas. Por el contrario, en el caso de tierras altas, pueden producirse inundaciones temporales, de 1 a 10 años, durante 100 años.

8. Pantanos costeros salinos

Este tipo de humedales se inunda temporalmente, dependiendo de la condición de la marea (alta o baja). Por las condiciones de salinidad, este tipo de hábitat suele tener una baja diversidad de especies, las cuales deben ser capaces de tolerar este medio.

9. Manglares

Este término denota a las especies de árboles que son capaces de tolerar condiciones de salinidad intermareales.

10. Pantanos de agua dulce y mareales

Este tipo de humedales son comunes en estuarios.

## A.3 Funciones de los Humedales

### A.3.1 Funciones Atmosféricas y Climáticas

La interacción entre un humedal y la atmósfera puede ser variada. Algunos investigadores sugieren que los humedales de gran extensión superficial, contribuyen a la regulación de la temperatura atmosférica local en el verano y previenen las bajas temperaturas extremas de invierno. Esta situación es similar a la que ocurre con un lago, claro que a menor escala.

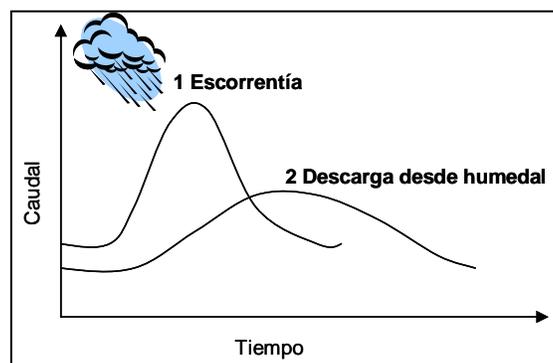
Además, son una fuente permanente de agua para la atmósfera, sobre todo a través de la evapotranspiración. Además, la descomposición de materia orgánica por parte de los microorganismos contribuye a la emisión de algunos gases a la atmósfera.

Una función especial es la que desarrollan los humedales costeros, sobre todo en regiones donde ocurren huracanes. En estas zonas, los humedales actúan como buffers, que absorben el primer impacto de las tormentas que se aproximan a tierra, atenuando el efecto que pudiesen tener sobre zonas pobladas.

### A.3.2 Control de crecidas

En caso de ocurrir una crecida aguas arriba de un humedal, éste tiene la capacidad de almacenar parte de las aguas, con objeto de tener efluentes con un caudal peak menor al de entrada (Figura A.2). El diseño y uso de humedales artificiales con tal propósito, ha evitado millones de dólares en daños a muchas comunidades, por ejemplo, a la del río Charles en Massachusetts.

**Figura A.2**  
**Efecto del control de crecidas de un humedal**



Fuente: Elaboración Propia

Esta utilidad depende principalmente de la topografía del humedal, la que en general es una depresión que permite almacenar agua hasta que colma su capacidad. Además, la vegetación circundante permite reducir la velocidad del caudal afluente producto de la crecida. Finalmente, la saturación del suelo también influye, pues éste puede proveer almacenamiento subterráneo de las aguas.

La magnitud del control de las inundaciones por parte de un humedal, dependerá principalmente de (Ogawa y Male, 1983, 1986):

- i. el área del humedal,
- ii. su ubicación aguas abajo,
- iii. la magnitud de la crecida,
- iv. la cercanía a otro humedal aguas arriba,
- v. el grado de intervención en el humedal.

La principal causa de la merma de esta característica en humedales, se debe a intervenciones tales como dragado, drenado, modificaciones en los cauces adenaños, especialmente afluentes y efluentes, entre otras.

### **A.3.3 Control de la Erosión**

El control de la erosión en un humedal, se debe principalmente a la vegetación que éste posee. Existen 4 características de los humedales con vegetación, que permiten reducir la erosión en sus zonas circundantes (OTA, 1984).

- i. Baja pendiente de la orilla, que permite absorber y disipar la energía.
- ii. La absorción de energía por parte de las plantas
- iii. El desarrollo de las raíces de las plantas, que provee de estabilidad al sistema.
- iv. La sedimentación del material en suspensión, potenciado por la presencia de plantas.

Pese a lo anterior, la capacidad estabilizadora de la vegetación dependerá de la magnitud de la energía recibida por el sistema y de la cercanía de otros cuerpos de agua al humedal, ya que si éste se encuentra aislado, no controlará de forma significativa el fenómeno.

Algunos de los problemas producidos por la erosión son el incremento de la turbiedad de las aguas, pérdida de valor recreacional, y efectos en la fauna que lo habita.

### **A.3.4 Recarga de Aguas Subterráneas**

Esta es una de las características menos evaluadas de los humedales, y existen diversas posturas entre los hidrólogos, respecto al real aporte de las aguas subterráneas al balance hídrico del humedal. Asimismo, no existen suficientes estudios que respalden las distintas posturas.

Típicamente, las áreas adyacentes a los humedales, en especial aguas arriba, tienen un gran potencial para recargar las napas subterráneas, dado que sus suelos se componen fundamentalmente de sólidos orgánicos de baja permeabilidad. Sin embargo, los suelos sobre los que se desarrollan los humedales suelen ser impermeables, dificultando el flujo de las aguas.

Según la recopilación realizada por Mitsch (2000), la recarga de un humedal por aguas subterráneas, ocurriría principalmente por sus orillas, más que por su base. Además de lo anterior, los humedales más pequeños presentarían una recarga y/o descarga más importante desde y hacia las aguas subterráneas, que aquellos de mayores dimensiones.

Otras recopilaciones plantean que los humedales pueden servir como áreas de descarga de aguas hacia la napa, más que de recarga desde ellas (OTA, 1984).

### **A.3.5 Mejora de la Calidad de Aguas**

Otra utilidad prestada por los humedales es la mejora en la calidad del agua, debido a la retención temporal de contaminantes, sólidos suspendidos, nutrientes en exceso, compuestos tóxicos y microorganismos patógenos.

Esta mejora ocurre gracias a algunas particularidades de los humedales, como las propuestas por Sather y Smith (Mitsch, 2000), entre las que se cuentan:

- i. La entrada de un curso de agua a un humedal, permite una reducción en la velocidad de sus aguas, lo cual provoca sedimentación y adsorción de los compuestos de entrada, removiéndolos así de la columna de agua.
- ii. Existe una amplia gama de procesos aerobios y anaerobios, que facilitan la denitrificación, la precipitación química y otras reacciones que permiten la remoción de sustancias químicas del agua.
- iii. Algunas sustancias son absorbidas por las plantas del humedal, la cual muchas veces se desarrolla a altas tasas en este tipo de ecosistemas. Una vez que las plantas mueren, las sustancias previamente absorbidas retornan al suelo.

- iv. Muchos procesos de descomposición ocurren en los sedimentos de los humedales, ya sean por estos mismos, o por seres que los habitan.
- v. En humedales de aguas someras, los intercambios entre columna de agua y sedimentos alcanzan mayor relevancia, promoviendo también procesos de remoción desde uno u otro compartimiento.

## **ANEXO B**

### **CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS ASOCIADOS A HUMEDALES**

## B.1 Criterios Internacionales

**Tabla B.1**  
**Criterios de calidad de agua para vida acuática y consumo humano (EPA)**

Contaminante	Agua dulce		Agua salada		Salud humana para el consumo de:	
	Concentración máxima (exposición breve) (agudo) (µg/L)	Concentración máxima (exposición continua) (crónico) (µg/L)	Concentración máxima (exposición breve) (agudo) (µg/L)	Concentración máxima (exposición continua) (crónico) (µg/L)	Agua y organismos (µg/L)	Sólo organismos (µg/L)
Arsénico	340 (1)	150 (1)	69 (1)	36 (1)	0.018 (2)	0.14 (2)
Cadmio	2.0 (3)	0.25 (3)	40 (4)	8.8 (4)		
Cromo III	570 (3)	74 (3)				
Cromo IV	16 (4)	11 (4)	1,100 (4)	50 (4)		
Cobre	13 (6)	9.0 (6)	4.8 (7)	3.1 (7)	1,300	
Mercurio	1.4 (5)	0.77 (5)	1.8 (8)	0.94 (8)		
Niquel	470 (3)	52 (3)	74 (4)	8.2 (4)	610	4,600
Zinc	120 (3)	120 (3)	90 (4)	81 (4)	7,400	26,000
Alcalinidad		20000				
Fierro		1000			300	
Manganeso					50	100
Nitratos					10,000	
pH		6.5 – 9		6.5 – 8.5	5 – 9	
Fósforo elemental				0.1		
SD y salinidad					250,000	
Fósforo total (ug/l) (9)	24.3					
Nitrógeno total (mg/l) (9)	0.5					
Clorofila a (ug/l) (9)	3.1					
Disco Secchi (m) (9)	1.6					

Modificado de EPA, 2005

### Notas:

- (1): Arsénico total disuelto en la columna de agua
- (2): Basado en nivel de riesgo cancerígeno, 10-6. Sólo forma inorgánica
- (3): En caso de agua dulce, expresado en función de la dureza (mg/l) en la columna de agua. Disuelto en la columna de agua.
- (4): Disuelto en la columna de agua
- (5): Mercurio total disuelto en la columna de agua
- (6): En caso de agua dulce, expresado en función de la dureza (mg/l) en la columna de agua. Disuelto en la columna de agua. Cuando la concentración de orgánico disuelto es alta, la toxicidad del cobre disminuye
- (7) Disuelto en la columna de agua. Cuando la concentración de orgánico disuelto es alta, la toxicidad del cobre disminuye
- (8): En caso de agua dulce, expresado en función de la dureza (mg/l) en la columna de agua. Disuelto en la columna de agua. Criterio aplicado para mercurio total
- (9): Promedio para ecoregiones tipo IV, V y IX (planicies con pasto, con bosque o cultivadas)

**Tabla B.2**  
**Crterios de calidad de agua para distintos usos (Colombia)**

Parámetro	Unidad	Rango Admisible							
		Consumo humano y uso doméstico, previo tratamiento convencional	Consumo humano y uso doméstico, previa desinfección	Agrícola	Pecuario	Recreativo por contacto primario	Recreativo por contacto secundario	Conservación de fauna y flora	Vertimiento a cuerpo de agua
pH	Unidades	5.0 – 9.0	6.5-8.5	4.5-9.0		5.0 – 9.0	5.0 – 9.0	6.5-9.0	5-9
Oxígeno Disuelto	mg/l					5.2 <sup>(1)</sup>	5.2 <sup>(1)</sup>	5.2 <sup>(1)</sup>	
Aluminio	mg/l			5.0	5.0				
Arsénico		0.05	0.05	0.1	0.2				
Amoniaco		1.0	1.0						
Becilo	mg/l			0.1					
Temperatura	(°C)								≤40
Turbiedad	UNT		10						
Color real	UPC	75	20						
mercurio	mg/l	0.002	0.002						
Nitratos	mg/l	10.0	10.0						
Nitatos	mg/l	1.0	1.0		10.0				
Nitratos + Nitatos	mg/l				100.0				
Selenio	mg/l	0.01	0.05						
Sulfatos	mg/l	400.0	400.0						
Cadmio	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.05				
Níquel	mg/l			0.2					
Plata	mg/l	0.05	0.05						
Plomo	mg/l	0.05	0.05	5.0	0.1				
Zinc	mg/l	15.0	15.0	2.0	25.0				
Cobre	mg/l	1.0	1.0	0.2					
Cromo	mg/l	0.05	0.05	0.1	1.0				
Cloruros	mg/l	250.0	250.0						
Hierro	mg/l			5.0					
Manganeso	mg/l			0.2					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	20000	1000			200	5000		
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2000				1000			
Cianuro	mg/l	0.2	0.2						

Nota: (1) Valor correspondiente al 70% de la concentración de saturación (7.4 mg O<sub>2</sub>/l) para el valle geográfico del Río Cauca.

Contacto Primario: Natación y Buceo

Contacto Secundario: Deportes Náuticos y Pesca

Fuente: ASOYOTOCO, 2007

## B.2 Criterios Nacionales

**Tabla B.3**  
**Criterios de calidad de agua para consumo humano (NCh 409)**

Categoría	Parámetro	Unidad	Límite máximo
Microbiológicos	Coliformes totales	NMP/100 ml	5
	Escherichia coli		ausente
Turbiedad	Turbiedad media mensual	UNT	2
Elementos esenciales	Cobre	mg/l	2
	Cromo Total	mg/l	0.05
	Fluoruro	mg/l	1.5
	Hierro	mg/l	0.3
	Manganeso	mg/l	0.1
	Magnesio	mg/l	125
	Selenio	mg/l	0.01
	Zinc	mg/l	3
Elementos no esenciales	Arsénico	mg/l	0.01
	Cadmio	mg/l	0.01
	Cianuro	mg/l	0.05
	Mercurio	mg/l	0.001
	Nitrato	mg/l	50
	Nitrito	mg/l	3
	Razón nitrato + nitrito	mg/l	1
	Plomo	mg/l	0.05
Sustancias orgánicas	Tetracloroetano	ug/l	40
	Benceno	ug/l	10
	Tolueno	ug/l	700
	Xilenos	ug/l	500
Plaguicidas	DDT + DDD + DDE	ug/l	2
	2,4 - D	ug/l	30
	Lindano	ug/l	2
	Metoxicloro	ug/l	20
	Pentaclorofenol	ug/l	9
Productos secundarios de la desinfección	Monocloroamina	mg/l	3
	Dibromoclorometano	mg/l	0.1
	Bromodiclorometano	mg/l	0.06
	Tribromometano	mg/l	0.1
	Triclorometano	mg/l	0.2
	Trihalometanos	mg/l	1

Modificado de INN, 2005

**Tabla B.3**  
**Criterios de calidad de agua para consumo humano (NCh 409).**  
**Continuación**

<b>Categoría</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo</b>
Elementos radiactivos	Estroncio 90	Bq/l	0.37
	Radio 226	Bq/l	0.11
	Actividad base total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	Bq/l	37
	Actividad beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40 y otros radioemisores naturales)	Bq/l	1.9
	Actividad alfa total (incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	Bq/l	0.55
Características organolépticas	Color verdadero	Unidad Pt-Co	20
	Olor		inodora
	Sabor		insípida
	Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	mg/l	1.5
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	400
	pH		6.5 - 8.5
	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	500
	Sólidos Disueltos totales	mg/l	1500
	Compuestos fenólicos (Fenol)	ug/l	2
Parámetros de desinfección	Cloro libre	mg/l	2
	Cloro residual (mínimo)	mg/l	0.2

Fuente: Modificado de INN, 2005

**Tabla B.4**  
**Criterios de calidad de agua para otros usos (NCh 1333).**

<b>Requisito</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Agua para riego	pH		5.5 - 9
	Aluminio (Al)	mg/l	5
	Arsénico (As)	mg/l	0.1
	Bario (Ba)	mg/l	4
	Berilio (Be)	mg/l	0.1
	Boro (B)	mg/l	0.75
	Cadmio (Cd)	mg/l	0.01
	Cianuro (CN <sup>-</sup> )	mg/l	0.2
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	200
	Cobalto (Co)	mg/l	0.05
	Cobre (Cu)	mg/l	0.2
	Cromo (Cr)	mg/l	0.1
	Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/l	1
	Hierro (Fe)	mg/l	5
	Litio (Li)	mg/l	2.5
	Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0.075
	Manganeso (Mn)	mg/l	0.2
	Mercurio (Hg)	mg/l	0.001
	Molibdeno (Mb)	mg/l	0.1
	Níquel (Ni)	mg/l	0.2
	Plata (Ag)	mg/l	0.2
	Plomo (Pb)	mg/l	5
	Selenio (Se)	mg/l	0.02
	Sodio porcentual (Na)	%	35
	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	250
	Vanadio (V)	mg/l	0.1
	Zinc (Zn)	mg/l	2
	CE	uS/cm a 25°C	ver tabla adjunta
	SDT	mg/l a 105°C	ver tabla adjunta
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000

Fuente: Modificado de INN, 1978

**Tabla B.4**  
**Criterios de calidad de agua para otros usos (NCh 1333). Continuación.**

Requisito	Parámetro	Unidad	Valor
Recreación con contacto directo	pH		6.5 - 8.3
	Temperatura (máximo)		30
	Claridad (mínimo)		Visualización Disco Secchi a 1.2 m de profundidad
	Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales		Ausentes
	Aceites flotantes y grasas	mg/l	5
	Aceites y grasas emulsificadas	mg/l	10
	Color	Escala Pt-Co	100
	Turbiedad	Escala sílice	50
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000
	Sustancias que produzcan olor o sabor inconveniente		Ausentes
Aguas dulces destinadas a vida acuática	OD	mg/l	5 (mínimo)
	pH		6 a 9
	Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	20 (mínimo)
	Turbiedad	Escala Sílice	No debe aumentar el valor natural en más de 20 unidades
	Temperatura (máximo)		En flujos de agua corriente, no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
	Color		Ausencia de colorantes artificiales
	Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales		Ausentes
	Sólidos sedimentables		No deben exceder del valor natural
	Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo		No debe haber detección visual, cubrimiento de fondo, orilla o ribera, ni olor perceptible
Otros	Otras sustancias		Sujetas a pronunciamiento de la autoridad competente

Fuente: Modificado de INN, 1978

**Tabla B.4**  
**Criterios de calidad de agua para otros usos (NCh 1333). Continuación.**

Clasificación Riego	CE (uS/cm) a 25°C	SDT (mg/l) a 105 °C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	<750	<500
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	750 - 1500	500 - 1000
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	1500 - 3000	1000 - 2000
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	3000 - 7500	2000 - 5000

Fuente: Modificado de INN, 1978

**Tabla B.5**  
**Limites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos**  
**a cuerpos de agua lacustres**

<b>Contaminante</b>	<b>Unidad</b>	<b>Expresión</b>	<b>Límite máximo</b>
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,1
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN-	0,5
Cobre Total	mg/L	Cu	0,1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70 *
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO5	mgO2/L	DBO5	35
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F-	1
Fósforo	mg/L	P	2
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	5
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	2
Manganeso	mg/L	Mn	0,5
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,07
Níquel	mg/L	Ni	0,5
Nitrógeno Total **	mg/L	N	10
PH	unidad	pH	6,0 - 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales Sulfatos	mg/L mg/L	SS SO4 2-	80 1000
Sulfuros	mg/L	S2-	1
Temperatura	°C	T°	30
Zinc	mg/L	Zn	5

Fuente: MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL  
DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2000.

**ANEXO C**  
**GESTION DE HUMEDALES**

## C.1 Organismos internacionales relacionados con la protección de humedales

**Tabla C.1**  
**Ámbitos de acción y aplicabilidad de políticas internacionales**

Instituciones	Ámbito de acción	Beneficios	Utilidad (1 a 5)		Limitantes	Modo de Potenciarlas
			Actual	Potencial		
UICN, Quito, Ecuador	humedales (políticas y gestión)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondos semilla</li> <li>• Auspicio gestión de fondos</li> <li>• Bases de datos</li> <li>• Información</li> </ul>	2	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta información</li> <li>• Forma de acceder</li> <li>• Fondos limitados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difundiéndola</li> <li>• Formado un grupo de trabajo en humedales</li> </ul>
Wetland International, Buenos Aires, Argentina	humedales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información</li> <li>• Ejecución de proyectos</li> <li>• Bases de datos</li> </ul>	2	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de financiamiento</li> <li>• Falta de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentando su financiamiento</li> <li>• Difundiéndola</li> </ul>
Birdlife International, Quito, Ecuador	aves y hábitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de datos</li> <li>• Financia proyectos</li> <li>• Financia viajes</li> </ul>	2	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de financiamiento</li> <li>• Falta de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentando su financiamiento</li> <li>• Difundiéndola</li> </ul>
WCI, Nueva York, EEUU	investigación para el manejo de especies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financia proyectos regionales</li> <li>• Permite infraestructura</li> <li>• Continuidad en el apoyo</li> <li>• Material de difusión</li> </ul>	3	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso desconocido</li> <li>• Chile no es de su prioridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difundiéndola</li> <li>• Promocionando proyectos regionales</li> </ul>
S.Z. Frankfurt, Alemania	investigación para el manejo de especies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financia proyectos regionales</li> <li>• Permite infraestructura</li> <li>• Continuidad en el apoyo</li> <li>• Material de difusión</li> </ul>	3	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso desconocido</li> <li>• Chile no es de su prioridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difundiéndola</li> <li>• Promocionando proyectos regionales</li> </ul>
WWF, Washington, EEUU	investigación, conservación de especies y ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financia proyectos regionales</li> <li>• Permite infraestructura</li> <li>• Continuidad en el apoyo</li> <li>• Material de difusión</li> </ul>	3	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso desconocido</li> <li>• Chile no es de su prioridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difundiéndola</li> <li>• Promocionando proyectos regionales</li> </ul>
FAO/PNUD, Santiago, Chile	áreas protegidas, especies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondos concursables</li> <li>• Información</li> <li>• Material de divulgación</li> <li>• Bases de datos</li> </ul>	3	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financia proyectos para grupos o países de origen multiregional (FAO)</li> <li>• Sin continuidad (PPS/PNUD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir aspectos socioculturales</li> <li>• Proyectos integrados</li> <li>• Proyectos binacionales</li> </ul>

Fuente: CEA, 1997

## C.2 Estrategia Nacional de Humedales

**Tabla C.2**  
**Objetivos específicos, estrategia nacional de humedales, Chile**

Objetivo	Herramientas
1 Desarrollar una conducta de valoración ambiental, económica, social y cultural de los humedales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepción ciudadana</li> <li>• Educación formal</li> <li>• Difusión</li> <li>• Capacitación de comunidad, autoridad y planificadores</li> <li>• Crear conciencia</li> </ul>
2 Incrementar el conocimiento sobre los humedales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catastro nacional de humedales y su clasificación.</li> <li>• Investigación científica</li> <li>• Registro de especialistas</li> <li>• Revisión de antecedentes</li> <li>• Sistema de seguimiento de los humedales.</li> <li>• Metodologías de valorización económica de los humedales</li> <li>• Desarrollo de un sistema nacional de información sobre humedales.</li> <li>• Promoción de la investigación, cooperación e intercambio del conocimiento con otros países</li> </ul>
3 Implementar un marco de acción legal e institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear el Comité Nacional de Humedales.</li> <li>• Evaluación de leyes actuales</li> <li>• Armonizar, complementar y crear, nuevas leyes</li> <li>• Fortalecer capacidades institucionales</li> </ul>
4 Promover la participación multisectorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos que contenga instituciones, personas, fuentes de financiamiento y proyectos en ejecución</li> <li>• Espacios de encuentro entre entidades privadas y públicas</li> <li>• Incentivo a las labores de conservación y uso racional de los humedales.</li> <li>• Mecanismos de participación en los distintos niveles.</li> </ul>
5 Desarrollar e implementar instrumentos de planificación y gestión participativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación nacional para la conservación de humedales prioritarios</li> <li>• Manejo de cuencas hidrográficas</li> <li>• Priorizar los humedales</li> <li>• Formulación interdisciplinaria, interinstitucional y participativa de los planes de manejo para los humedales públicos</li> <li>• Nuevos sitios Ramsar.</li> <li>• Mecanismos de participación de los actores y comunidades involucradas</li> <li>• Seguimiento de la evolución de los humedales</li> <li>• Apoyo técnico para la planificación y gestión</li> <li>• Guía metodológica que permita evaluar los impactos en humedales, frente a la intervención y desarrollo de proyectos de diversa índole.</li> <li>• Incentivos económicos para la planificación y gestión de humedales por parte del sector público.</li> </ul>
6 Reforzar la participación de Chile en el quehacer internacional y obtener los apoyos externos necesarios para el logro de esta estrategia nacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar en instancias internacionales</li> <li>• Fortalecer las acciones regionales, subregionales y bilaterales</li> <li>• Hermanamiento extraregional y regional de humedales chilenos con los de otros países.</li> <li>• Cumplir las resoluciones de la Convención Ramsar</li> <li>• Formular y presentar proyectos en forma conjunta con otras convenciones</li> <li>• Obtener aportes de entidades externas en el ámbito financiero.</li> </ul>

Fuente: CONAMA, 2005

### C.3 Casos de gestión de humedales en Latinoamérica

#### C.3.1 Gestión de humedales en Colombia, caso Laguna de Sonso

La Laguna de Sonso está localizada dentro del complejo de humedales de la cuenca alta del río Cauca, municipio de Buga, Colombia. Corresponde al principal humedal de la planicie aluvial de este río y se ubica dentro del ecosistema del Bosque Seco Tropical Inundable. Además de albergar gran cantidad de aves residentes y migratorias, sus suelos son utilizados para actividades agrícolas y pecuarias las cuales, entre otras causas, han contribuido también a su paulatina degradación, tanto ambiental como económica.

Debido a lo anterior, y contando con estudios previos de larga data que cuantifican el efecto de los impactos mencionados, se establece un Plan de Manejo para la Laguna, cuyo objetivo general es “Fomentar la conservación, uso racional sostenible y rehabilitación de la Laguna de Sonso de acuerdo con sus características ecológicas y socioeconómicas”.

Las actividades que preceden a la elaboración de este Plan de Manejo, se presentan a continuación, en orden cronológico.

**Tabla C.3**  
**Antecedentes Laguna de Sonso**

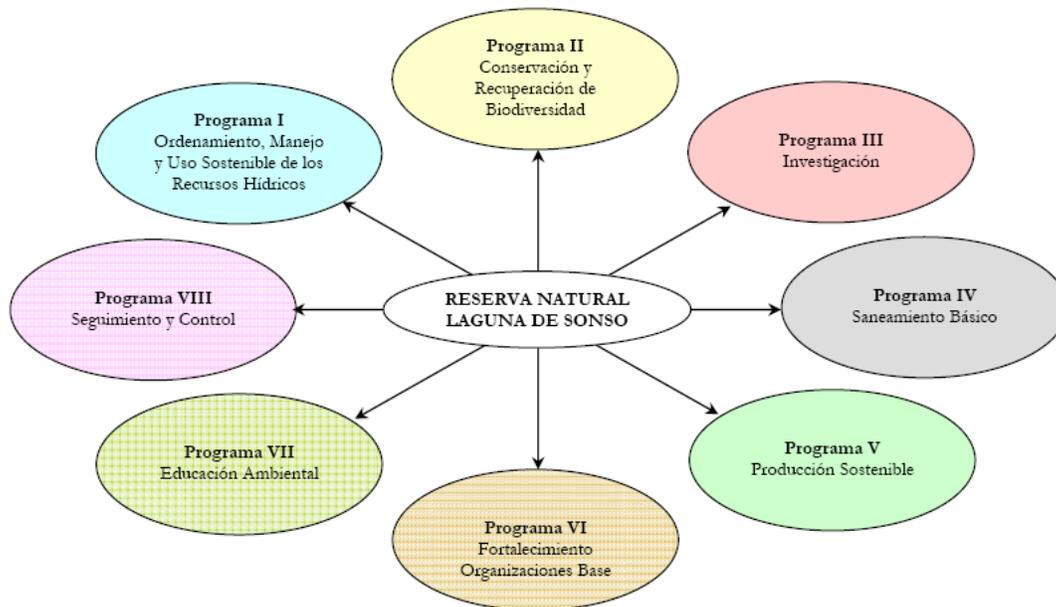
	Año (desde 1955 hasta 2006)																						
	1	...	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Alteraciones en la Laguna y protecciones legales	X	X	X																				
Comité Técnico Laguna de Sonso			X																				
Monitoreo de calidad del agua en laguna y afluentes				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estudio de diagnóstico					X																		
EIA proyecto de dragado								X															
Primer Plan de Manejo									X														
Estudio hidráulico y de sedimentos												X											
Delimitación del humedal													X										
Estudio hidrobiológico														X									
Terrenos aledaños a la Laguna son comprados a privados																		X					
Estudio de la problemática ambiental de la Laguna																			X				
“Área importante para la conservación de aves”. BirdLife Internacional e Instituto von Humboldt																				X			
Instalación de hitos para delimitación																							X

Como se observa de la Tabla C.3, durante los primeros 30 años de antecedentes, la Laguna de Sonso fue sometida a una serie de alteraciones, las que fueron paleadas únicamente con medidas de protección gubernamentales. Sólo hasta 1988 se realizó el primer estudio de diagnóstico de la Laguna, comenzando paralelamente un monitoreo de calidad y cantidad de aguas de la misma, el que se ha mantenido a la fecha.

Es así como en 1992 se crea el primer plan de manejo para la Laguna de Sonso (con 37 años de antecedentes), el que ha sido continuamente evaluado y ajustado (ver Tabla C.3), para dar origen a un Plan de Manejo mucho más completo, en el 2007.

El Plan de Manejo cuenta con 8 programas temáticos (Figura C.1), los cuales se desarrollan según diferentes lineamientos, de acuerdo a las características y necesidades de la Laguna, y según las estrategias de la Política Nacional de Humedales de Colombia. El plazo total de ejecución es de 10 años.

**Figura C.1**  
**Plan de Manejo Laguna Sonso**



Fuente: ASOYOTOCO, 2007

Respecto a los 8 Programas propuestos, debe señalarse que sus lineamientos son bastante detallados, incluyendo justificación, objetivos, plazos de ejecución, responsables y presupuesto. El nivel de detalle de estos programas se debe al alto grado de conocimiento que se tiene de este ecosistema.

Los proyectos definidos dentro de cada programa, presentan un alto nivel de detalle y especificidad, dada la gran cantidad de antecedentes y estudios disponibles. Para cada uno de estos proyectos, se define plazo de ejecución, costo, y nivel de prioridad, dentro de todo el programa.

### **C.3.2 Gestión de humedales en Bolivia, caso Laguna Alalay**

La Laguna Alalay, ubicada en el centro urbano de Cochabamba, Bolivia, es un sistema semiartificial, creado originalmente para regular las crecidas del río Rocha. Posteriormente, fue utilizado con fines recreacionales y productivos (regadío), para luego adquirir valor paisajístico, ambiental y como reserva de diversidad biológica.

**Figura C.2**  
**Vista Laguna Alalay, año 2005**



Este sistema fue deteriorando sus particularidades, debido a acumulación de escombros, descarga de RILES, etc., lo cual generó la preocupación de las autoridades para definir políticas de manejo sustentable, que condujeran a recuperar el equilibrio ecológico del lugar.

Luego de identificar las principales amenazas, realizar estudios en el lugar, etc., en la década de los 90, el municipio del lugar adoptó algunas medidas tendientes a mejorar la calidad de las aguas de la Laguna Alalay, como por ejemplo, dragando lodos, mejorando el alcantarillado de las poblaciones circundantes, entre otras.

Sin embargo, estas medidas no llevaron a una mejora de la calidad estética ni menos fisicoquímica de las aguas. De hecho, desde 1998, el sistema se estabilizaba en un estado trófico, con aguas turbias. Analizando lo ocurrido, se detectó que uno de las principales causas de lo anterior, era la falta de coordinación entre los actores reguladores, institucionales y sociales, además de una pobre visión del problema integral de la Laguna, lo que llevaba a ejecutar medidas paliativas de corto plazo, sin un horizonte claro.

En el año 2003, se inició un estudio científico interdisciplinario (proyecto MANLAKE) lo cual, sumado a los estudios precedentes, provee de una línea base contundente para ejecutar el Plan de Manejo propuesto, al menos en términos científicos. Una vez que se generó el clima político adecuado, se inició un programa de gestión para la Laguna, en el año 2005.

Los programas desarrollados para la gestión son:

- Programa de recuperación, protección y conservación
- Programa de investigación, monitoreo y cooperación científica
- Programa de mejoramiento del uso público
- Programa de educación ambiental, priorizando la sensibilización y sentido de identidad con la laguna
- Programa de operaciones, garantizando la integridad de la laguna
- Programa de participación

En cuanto a la institucionalidad involucrada, se definen tres niveles de gestión:

- Gestión municipal, coordinada por la Dirección de Gestión Ambiental, y con participación de otras unidades con competencia en el tema
- Apoyo técnico, como consultoría de temas puntuales, y co-ejecución del Plan de Manejo
- Participación social, representadas por organizaciones legalmente establecidas

Finalmente, en términos presupuestarios, se considera el aporte municipal, y la elaboración de proyectos de investigación con financiamiento externo.

## **ANEXO D**

### **ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## D.1 Antecedentes meteorológicos

**Tabla D.1**  
**Temperaturas medias mensuales, estación Huechún Andina**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1994	22.15	21.11	19.77	16.36	12.14	10.45	9.29	9.91	13.30	15.27	18.69	21.11
1995	21.07	19.11	17.97	15.57	13.25	11.54	8.96	s/i	s/i	s/i	s/i	21.13
1996	20.22	20.25	19.11	13.40	9.48	9.37	11.09	11.01	12.65	15.76	19.15	20.18
1998	s/i	10.43	12.24	16.94	18.11	21.07						
1999	20.87	21.55	19.03	15.16	13.18	10.15	8.92	10.22	11.89	14.68	s/i	19.52
2000	20.76	20.34	18.28	15.55	11.57	10.19	9.99	10.54	12.09	14.85	17.75	20.51
2001	20.86	21.61	19.16	14.79	11.77	9.48	10.68	11.57	11.79	16.47	17.79	22.06
2002	22.09	22.11	19.97	15.09	13.10	8.56	9.68	11.53	13.21	15.56	17.91	20.19
2003	22.06	21.07	19.73	15.38	11.78	11.68	8.80	11.11	13.93	17.36	19.94	20.24
2004	22.01	21.26	20.27	15.65	10.97	10.17	9.91	11.19	13.49	16.12	19.51	20.97
2005	22.31	22.06	19.97	16.10	12.40	11.80	9.96	11.87	11.97	15.94	19.10	s/i
<b>MEDIA</b>	<b>21.44</b>	<b>21.05</b>	<b>19.33</b>	<b>15.31</b>	<b>11.96</b>	<b>10.34</b>	<b>9.73</b>	<b>10.94</b>	<b>12.66</b>	<b>15.90</b>	<b>18.66</b>	<b>20.70</b>
<b>MAX</b>	<b>22.31</b>	<b>22.11</b>	<b>20.27</b>	<b>16.36</b>	<b>13.25</b>	<b>11.80</b>	<b>11.09</b>	<b>11.87</b>	<b>13.93</b>	<b>17.36</b>	<b>19.94</b>	<b>22.06</b>
<b>MIN</b>	<b>20.22</b>	<b>19.11</b>	<b>17.97</b>	<b>13.40</b>	<b>9.48</b>	<b>8.56</b>	<b>8.80</b>	<b>9.91</b>	<b>11.79</b>	<b>14.68</b>	<b>17.75</b>	<b>19.52</b>

s/i: sin información

**Tabla D.2**  
**Temperaturas medias mensuales, estación Rungue Embalse**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1991	20.63	21.05	19.03	16.02	13.89	10.25	9.03	8.73	12.21	13.21	17.12	18.59
1992	21.65	20.01	18.90	14.29	11.26	7.94	7.13	10.11	11.65	14.87	17.23	19.24
1993	21.24	21.14	19.32	14.64	9.43	9.74	6.66	9.18	10.25	14.31	16.50	19.85
1994	21.59	20.44	19.38	16.28	12.07	10.17	8.98	8.92	13.29	14.25	18.18	20.75
1995	21.36	20.15	18.19	15.74	13.07	10.56	7.48	7.79	12.27	14.58	18.83	22.37
1996	21.41	21.48	20.05	14.69	13.00	10.30	11.07	10.82	12.36	15.53	19.11	20.60
1997	22.43	22.04	20.12	17.79	13.53	10.53	10.89	11.84	13.44	14.09	17.52	19.75
1998	21.67	20.93	19.15	15.46	13.32	10.82	9.18	10.30	12.13	16.73	17.77	20.94
1999	21.09	21.82	18.35	14.92	12.14	9.83	8.26	9.88	11.14	14.10	17.34	19.61
2000	20.63	20.12	18.33	14.57	11.25	9.41	8.95	10.66	12.06	15.58	17.70	21.31
2001	21.16	22.16	19.83	14.91	11.74	9.16	10.58	11.04	11.02	15.30	17.07	22.10
2002	22.29	21.77	18.91	15.07	12.52	8.07	9.01	10.51	12.60	15.03	17.87	20.00
2003	21.37	20.36	20.07	16.16	11.17	10.96	8.19	9.33	13.79	16.11	18.86	21.04
2004	23.88	22.16	20.40	15.08	10.49	9.91	9.54	9.49	12.93	14.36	17.73	20.39
2005		21.26	19.49	15.84	11.82	11.75	9.52	11.69	10.66		17.92	
<b>MEDIA</b>	<b>21.73</b>	<b>21.30</b>	<b>19.35</b>	<b>15.48</b>	<b>12.19</b>	<b>10.12</b>	<b>9.33</b>	<b>10.30</b>	<b>12.22</b>	<b>15.14</b>	<b>17.97</b>	<b>20.81</b>
<b>MAX</b>	<b>23.88</b>	<b>22.16</b>	<b>20.40</b>	<b>17.79</b>	<b>13.53</b>	<b>11.75</b>	<b>11.07</b>	<b>11.84</b>	<b>13.79</b>	<b>16.73</b>	<b>19.11</b>	<b>22.37</b>
<b>MIN</b>	<b>20.63</b>	<b>20.12</b>	<b>18.19</b>	<b>14.57</b>	<b>10.49</b>	<b>8.07</b>	<b>7.48</b>	<b>7.79</b>	<b>10.66</b>	<b>14.09</b>	<b>17.07</b>	<b>19.61</b>

## **D.2 Geología del área de estudio**

### **D.2.1 Historia Geológica**

La cuenca en estudio se habría originado tanto por procesos de hundimiento como de relleno, ambos desarrollados desde el Plioceno hasta el Cuaternario. Durante este último periodo, los movimientos se habrían restringido a las fosas Batuco-Pudahuel y la fosa de Buin, las cuales permanecieron hasta el fin del Wurm, como fosas de hundimiento acentuadas, a velocidades mayores que la de relleno (Sotomayor, 1964). La inclinación de esta zona se da en dirección N-S.

En particular, la zona de la Laguna de Batuco, ha experimentado más procesos de hundimiento que de relleno, principalmente debido a su lejanía respecto a los esteros Lampa y Colina, principales agentes transportadores de material. Por esta razón, la Laguna destaca como una zona particularmente baja a nivel topográfico, mientras que la localidad de Batuco aparece levemente más alta, debido a que experimentara procesos más intensos de relleno.

El relleno de la cuenca se produjo con materiales de distinta granulometría. En periodos de hundimientos lentos y escasa precipitación, el material de relleno es fino, mientras que en hundimientos rápidos, los sedimentos son de tipo lacustre. Por otra parte, en épocas de abundante precipitación, la granulometría es aun mayor. (Álamos, 1986).

### **D.2.2 Rocas Fundamentales (MTvs)**

La cuenca de Batuco está ocupada por los materiales de la formación Las Chilcas y la formación Lo Valle, además de una intercalación de afloramientos intrusivos graníticos más jóvenes.

La formación Las Chilcas (Cenomaniano-Turoniano, 107 a 95 Ma), ubicada en la zona norponiente de la cuenca, se compone de volcanitas y sedimentos continentales, los que incluyen depósitos de calizas de orden lacustre (Polpaico). En el borde norte de la cuenca, estas calizas podrían ser parte del lecho rocoso y estar sepultadas bajo relleno sedimentario. De ser esto cierto, podría esperarse la existencia de cavidades subterráneas que permitiesen el escurrimiento de aguas subterráneas desde Polpaico hacia Batuco, lo que habría sido validado mediante un análisis de aguas subterráneas (Sotomayor, 1964).

La secuencia y distribución de los distintos estratos de esta formación nos seguirían ningún orden lógico, pero sí tiene variedades litológicas características: basaltos; andesitas gris azuladas, cenicientas y rojas; brechas claras y oscuras; tobas rojas; areniscas tobíferas negras y de color chocolate; lutitas rojas, alternando con tobas y brechas; y conglomerados con clastos gruesos de color café (DGA-AC, 2000).

En cuanto a la formación Lo Valle (Senoniano medio, 95 a 58 Ma), ésta se encuentra en la región oriental de la cuenca, caracterizada por la presencia de volcanitas en su mayoría y sedimentos continentales, en ausencia de calizas. La serie volcánica se encuentra formada preferentemente por tobas blancas, lavas rosadas e ignimbritas, en las que se interestratifican lutitas, areniscas y conglomerados (DGA-AC, 2000).

### **D.2.3 Relleno Sedimentario**

Según se describe en la Carta Geológica Sector Provincia de Chacabuco, Figura 3.X, la Laguna de Batuco se encuentra ubicada sobre una zona de depósitos fluviales actuales, compuesto de gravas arenosas y arenas, provenientes de los cursos actuales de los ríos circundantes (esteros Lampa y Colina).

El relleno sedimentario de Batuco, puede considerarse como una sucesión continua de materiales arcillosos, con pequeñas capas de mayor granulometría. Esta estratificación se habría formado durante el Cuaternario, debido al arrastre de material fino y de fango por parte de los ríos Lampa y Colina, así como de materiales gruesos de rápida depositación, durante sus periodos de crecidas (Sotomayor, 1964).

El estero Lampa, posee una cubierta superficial compuesta por materiales de granulometría fina y decreciente a lo largo de su curso. En la zona de Chicauma, donde el valle se estrecha, se encuentran algunos rodados gruesos. Al sur de Lampa, los depósitos superficiales son mayoritariamente arcillas, formando éstas extensas zonas pantanosas.

En el caso del estero Colina, información estratigráfica de pozos profundos, indicaría que éste habría estado orientado hacia el cordón de cerros orientales de la cuenca, por lo que sería difícil encontrar espesores importantes de acarreo gruesos en Batuco, por sedimentación del estero Colina. Por esta razón, a la cuenca de Batuco han de haber entrado excedentes de aguas de los esteros Colina y Lampa, sólo en periodos de crecidas, configurando una extensa laguna de poco fondo.

También es posible que existan rellenos intermedios, producidos por arrastre de material fino por el viento. Estos rellenos tendrían características loess.

### D.3 Usos de suelo

**Tabla D.3**  
**Usos de suelo en el sitio prioritario Humedal de Batuco**

Uso del Suelo (100m)	Superficie (há)	%
Humedales y vegas	3208,72	21,7
Laguna	235,02	1,6
Ríos y esteros	343,06	2,3
Matorral arborescente	5073,37	34,3
Matorral con suculentas	4,11	<0,1
Cultivos	2952,83	20,0
Frutales	208,41	1,4
Praderas	1561,65	10,6
Parronales-vinas	0,09	<0,1
Parcela de agrado	548,32	3,7
Área urbana	225,38	1,5
Asentamiento menor	208,48	1,4
Extracción de aridos	66,01	0,4
Industrial	34,76	0,2
Planta de tratamiento	47,97	0,3
Infraestructura vial	0,98	<0,1
Otros usos (militar,basurales)	69,07	0,5
<b>Total</b>	<b>14788,24</b>	<b>100%</b>

Fuente: OTAS, 2001

### D.4 Hidrogeología

#### D.4.1 Características del relleno

Según lo planteado por la DGA (DGA-AC, 2000), en la zona de Batuco se encuentran dos de las tres unidades estratigráficas identificadas para el valle Maipo-Mapocho. La primera de ellas, de granulometría fina (Unidad A), tiene permeabilidades muy bajas, que van entre los  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  m/s. La segunda unidad identificada (Unidad C), es de granulometría media y fina, con permeabilidades entre los  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  m/s. Pese a que ninguna de las dos unidades presenta permeabilidades altas, la composición de la Unidad A le confiere mejores características acuíferas. En resumen, se puede decir que el sistema presenta una buena capacidad de almacenamiento, pero mala transmisividad. Los coeficientes de almacenamiento fluctuarían entre  $5 \cdot 10^{-2}$  y  $7 \cdot 10^{-3}$  (González, 1999).

En la vertical, se encuentra gran cantidad de lentes, lo que dificulta la caracterización hidrogeológica de la zona. En este sentido, Sotomayor (1964), logra un mejor nivel de detalle en la caracterización del relleno superficial, basado en sondajes piezoeléctricos realizados en los alrededores de la Laguna.

En base a estos resultados, el relleno de la zona de estudio se compondría de 4 estratos de distintas resistividades (en términos eléctricos), y por ende, de distintas composiciones granulométricas. De estos resultados se extrae que las lentes serían pequeños sistemas acuíferos, confinados por arcillas y limos. Estos últimos materiales son los de mayor abundancia en el lugar.

La profundidad del relleno permanece relativamente constante en dirección norte sur, viéndose interrumpida solamente por algunos cerros islas que indican elevación de la roca basal. El espesor medio del relleno, sería de 300 m, profundidad a la cual se encontraría la roca fundamental.

La profundidad máxima del relleno sería de 450 m.

#### D.5 Antecedentes sobre calidad de aguas subterráneas

**Tabla D.4**  
**Grupos de calidad de aguas en la zona de estudio. Sotomayor, 1964**

	<b>Grupo I</b>	<b>Grupo II</b>	<b>Grupo III</b>	<b>Grupo IV</b>
<b>Ubicación en cuenca</b>	Zona central	Zona oriental	Zona norte	Polpaico, Lampa
<b>Ácidos predominantes</b>	Cl, SO <sub>4</sub>	Álcalis (ej. Na <sup>+</sup> )	HCO <sub>3</sub> , CO <sub>3</sub>	
<b>Dureza (mg/l)</b>	>400	<90	+/- 250	
<b>SD (mg/l)</b>	>1000	<300	400	
<b>Otros</b>	Alto contenido de sales por evaporación. Inadecuada para bebida y regadío.	Aguas en zona de recarga. Recomendable para riego	Recomendable para riego	Calidad similar al Grupo III. Recomendable para riego

**ANEXO E**

**ACTIVIDADES DE TERRENO**

## **E.1 Objetivos de las actividades de terreno**

### **E.1.1 6 de Enero 2006**

Primera inspección, junto a grupo de Planificación y Medio Ambiente de la Municipalidad de Lampa, además de un vecino del sector. El objetivo de esta visita fue ubicarse en el sector, y conocer su entorno más próximo.

### **E.1.2 23 de Marzo 2006**

Segunda inspección de terreno, donde se buscaba particularmente:

- i. Realizar una inspección del lugar de trabajo, con objeto de dimensionarlo espacialmente, así como reconocer su topografía e hitos de interés.
- ii. Identificar los principales aportes y descargas de agua, hacia y desde el humedal. Conocer la ubicación geográfica de éstas, así como estimar preliminarmente su magnitud.
- iii. Realizar muestras de calidad de aguas, en algunos sitios de interés.

En total se identificaron 7 puntos de interés, de los cuales 4 se muestrearon para los parámetros de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

### **E.1.3 15, 16 de Abril 2006**

Esta campaña de terreno buscó profundizar en el conocimiento de la zona de estudio, realizando mediciones de campo que tuviesen mayor representatividad espacial que las realizadas anteriormente.

Los objetivos específicos de esta campaña de terreno fueron:

- i. Determinar la extensión del cuerpo de agua Laguna de Batuco, en una situación de máximo estrés hídrico.
- ii. Determinar el perfil batimétrico de la Laguna.
- iii. Realizar un muestreo de calidad de aguas, tanto en puntos críticos de la Laguna como en otros distribuidos aleatoriamente a lo largo de ella.
- iv. Identificar y medir el caudal pasante en los afluentes y efluentes de la Laguna.
- v. Identificar posibles anomalías en la Laguna y sus inmediaciones, como aportes intermitentes de caudal u otros.

Se realizó un muestreo completo de calidad de aguas en cuatro puntos que corresponden al principal afluente, efluente, más dos puntos intermedios de la Laguna. También se midieron parámetros generales en 27 puntos intermedios.

#### **E.1.4 31 de Mayo 2006**

Durante este terreno, se buscó principalmente la caracterización preliminar de las aguas subterráneas de la zona de estudio. Al respecto, los objetivos de esta campaña fueron:

- i. Identificar los pozos y norias de aguas subterráneas que podrían alimentar a la Laguna de Batuco.
- ii. Medir niveles y calidad de aguas en estos pozos y norias.
- iii. Aforar los afluentes y efluentes principales de la Laguna de Batuco.
- iv. Identificar posibles anomalías en las inmediaciones de la Laguna, como aportes intermitentes de caudal u otros.

#### **E.1.5 1 de Agosto 2006**

Luego de ocurrido un periodo intenso de lluvias, se hizo necesaria la inspección del área de estudio, para evaluar los efectos de este evento. Asimismo, se desea seguir complementando la línea base de la Laguna de Batuco, desde el punto de vista de la calidad de sus aguas y sedimento. Al respecto, los objetivos planteados fueron:

- i. Determinar la extensión del cuerpo de agua “Laguna de Batuco”, en una situación de máxima saturación producto de las lluvias.
- ii. Realizar un muestreo de aguas para medir turbiedad, metales en sedimentos y microalgas en ciertos puntos de la Laguna.
- iii. Medir cloruros en una singularidad que fue encontrada en el terreno de Abril.
- iv. Aforar los afluentes y efluentes principales.
- v. Identificar posibles anomalías en la Laguna o sus inmediaciones, como aportes intermitentes de caudal u otros.

### **E.1.6 1, 5, 7 de Septiembre 2006**

Para continuar la caracterización base de la zona de estudio, este terreno pretendió continuar con la generación de información, así como indagar en nuevos lugares y parámetros de calidad que puedan conducir a nuevas conclusiones. Los objetivos específicos de esta campaña de terreno fueron:

- i. Determinar la extensión del cuerpo de agua Laguna de Batuco, en una situación de máxima saturación producto de las lluvias, complementando la información recopilada en Agosto del presente año.
- ii. Medir profundidades de la laguna, para definir la forma de la cuenca que se encuentra cubierta por agua.
- iii. Realizar un muestreo de aguas para medir parámetros generales como pH, T°, EC, OD y otros más específicos como nutrientes, DBO5, DQO, cloruros, clorofila a, turbiedad y Disco Secchi. Dicho muestreo se realizará con una gran densidad de puntos, con objeto de definir posibles lugares críticos de muestreo.
- iv. Realizar perfiles verticales de parámetros generales, de modo de evaluar una posible estratificación de la laguna.
- v. Aforar los afluentes y efluentes principales.
- vi. Identificar posibles anomalías en la Laguna o sus inmediaciones, como aportes intermitentes de caudal u otros.

### **E.1.7 6 de Noviembre 2006**

Para la evaluación de los alrededores de la Laguna, el siguiente terreno plantea cumplir los siguientes objetivos:

- i. Aforar los afluentes y efluentes principales.
- ii. Identificar posibles anomalías en la Laguna o sus inmediaciones, como aportes intermitentes de caudal u otros.
- iii. Realizar un catastro de las industrias presentes en la zona.
- iv. Identificar los principales flujos de agua en la cuenca.

### **E.1.8 7 de Diciembre 2006**

Esta actividad tuvo como objetivo continuar con la inspección del área de estudio, en términos de su red de canales y drenaje superficial. Se persiguió principalmente, realizar un mapa conceptual de las redes de canales aportantes a la cuenca, diferenciando aportes continuos de intermitentes, y conectándolos de ser posible.

### **E.1.9 15 de Diciembre 2006**

El objetivo de esta actividad, fue continuar con el recorrido de la red de drenaje del área de estudio, comenzado el día 7 de diciembre pasado.

### **E.1.10 18 de Enero 2007**

Esta campaña persiguió ser un complemento a la campaña de aguas subterráneas realizada en mayo del 2006. Los objetivos planteados fueron:

- i. Medir profundidad, nivel y calidad de aguas, en pozos o norias identificadas en el terreno de mayo.
- ii. Buscar pozos o norias en lugares donde falta información. Medir profundidad, nivel y calidad.
- iii. Aforar los afluentes y efluentes principales de la Laguna de Batuco.
- iv. Identificar posibles anomalías en las inmediaciones de la Laguna, como aportes intermitentes de caudal u otros.

## **E.2 Informes de Terreno**

Adjunto en formato digital

## **ANEXO F**

### **ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

## F.1 Estaciones bencineras

No fue posible obtener información detallada respecto a estas actividades. La potencial amenaza que representan, es por infiltración de combustible a la napa subterránea, la que eventualmente podría contaminar la Laguna de Batuco.

De las estaciones de servicio ubicadas, las que representan mayor riesgo, son aquellas ubicadas en Batuco, por su cercanía a la Laguna. De todas maneras, el riesgo es menor comparado con otras actividades, dadas las características del suelo, y las bajas velocidades de movimiento de las aguas subterráneas.

**Tabla F.1**  
**Datos de estaciones bencineras**

Datos generales	UTM e (m)	UTM n (m)	Altitud (m.s.n.m.)
Bencinera Batuco 1 Av. España s/n	331.269	6.320.734	483
Bencinera Batuco 2 Salida de Batuco, posterior a cruce con Santa Sara	-	-	-
COPEC S.A, Panamericana norte 27.500	335.384	6.323.361	498.5
ESSO Chile, Panamericana norte 28.000	335.526	6.323.036	501

Fuente: Elaboración propia

## F.2 Planta de tratamiento de aguas servidas

La planta de tratamiento de aguas servidas, La Cadellada, perteneciente a la empresa SERVICOMUNAL S.A. opera en la localidad de Batuco desde el año 1985, supliendo las necesidades de la localidad de Colina-Esmeralda (96.6% de su población urbana), y Lampa (57.8% de su población urbana). Debido a la fecha de inicio de sus actividades, este proyecto no entró al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Esta PTAS se compone de un tratamiento preliminar estándar para sólidos gruesos, seguido de 3 lagunas en serie (pre-sedimentación-aireación-sedimentación), seguidas por un estanque de regulación y almacenamiento, el cual fue agregado para soportar las sobrecargas de caudal. Para finalizar el tratamiento las aguas son cloradas y descargadas a un canal no revestido y de forma irregular. El flujo procedente de este canal, más otros detectados en la cuenca, llegan finalmente a desaguar en la Laguna de Batuco, siendo uno de sus principales caudales afluentes, sobre todo en verano.

A enero del año 2006, esta planta trataba en promedio, alrededor de 150 l/s. Se estima además que, para el año 2016, la población abastecida aumentará en un 2% para la localidad de Colina-Esmeralda, y en un 28%, para el caso de Lampa, por lo que estos caudales se deberían modificar sustancialmente, variando las condiciones actuales de funcionamiento de la planta.

En febrero del año 2004, la planta incorporó aireadores mecánicos dentro de sus lagunas, con objeto de favorecer la degradación de la materia orgánica. En teoría, el sistema de tratamiento pasaría a funcionar entonces como lodos activados de aireación extendida (LAAE). Cabe señalar que las especificaciones técnicas de la ampliación, entregadas a la autoridad, fueron bastante pobres.

En el año 2005, la PTAS La Cadellada, fue sindicada como la principal responsable del evento de muertes de gran cantidad de fauna en la Laguna de Batuco y sus alrededores, principalmente en el curso del canal de descarga del efluente de la planta. La causa de estas muertes habría sido por una cepa de botulismo aviar, la cual proliferó bajo ciertas condiciones muy particulares, que se habrían ocasionado por problemas en el tratamiento de las aguas.

Durante las inspecciones de terreno en el año 2006, se pudo constatar el deficitario funcionamiento de esta planta, así como su nula mantención. En mayo del 2006, se constató que los aireadores de las lagunas no se encontraban funcionando, y que además presentaban una gran cantidad de bulking a su alrededor, lo que generaba intensos y desagradables olores. Por su parte, en noviembre del año citado, se detectó un caudal importante que era descargado de la planta, sin ser clorado, el cual sería utilizado aguas abajo en riego de cultivos a ras de suelo.

En marzo del año 2007, se hace público el estudio (sujeto a EIA) para modificar el punto de descarga de la PTAS, desde la Laguna de Batuco a el Canal Lo Fontecilla, frente a la Escuela Santa Bárbara. Dicha modificación es la solución que presenta la empresa frente a la exigencia de la autoridad competente, para el cumplimiento del D.S. N° 90, Tabla 3, ya que la Laguna de Batuco presenta calidad de cuerpo lacustre. Una modificación de los procesos de tratamiento para cumplir con los parámetros fuera de norma, resulta demasiado costosa para la empresa.

**Figura F.1**  
**Anomalías PTAS La Cadellada**



### **F.3 Bodegaje de petcoke**

El petcoke es un subproducto de la refinación de petróleo, que al mezclarse con carbón bituminoso, es utilizado como combustible. Uno de sus principales atractivos es el bajo costo que presenta en relación a otros combustibles menos contaminantes.

Desde el punto de vista físico-químico, el petcoke es un sólido poroso, de color negro o gris oscuro, que contiene altas cantidades de azufre (dañino para los cultivos) y metales pesados, como níquel (cancerígeno según la OMS) y vanadio (aumenta las reacciones alérgicas y daña progresivamente el aparato respiratorio). Estos elementos forman parte del petcoke debido a la alta calidad que se exige a los combustibles derivados del petróleo. Por ende, producto de la refinación, todos estos residuos son acumulados en el petcoke.

En Camino Calerías s/n, localidad de Batuco, se emplaza una industria en el rubro del petcoke, que ha presentado una variación de sus actividades en el tiempo. En un comienzo (1985 aprox.), esta empresa (ARTREGO S.A.) se dedicaba a la producción de petcoke. Una de las características más notables de ello, eran las altas cargas contaminantes de material particulado liberado a la atmósfera, en concentraciones cercanas a  $1000 \text{ mg/m}^3$ .

Posteriormente, y luego de declararse en quiebra, la empresa siguió funcionando como PROFAL S.A. y SOCAMET S.A., tanto en el rubro del carbón metalúrgico como en el de papelería. En el caso del petcoke, el proceso productivo debió ser modificado, debido a las altas cargas contaminantes arrojadas a la atmósfera.

Para ello, en el año 1997 se implementó un sistema de quemado de gases, que permitió reducir las concentraciones de material particulado emitidas.

Adicionalmente al proceso del carbón metalúrgico, en la planta se comenzó a oxidar asfalto, el cual podía ser utilizado en caminos, como en la industria del papel. En este último rubro, la planta de Batuco incursionó, impregnando este material en pulpas de papel reciclado, para elaborar fieltros. Esta actividad se habría desarrollado entre los años 1995 a 2000, aproximadamente y habría contado con una planta para tratar aguas a base de procesos físicos para sólidos de gran tamaño, además de tener incorporada la recirculación de aguas en sus procesos.

A modo de antecedente, al año 1999 en la Comuna de Lampa se identificaban como fuentes fijas, los hornos de calcinación, precalentador, hornos de calcinación de gases y cuba de impregnación asfáltica de la empresa SOCAMET S.A., para la fabricación de carbón coke, bentonita y asfaltos.

Finalmente, y luego de haber cesado la producción de petcoke por un año y medio aproximadamente, desde el año 2003 la planta ubicada en Batuco comenzó a funcionar solamente como bodegaje de este hidrocarburo.

En la actualidad, la empresa Carbones para la Minería y la Industria S.A. se encuentra asociada con la industria argentina COPETROS S.A., la cual se encarga de la elaboración del carbón metalúrgico, el cual llega en camiones a Batuco, para su separación granulométrica, embalaje, bodegaje y venta. Además, se ha incorporado un proceso que consiste en aglomerar en tolvas, la gran cantidad de finos que se desprenden de las partículas mayores, para comercializarlos como briguetas.

Según información proporcionada por el Jefe de Planta, los únicos residuos de la empresa corresponderían a bolsas de embalaje en desuso y material particulado fino, los que se disponen en Hidronor.

Las fuentes de agua actualmente en uso provienen del agua potable rural de Batuco, para el consumo de los trabajadores, además de un pozo que se ubica en sus dependencias, usado principalmente para regadío por aspersión de especies reforestadas al interior de la planta.

**Figura F.2**  
**Anomalías Bodegaje de petcoke**



La calidad y características de los productos actualmente trabajados en la bodega, estarán directamente ligados a la calidad del yacimiento del que son originarios, y a los procesos aplicados para la elaboración del carbón metalúrgico. Sin embargo, debido a los procesos productivos que precedieron a los actuales, sería normal encontrar concentraciones de azufre significativas en el lugar.

#### **F.4 Cerámicas Santiago**

Su planta productora se encuentra ubicada en Av. Italia N° 1000, comuna de Lampa, en el costado sur oriente de la Laguna de Batuco. Su ubicación geográfica aproximada en coordenadas UTM Datum Sud 69, Huso 19, es (330.843 m, 6.322.299 m), con una altitud de 482 m.s.n.m.

Esta planta funciona desde fines de 1981, dedicándose principalmente a la fabricación de productos cerámicos prensados al vacío (ladrillos, tejas, baldosines, enchapes). A septiembre de 1999, la capacidad de esta planta era de 11.000.000 ladrillos/mes<sup>1</sup>.

El proceso productivo incluye las etapas de:

---

<sup>1</sup> Información de sitio web [www.ceramicasantiago.cl](http://www.ceramicasantiago.cl)

- Obtención materia prima: el material base de estos productos es la arcilla, que en este caso corresponde a una mezcla de dos tipos. Una de ellas, rica en cloruro de sodio, es extraída desde el límite sur de la Laguna de Batuco (pretil norte de la empresa), mientras que un segundo tipo, con alto contenido de arena, se extrae del límite sur de los terrenos de la empresa.
- Maduración: incluye una etapa de reposo a la intemperie, para facilitar la trituration de material e impedir que se aglomeren las partículas, y una etapa de exposición a la acción atmosférica, donde se favorece la descomposición de la materia orgánica de la arcilla.
- Pre-elaboración: su objetivo principal es lograr mediante acción física, el tamaño adecuado de los granos, además de eliminar piedras.
- Depósito de materia prima procesada: para terminar su homogeneización física y química.
- Elaboración: donde se agrega el agua para lograr el contenido de humedad adecuado al producto. Para la obtención del color característico de los ladrillos, se agregan aditivos.
- Moldeado: se da la forma a la masa de arcilla, para lograr la apariencia del producto final.
- Secado: donde se elimina la humedad en exceso del material, procurando no crear fisuras.
- Cocción
- Almacenamiento

De las etapas anteriores, la que ha provocado un mayor impacto sobre el sitio Humedal de Batuco, es la extracción de arcilla, sobre todo la que se realiza desde el suelo contiguo por el sur a la Laguna de Batuco. Esta extracción sostenida en el tiempo, ha dado origen a grandes socavaciones del terreno, de las cuales aflora la napa subterránea, siendo un posible punto de descarga artificial del acuífero, además de una nueva fuente de agua para evaporación. Durante las visitas a terreno realizadas, se detectaron al menos 4 pozas actualmente en desuso (ya no se extraen áridos de ellas), y otras pozas en uso, al sur de las anteriores. En total, se trataría de 8 pozas.

Además de estas intervenciones, se han construido pretilos de tierra, con el fin de facilitar el acceso de camiones al sitio de extracción de materia prima, y otros para controlar los flujos de agua desde la Laguna de Batuco hasta las faenas. Estos pretilos datarían de 1998.

**Figura F.3**  
**Zona de extracción de áridos, Cerámicas Santiago**



De todas las intervenciones generadas por la empresa a la Laguna, se distinguen dos situaciones de mayor relevancia, las que se describen a continuación.

- **Restauración ambiental de sector de Humedal de Batuco**

En el año 2000, el Consejo de Defensa del Estado demandó a Cerámicas Santiago por la remoción y extracción de material para fabricar ladrillos, desde terrenos pertenecientes al área de preservación ecológica Humedal de Batuco, lo cual ha ocasionado una significativa alteración de este sitio.

En enero del año 2002, ambas partes llegan a un acuerdo, que obliga a la empresa a recuperar y replantar toda el área afectada. El proyecto que englobe dichos aspectos debe ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

En enero del año 2005, Cerámicas Santiago presenta a CONAMA RM la Declaración de Impacto Ambiental relativo a la restauración de 16.6 has de terreno intervenido, ubicado en la zona de protección ecológica, Humedal de Batuco. A grandes rasgos, el proyecto plantea la limpieza del terreno y replantación de especies similares a las presentes en los alrededores (previo acondicionamiento del suelo), de manera de conformar un hábitat similar al que se da en la Laguna de Batuco. El agua necesaria para configurar este ambiente, sería extraída desde la misma Laguna de Batuco, mediante compuertas instaladas sobre el pretil norte de Cerámicas Santiago. Al respecto, no se solicitaron derechos de aguas, ya que la autoridad responsable (DGA) manifestó que el asunto no era de su competencia<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Gustavo Morales, Jefe Departamento Técnico, Cerámicas Santiago. [gmorales@ceramicasantiago.cl](mailto:gmorales@ceramicasantiago.cl)

Luego de que las autoridades competentes revisaran este proyecto y realizaran los comentarios pertinentes, se determinó que este proyecto debería pasar de DIA a EIA. En este proyecto, se define la ubicación de la zona a restaurar en el cuadrante de coordenadas UTM: (329.723, 6.323470), (329.963, 6.323.090), (329.630, 6.322.862), (329.393, 6.323.240).

La etapa de construcción del proyecto, que incluye la plantación de especies, conformación de nuevos pretilos, ejecución de camas de tierra para las especies vegetales y la instalación de ductos en el pretil norte, que conecta los terrenos de la empresa con el costado sur de la Laguna de Batuco, se habría realizado durante el periodo noviembre 2005 - enero 2006.

Cabe señalar que, durante las campañas realizadas a lo largo del 2006 y comienzos del 2007, no se observó ningún mejoramiento significativo en la zona señalada. De hecho, la operación de las compuertas ubicadas en el pretil norte de Cerámicas Santiago (sur de la laguna), ha producido taponamientos aguas arriba de ellas, debido a la totora arrastrada por el flujo, lo cual empeora el paisaje, y tiene efectos desconocidos sobre la fauna del lugar.

- **Descarga de aguas desde pozas de extracción de áridos.**

Durante el año 2004 se recibió una denuncia del SAG, en relación a los afloramientos de la napa subterránea en las pozas de extracción de arcillas, de Cerámicas Santiago. Esta agua se descargarían en canales<sup>3</sup> que dan al desagüe de la Laguna de Batuco. Al respecto, se le pide a la fábrica que caracterice sus descargas, y verifiquen cumplimiento del D.S. 90 en relación a descargas sobre cuerpos fluviales.

Al respecto, se realiza un muestreo de las distintas pozas de extracción de áridos, encontrando entre ellas, distintas calidades de aguas. Una de estas calidades sería asociable a la calidad de la Laguna de Batuco, pero no se describe muestreo que permita verificar esta hipótesis. Para el segundo tipo de aguas, los resultados del muestreo arrojan valores elevados para los parámetros Boro, Cloruro, Manganeso, pH y Sulfato. Se les atribuye a la lixiviación propia del suelo.

Posteriormente, vía oficio, la SISS da la instrucción de no descargar aguas provenientes de las pozas en los canales efluentes de la Laguna de Batuco. Esta resolución queda sin efecto, luego que la empresa argumentara que la calidad de las aguas descargadas es mejor que la del propio canal efluente de la laguna. Por esta razón, la empresa logra descargar las aguas que afloran desde sus pozas de extracción de arcillas, mediante bombeo y posterior conducción por un canal de tierra.

---

<sup>3</sup> La SISS registra un punto de descarga en las coordenadas UTM, Datum Sud 56, Huso 19, (330,080 m, 6,321,975 m).

## **F.5 Cerámicas Batuco**

Esta empresa se ubica continua a Cerámicas Santiago, en Av. Italia N° 750. Su ubicación geográfica es 330.968 m UTM este, 3.321.496 m UTM norte, 483 m.s.n.m Altitud.

Lamentablemente, no fue posible conseguir información detallada de esta empresa. Sin embargo, según lo que se observa en el sitio web de la fábrica<sup>4</sup>, ésta se dedicaría a la producción de cerámicas para pisos, aparentemente sin generación de RILES.

Sin embargo, antecedentes de 1999, señalan que la empresa tenía hornos de cocción, los cuales eran una importante fuente de contaminación del aire del sector. Se ignora si esta situación se repite en la actualidad. Tampoco se conoce el lugar de extracción de materias primas.

## **F.6 Desarrollo inmobiliario**

Además de la localidad de Batuco como centro urbano-rural, y otras poblaciones como la de Santa Sara, en los últimos años, se han creado nuevas poblaciones, sobre todo como parcelas de agrado. Al respecto, destacan condominios por el costado oriente de la zona de estudio, y otros por el sector poniente (Lo Fontecilla, Los Almendros). Para organizarse en cuanto a la cobertura de sus necesidades básicas (agua potable, recolección de residuos, etc.), algunos de estos condominios se organizan en Juntas de Adelanto.

Uno de los principales efectos sobre la Laguna de Batuco, corresponde a la modificación de su efluente natural y de las condiciones de evaporación de sus aguas. Para mejorar la plusvalía de sus condominios, el Sr. Pedro Rojas creó un desnivel artificial, aguas abajo del efluente de la laguna, y socavó el terreno, de forma tal que se formó un tranque de grandes dimensiones (aprox. 5 m de profundidad), tal como se muestra en la Figura B.6.6.1. Luego de pasar por este tranque, las aguas continúan por un canal que escurre paralelo a la línea de ferrocarriles, para luego desviarse periódicamente y descargar en el canal frente a la escuela Santa Bárbara.

---

<sup>4</sup> [www.ceramicabatuco.cl](http://www.ceramicabatuco.cl)

**Figura F.4**  
**Tranque en el efluente de la Laguna de Batuco**



Respecto a este tema, el CDE demandó al Sr. Rojas, y determinó que él debía hacerse cargo de la restauración del sitio. Como garantía, el Sr. Rojas concedió al estado los terrenos donde se ubica este tranque, “desligándose” del tema.

Los servicios públicos competentes se encuentran evaluando la forma de restaurar este terreno. Volverlo a su condición original, significa un gran costo, sobre todo por el material de relleno que se necesita. La opción que se maneja actualmente es reacondicionarlo (asemejarlo físicamente al humedal), para mantener la residencia de aves que actualmente se produce en el lugar.

## **F.7 Agricultura en Fundo La Laguna**

Al norte de la Laguna de Batuco, se emplaza la actividad agrícola de mayor intensidad, en toda el área de estudio. Esta es desarrollada por la empresa Agrícola e inversiones La Laguna Batuco S.A. e incluye el cultivo, cosecha y comercialización de cultivos tanto de invierno como verano, así como el secado de frutos al sol, y la refrigeración de éstos en cámaras de frío.

La empresa, de carácter familiar, estaría vinculada a estos terrenos desde hace más de 60 años. En un principio, la agricultura practicada era a una escala bastante menor a la actual. Sin embargo, el incremento de la demanda de los productos a nivel nacional e internacional, hizo que la actividad se expandiera aproximadamente desde 1977, sin cesar de producir hasta la fecha.

Los principales cultivos que se desarrollan actualmente son:

- Uvas de exportación (50 há)
- Uva vinera (5 há) (Cabernet, con área destinada a la producción de vino orgánico)
- Almendros (30 há)
- Cítricos (12 há)
- Cultivos orgánicos (30 há) (Rotación en un año entre radichios y cebollas y Avena licia). También se producen lechugas y zanahorias para el mercado nacional.

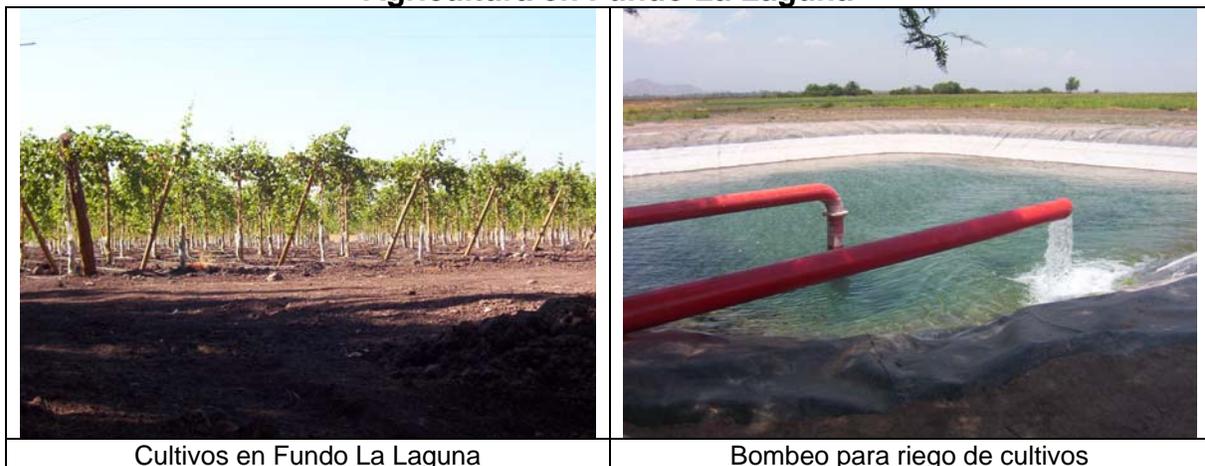
Debido a los importantes beneficios obtenidos, sobre todo en lo que a uva respecta, se está pensando en ampliar la superficie cultivada.

En cuanto a los residuos generados, éstos son de carácter orgánico y corresponden principalmente al proceso de la uva. Los desechos son recolectados por una empresa externa y llevados a sitio de disposición final.

En relación a las intervenciones de esta actividad sobre la Laguna de Batuco, éstas son de dos tipos. En primer lugar, el uso del agua proviene desde 5 pozos profundos ubicados en el fundo, donde uno de ellos se usa además para consumo humano. Estos pozos bombean sus aguas hacia un tranque ubicado al nor-oeste de la laguna, el que está desconectado de ella superficialmente, mediante un pretil de tierra. Dada la cercanía de algunos de los pozos al estanque y debido a lo intensivo del bombeo, los trabajadores del lugar creen que las aguas bombeadas corresponderían a las del mismo estanque, en algunos casos.

Otro impacto de esta actividad sobre el medio, es la aplicación de productos químicos en su producción. Como pesticida, se usa clorpirita, mientras que como fertilizante, se aplican urea y nitrato (de uso común), los cuales contribuyen a la acidificación del suelo.

**Figura F.5**  
**Agricultura en Fundo La Laguna**



## F.8 Otros desarrollos agrícolas

Dentro de la zona de estudio se desarrollan otras actividades agrícolas y pecuarias (crianza de avestruces entre otras), pero de menor intensidad que en el Fundo La Laguna.

Durante las visitas a terreno, se observó un número importante de cultivos pequeños, sobre todo a ras de suelo, principalmente al este de la laguna, en el sector de Santa Sara de Batuco. Estos cultivos se mantienen con las aguas que escurren por la red de canales de Batuco, y por otros escurrimientos difusos. Durante la visita a terreno de noviembre 2006, se apreció un cultivo a ras de piso que era regado con aguas del efluente de la PTAS La Cadellada. Estas aguas eran descargadas antes de ser cloradas. En la Figura B.6.8 se presentan algunas fotografías de lo constatado en esa visita.

**Figura F.6**  
**Aguas de riego procedentes de PTAS La Cadellada**



## F.9 Corte de Totora

Según se observó en las inspecciones de terreno, esta actividad se da preferentemente en verano, cuando los niveles de la Laguna bajan, y la totora muere en forma natural. Este producto se habría utilizado hasta hace algunos años, como materia prima de artesanía dentro de la comuna, lo cual en la actualidad no ocurre. Actualmente, se vende fuera de la comuna.

Además, esta extracción ocurre preferentemente en la zona nor poniente de la Laguna, donde la totora se encuentra más cerca de la orilla, lo que facilita su extracción.

**Figura F.7**  
**Cosecha de totora, febrero 2007**



#### **F.10 Caza y Pesca**

Según los propios habitantes de Batuco, la caza y pesca dentro de la Laguna de Batuco son una actividad común, pese a que ambas se encuentran prohibidas por ley.

Durante las visitas a terreno, los animales encontrados muertos eran sólo por depredación. Sin embargo, era común observar en toda la orilla de la laguna, sobre todo por el oeste, gran cantidad de cartuchos de rifle usados, lo que constata la versión de los vecinos.

## **ANEXO G**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA LAGUNA DE BATUCO**

## **G.1 Características Físicas**

### **G.1.1 Laguna Central (LC)**

- **Generalidades**

Corresponde a la sub-laguna de mayor extensión areal de toda la Laguna de Batuco. Su área total, determinada en septiembre del año 2006, es de 2.023 km<sup>2</sup>, de la cual 1.375 km<sup>2</sup> están cubiertos de vegetación (68% de LC) y 0.648 km<sup>2</sup> corresponden a superficie de agua (32% de LC).

Por el borde oriental, recibe los aportes puntuales de agua de los afluentes A1 y A2, mientras que por el poniente se encuentra acotada en casi el 50% de su extensión por la línea del tren, descargando sus aguas bajo ésta, mediante el efluente E1.

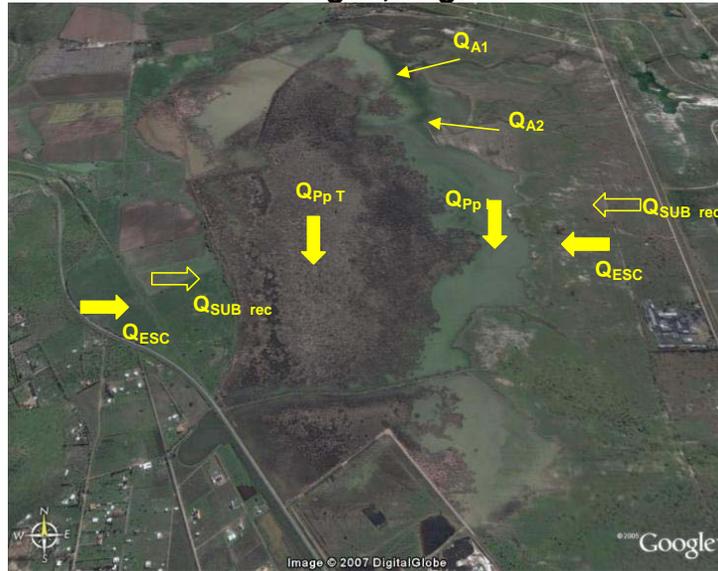
Por el norte, se encuentra delimitada por un pretil de tierra denotado Pretil Norte (Figura 5.5), el cual lo separa de las sub-lagunas, LN y LNO. Finalmente por el sur, se encuentra acotada parcialmente por un pretil de tierra, el cual presenta 3 cortes que permiten conectar a la sub-laguna LC con su par LS.

La Laguna Central correspondería a la parte de mayor dinamismo de toda la Laguna de Batuco, ya que recibe directa y continuamente, aportes de agua superficial, además de nutrientes y otras sustancias. Adicionalmente, al encontrarse al centro de la Laguna, las restantes sub-lagunas actuarían como atenuadores de potenciales eventos contaminantes provenientes del norte y sur de la cuenca.

- **Afluentes y efluentes**

Sus principales entradas de caudal corresponden a aportes puntuales superficiales (afluentes A1 y A2), aportes por precipitación ( $Q_{PP}$ ) y escorrentía directa ( $Q_{ESC}$ ), y eventuales aportes de aguas subterráneas ( $Q_{SUB}$ ). Existen otros posibles aportes puntuales de caudal, los cuales sólo pudieron ser identificados en forma visual. La magnitud e importancia de estos aportes, se analiza en el Punto 5.7. Estos aportes se esquematizan en la Figura G.1.

**Figura G.1**  
**Entradas de agua, Laguna Central**



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las descargas de agua por parte de esta sub-laguna, se cuenta un efluente puntual, de carácter permanente (efluente E1) y otro dado por cortes en el Pretil Central, lo que induciría un caudal aportante a LS ( $Q_{LS}$ ). Otras descargas de agua desde LC son la evaporación ( $Q_{EVAP}$ ) desde el espejo de agua, la evapotranspiración de la vegetación ( $Q_{ET}$ ), y una posible descarga de aguas subterráneas. Otras posibles descargas de agua desde la Laguna Central, serían posibles canalizaciones por el borde poniente, usadas para riego, así como la alimentación de la Laguna Norte, producto de rebales en LC ( $Q_{LN}$ ).

**Figura G.2**  
**Salidas de agua, Laguna Central**



Fuente: Elaboración propia

- **Profundidad de la sub-laguna**

Según las mediciones de niveles de agua en la Laguna, en septiembre del 2006, la sub-laguna LC alcanza una profundidad media de 46 cm, con un valor máximo de 84 cm y un mínimo de 6 cm.

Cabe señalar que, debido a la densa cobertura vegetal que se desarrolla al poniente de LC, la batimetría sólo pudo ser determinada para el costado oriente de la misma. Por esta razón, se supuso que la forma de la cuenca que contiene a LC, presenta una simetría hacia el poniente. De esta forma, se pudieron determinar las curvas de nivel, que se muestran en la Figura 5.7, tanto para LC como para el resto de la Laguna.

- **Volumen almacenado**

Adoptando los supuestos ya mencionados, para la confección de las curvas de nivel, es posible determinar el volumen de agua almacenado, como:

$$V_{i-j} = A_{i-j} * h_{i-j} \quad G.1$$

Donde:

$V_{i-j}$ : volumen comprendido entre las curvas de nivel i y j  
 $A_{i-j}$ : área comprendida entre las curvas de nivel i y j  
 $h_{i-j}$ : altura promedio, entre las curvas de nivel i y j

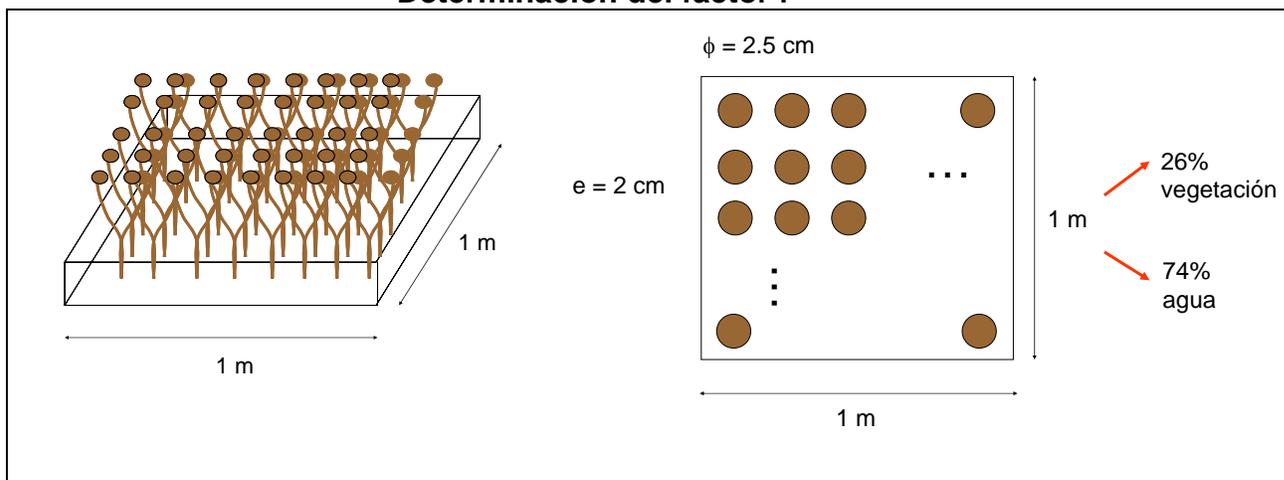
Adicionalmente, ya que el volumen de agua almacenado proviene tanto del almacenamiento entre totoras (con vegetación), como el contenido en forma libre (sin vegetación), se asume lo siguiente:

$$V_{\text{agua}} = \Sigma(V_{i-j}^{c/v} * f + V_{i-j}^{s/v}) \quad G.2$$

Donde:

$V_{\text{agua}}$ : volumen de agua almacenado en la sub-laguna  
 $V_{i-j}^{c/v}$ : volumen total comprendido en la zona con vegetación  
 $V_{i-j}^{s/v}$ : volumen total comprendido en la zona sin vegetación  
f: factor que establece el porcentaje de volumen que ocupa el agua, en un sitio con vegetación. Para el caso de la totora, asumiendo un diámetro de tallo de 2.5 cm, y una separación de 2 cm entre tallos, se obtiene que un 74% del volumen lo ocupa el agua, y un 26% la totora.

**Figura G.3**  
**Determinación del factor f**



Fuente: Elaboración propia

De esta forma, el total de agua almacenada en la sub-laguna LC, es de 682,163  $\text{m}^3$ .

### G.1.2 Laguna Norte (LN)

- **Generalidades**

Corresponde a la sub-laguna de menor extensión areal de toda la Laguna de Batuco. Su área total, determinada en septiembre del año 2006, es de 0.065  $\text{km}^2$ , los que en su totalidad corresponden a cobertura de agua, ya que esta laguna carece de vegetación macrófita.

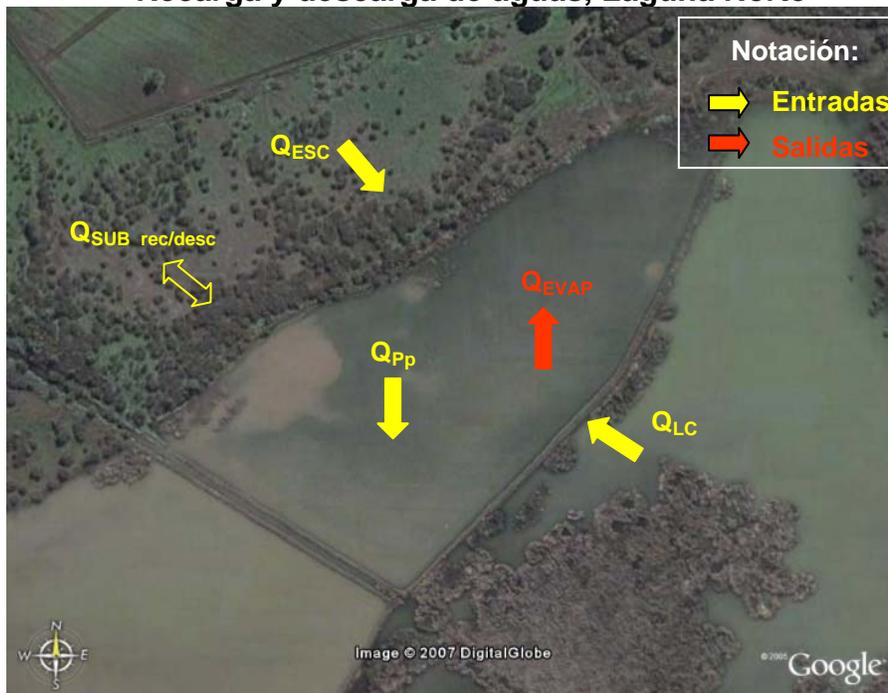
El borde oriental de esta sub-laguna, se encuentra libre a posibles aportes superficiales de agua. Sin embargo, no se detectaron aportes superficiales puntuales de agua hacia esta sub-laguna. El borde occidental, está acotado por un pretil de tierra, perpendicular al Pretil Norte (ver Figura 5.5), que la separa de la sub-laguna LNO.

Por el norte, LN también se encuentra libre a posibles flujos superficiales (no detectados), colindando con algunos cultivos vegetales del Fundo La Laguna. Por el sur, LN está acotada por el Pretil Norte, el cual la separa de la sub-laguna LC.

- **Afluentes y efluentes**

Las principales entradas de caudal de esta sub-laguna, corresponden a precipitación ( $Q_{PP}$ ), escorrentía ( $Q_{ESC}$ ) y aporte por rebalse desde la Laguna Central ( $Q_{LC}$ ). Su principal descarga de agua, corresponde a evaporación desde el espejo de agua ( $Q_{EVAP}$ ). Al igual que LC, existiría una potencial interacción con las aguas subterráneas, que permitirían la descarga y/o recarga de LN, desde esta fuente. Los principales flujos de agua de LN se esquematizan en la Figura G.4.

**Figura G.4**  
**Recarga y descarga de aguas, Laguna Norte**



Fuente: Elaboración propia

- **Profundidad de la sub-laguna**

La profundidad media de la sub-laguna LN a septiembre del año 2006, alcanza los 31 cm, registrándose un máximo de 36 cm y un mínimo de 25 cm.

- **Volumen almacenado**

El volumen almacenado por esta sub-laguna es de  $15,654 \text{ m}^3$ , determinado con información de septiembre del 2006.

### **G.1.3 Laguna Nor-oeste (LNO)**

- **Generalidades**

La sub-laguna LNO, representa el segundo mayor aporte de superficie a la Laguna de Batuco, con un total de  $0.373 \text{ km}^2$  de superficie, muy similar al área de LS. De la superficie total,  $0.112 \text{ km}^2$  corresponden a cobertura vegetal (30% de LNO), mientras que  $0.261 \text{ km}^2$  corresponden a espejo de agua (70% de LNO).

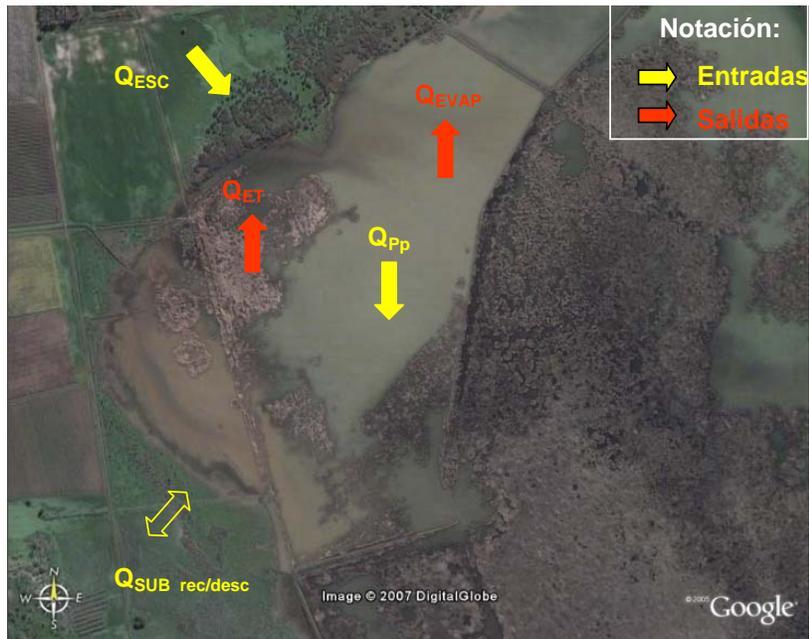
El borde oriente de esta laguna está limitado por un pretil de tierra, perpendicular al Pretil Norte (ver Figura 5.5), que la separa de la sub-laguna LN. Por el poniente, su ribera se encuentra libre a posibles aportes superficiales de agua.

Por el norte, LNO también se encuentra libre a posibles flujos superficiales (no detectados), colindando con algunos cultivos vegetales del Fundo La Laguna. Por el sur, LN está acotada por el Pretil Norte, el cual la separa de la sub-laguna LC. Cabe señalar que esta sub-laguna, se encuentra muy cercana a un tranque artificial del Fundo La Laguna, el cual es bombeado constantemente, para el riego de algunos cultivos. Por esta razón, LNO, podría verse influenciada por esta actividad.

- **Afluentes y efluentes**

Las principales entradas de caudal de esta sub-laguna, corresponden a precipitación ( $Q_{PP}$ ) y escorrentía ( $Q_{ESC}$ ), así como posibles flujos subterráneos ( $Q_{SUBTE}$ ). Su principal descarga de agua, corresponde a evaporación desde el espejo de agua ( $Q_{EVAP}$ ) y evapotranspiración desde la vegetación ( $Q_{ET}$ ), así como un posible flujo subterráneo, que se acentuaría por los bombeos realizados en el fundo vecino. Los principales flujos de agua de LNO se esquematizan en la Figura G.5

**Figura G.5**  
**Recarga y descarga de aguas, Laguna Nor-oeste**



Fuente: Elaboración propia

- **Profundidad de la sub-laguna**

La profundidad media de la sub-laguna LN a septiembre del año 2006, alcanza los 40 cm, registrándose un máximo de 56 cm y un mínimo de 14 cm.

- **Volumen almacenado**

El volumen almacenado por esta sub-laguna es de 111,601 m<sup>3</sup>, determinado con información de septiembre del 2006.

#### **G.1.4 Laguna Sur (LS)**

- **Generalidades**

La sub-laguna LS, representa el tercer mayor aporte de superficie a la Laguna de Batuco, con un total de 0.343 km<sup>2</sup> de superficie, de los cuales 0.174 km<sup>2</sup> corresponden a cobertura vegetal (51% de LS), mientras que 0.169 km<sup>2</sup> corresponden a espejo de agua (49% de LS).

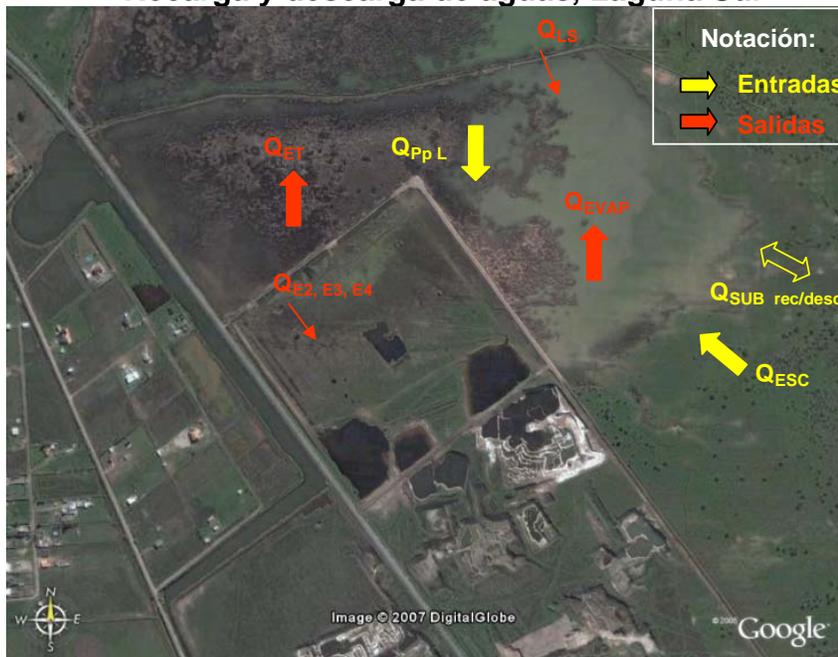
El borde oriente de esta sub-laguna está libre a posibles aportes superficiales, al contrario de lo que ocurre en el costado poniente, el cual está acotado por la línea del tren.

Por el norte, LS limita con el Pretil Central el cual, a través de 3 cortes, permite la conexión con la Laguna Central. Por el sur, LS está acotada por el Pretil Sur, el cual la separa de las fosas de extracción de áridos de Cerámicas Santiago.

- **Afluentes y efluentes**

Las principales entradas de caudal de esta sub-laguna, corresponden a precipitación ( $Q_{Pp}$ ) y escorrentía ( $Q_{ESC}$ ), así como posibles flujos subterráneos ( $Q_{SUBTE}$ ) y el aporte desde LC ( $Q_{LS}$ ). Su principal descarga de agua, corresponde a evaporación desde el espejo de agua ( $Q_{EVAP}$ ) y evapotranspiración desde la vegetación ( $Q_{ET}$ ), así como un posible flujo subterráneo, que se acentuaría por los bombeos realizados en el fundo vecino. Una descarga de agua de frecuencia y magnitud desconocida, se realiza mediante 3 compuertas ( $Q_{E2}$ ,  $Q_{E3}$ ,  $Q_{E4}$ ), instaladas por Cerámicas Santiago, ubicadas sobre el Pretil Sur. Los principales flujos de agua de LS se esquematizan en la Figura G.6.

**Figura G.6**  
**Recarga y descarga de aguas, Laguna Sur**



Fuente: Elaboración propia

- **Profundidad de la sub-laguna**

La profundidad media de la sub-laguna LN a septiembre del año 2006, alcanza los 45 cm, registrándose un máximo de 80 cm y un mínimo de 27 cm.

- **Volumen almacenado**

El volumen almacenado por esta sub-laguna es de 150,517 m<sup>3</sup>, determinado con información de septiembre del 2006.

## G.2 Calidad de aguas en la Laguna de Batuco

**Tabla G.1**  
**Parámetros físico-químicos de calidad de aguas**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	pH	T (°C)	EC (uS/cm)	Salinidad (mg/l)	OD (mg/l)
1	Sep-06	329246	6325358	12:15	10.29	14.7	1450	614	13.95
2	Sep-06	329288	6325310	12:30	9.78	15.7	1524	664	15.08
3	Sep-06	329211	6325240	12:40	9.8	15.4	1520	661	17.1
4	Sep-06	329117	6325303	13:05	10.18	16	1450	614	14.08
5	Sep-06	329181	6325197	13:25	9.76	15.1	1494	644	10.47
6	Sep-06	329069	6325052	14:00	8.61	16.4	2690	1455	14.4
7	Sep-06	328982	6324949	14:10	8.63	16.4	2710	1469	14.7
8	Sep-06	328798	6325015	14:30	8.83	18	2690	1455	17.2
9	Sep-06	328738	6324991	14:45	8.65	18.3	2630	1415	13.7
10	Sep-06	328843	6324809	15:20	8.63	17.2	2680	1449	13.62
11	Sep-06	328856	6324630	15:40	8.36	17.5	2650	1428	10.92
12	Sep-06	328775	6324530	15:55	8.47	18	2710	1469	12.5
13	Sep-06	328601	6324651	16:50	8.76	19.6	2650	1428	15.6
14	Sep-06	328496	6324794	17:15	8.71	20.7	2650	1428	14.2
15	Sep-06	329477	6325392	12:30	7.89	14.8	1185	434	6.5
16	Sep-06	329477	6325284	13:03	7.99	15.5	1158	416	7.8
17	Sep-06	329603	6325225	13:35	8.24	19.1	1267	490	11.8
18	Sep-06	329645	6325163	14:58	8.4	21.2	1270	492	15.5
19	Sep-06	329683	6325086	15:36	8.21	19.3	1218	456	12.4
20	Sep-06	329769	6324962	16:17	8.46	20.3	1280	498	15.9
21	Sep-06	329814	6324868	16:42	8.39	19.6	1254	481	15.5
22	Sep-06	329894	6324894	16:54	8.68	20.8	1340	539	>18
23	Sep-06	329885	6324840	17:18	8.77	20	1491	642	16
24	Sep-06	329798	6324740	17:46	8.7	19.4	1327	530	18
25	Sep-06	328529	6324847	16:15	7.73	19.2	2720	1476	
26	Sep-06	330956	6325509	12:03	7.76	14.3	1573	697	
27	Sep-06	329062	6323246	14:54	7.64	15	1924	935	
28	Sep-06	329804	6324737	12:15					
29	Sep-06	329587	6324938	13:24	7.85	17.1	1220	458	9.05
30	Sep-06	329782	6324599	14:49	7.95	18.1	1349	545	10.2
31	Sep-06	329346	6325479	16:16	10.3	20.1	1316	523	16.4
32	Sep-06	329385	6323310	18:30	7.7	16.9	1716	794	11.2
33	Sep-06	329410	6323335	18:50	7.7	15.9	1356	550	2.84
34	Sep-06	329860	6324557	11:37	7.88	12.1	1598	714	8.43
35	Sep-06	329741	6324529	11:45	7.82	13	1653	752	5.65
36	Sep-06	330031	6324389	12:10	8.44	11.2	1640	743	11.2
37	Sep-06	329950	6324188	12:35	8.65	12.8	1646	747	10.63
38	Sep-06	330062	6323940	12:54	8.65	12.8	1614	725	12
39	Sep-06	330167	6323945	13:07	8.88	12.7	1674	766	13.15
40	Sep-06	330100	6323841	13:24	8.74	12.8	1635	739	12.7

**Tabla G.1**  
**Parámetros físico-químicos de calidad de aguas. Continuación**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	pH	T (°C)	EC (uS/cm)	Salinidad (mg/l)	OD (mg/l)
41	Sep-06	329992	6323898	13:33	8.37	13.7	1641	743	9.6
42	Sep-06	329896	6323826	14:00	7.95	13.6	1666	760	3.5
43	Sep-06	330050	6323822	15:00	8.83	14.2	1618	728	15.77
44	Sep-06	330108	6323844	15:05	8.81	14.5	1620	729	14.35
45	Sep-06	329872	6323672	15:37	8.57	14.6	1666	760	10.8
46	Sep-06	329806	6323505	15:53	8.22	14.8	1660	756	7
47	Sep-06	329838	6323428	16:08	8.48	14.6	1660	756	10.4
48	Sep-06	329863	6323358	0:00	8.18	16.3	1893	914	8.5
49	Sep-06	329912	6323322	17:20	8.3	15.7	1909	925	12.7
50	Sep-06	329922	6323247	17:21	8.66	15.3	1911	927	14.4
51	Sep-06	329951	6323201	17:34	8.76	15.5	1906	923	15.3
52	Sep-06	329956	6323124	17:43	8.89	15.6	1894	915	17.8
53	Sep-06	329940	6323040	17:50	9.06	15.5	1872	900	17.75
54	Sep-06	329613	6324564	12:45	7.27	12.9	1182	432	4.4
55	Sep-06	329788	6323737	15:45	7.75	14.2	1239	471	4.8
56	Sep-06	329627	6323385	16:38	7.86	14.2	1266	489	3.9
57	Sep-06	329754	6323277	17:55	7.72	14.8	1446	611	5.5
58	Sep-06	329841	6322974	18:51	8.29	14.3	1364	555	11.7
59	Agos-06	330072	6323280	11:00	8.82	9.8			
60	Agos-06	329979	6323356						
61	Agos-06	330148	6323811	11:50	8.48	9.9			
62	Agos-06	330174	6324310	12:25	8.45	9.5	1930	940	
63	Agos-06	329945	6324581	13:08	7.74	11.1			
64	Agos-06	330786	6324602						
65	Agos-06	329342	6325515		8.89	12.8			
66	Agos-06	329011	6325291						
67	Agos-06	328803	6324895	18:00	8.58	10.5	2390	1252	
68	Agos-06	329304	6322954				2230	1143	
69	Agos-06	329062	6323246						
70	Agos-06	330956	6325509						
71	Abr-06	330769	6325224	17:23	7.72	26.7	1240	471	6.29
72	Abr-06	329063	6323252						
73	Abr-06	329099	6325230	18:54	9.06	18.9	5260	3200	9.08
74	Abr-06	330085	6324227	10:43		9.7	1368	558	
75	Abr-06	329548	6325776	12:38	8.34	20.8	1702	785	
76	Abr-06	329544	6325637	13:57	8.74	25.6	1458	619	
77	Abr-06	329542	6325649	13:54	8.7	24.7	1460	621	
78	Abr-06	329546	6325602	13:29	8.83	23.4	1456	618	
79	Abr-06	329304	6322954	13:39	8.2	26.4	11040	7123	3.61
80	Abr-06	329913	6322824	14:03	7.94	25.8	1352	547	3.23

**Tabla G.1**  
**Parámetros físico-químicos de calidad de aguas. Continuación**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	pH	T (°C)	EC (uS/cm)	Salinidad (mg/l)	OD (mg/l)
81	Abr-06	329639	6323191	14:17	7.49	26.7	1911	927	
82	Abr-06	329606	6323168	14:35	7.42	27.6	1794	847	3.33
83	Abr-06	329205	6326167	14:47	7.76	28	6830	4266	
84	Abr-06	329489	6323073	14:58	7.58	28.1	2670	1442	
85	Abr-06	329355	6322967	15:12	7.68	28.9	3090	1727	
86	Abr-06	329073	6323260	15:22	7.55	28.7	1988	979	4.59
87	Abr-06	329378	6323329	16:23	8.57	30	1697	781	
88	Abr-06	329023	6323938	16:33	8.16	26.4	4170	2460	6.29
89	Abr-06	329837	6323561	14:50	8.74	28.7	1367	557	3.04
90	Abr-06	329905	6323015	16:59	8.53	28.2	1471	628	6.7
91	Abr-06	330072	6322617	17:10	7.72	28.6	1339	538	5.97
92	Abr-06	330081	6323853	17:48	8.93	27.3	1407	585	7.96
93	Abr-06	330757	6324588	17:55	7.82	25.9	1482	635	7
94	Abr-06	328987	6323954	18:11	8.6	24.8	4700	2820	6.46
95	Abr-06	329007	6325283	19:07	9.15	17.6	1433	602	9.32
96	Abr-06	330178	6324381	10:52	9.41	10.5	1778	836	9.93
97	Abr-06	330105	6323956	11:01	8.72	10.8	1510	654	8.84
98	Marz-06	329882	6324961		8.52	25	1181	431	
99	Marz-06	329956	6325474		8.04	22.5	1156	414	
100	Marz-06	330915	6325508		8.15	23.3	1140	403	
101	Marz-06	329220	6323534		7.91	26.5	1462	622	
				<b>MEDIA</b>	8.43	18.35	1964	963	10.58
				<b>MÁX</b>	10.3	30	11040	7123	18
				<b>MIN</b>	7.27	9.5	1140	403	2.84

**Tabla G.2**  
**Turbiedad, Disco Secchi y clorofila a en la Laguna de Batuco**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	DS (cm)	Cl a (mg/l)	T (UNT)
1	Sep-06	329246	6325358	12:15	Infinito	-	
2	Sep	329288	6325310	12:30	Infinito	-	
3	Sep	329211	6325240	12:40	Infinito	<0,03	14.77
4	Sep	329181	6325197	13:25	48	-	17.61
5	Sep	329069	6325052	14:00	26	-	
6	Sep	328982	6324949	14:10	26	<0,03	25.7
7	Sep	328798	6325015	14:30	Infinito	-	
8	Sep	328738	6324991	14:45	23	-	
9	Sep	328843	6324809	15:20	31	-	
10	Sep	328856	6324630	15:40	26.5	-	
11	Sep	328775	6324530	15:55	14	<0,03	70.8
12	Sep	328601	6324651	16:50	14.5	-	
13	Sep	329603	6325225	14:16	14.5	0.06	76.9
14	Sep	329798	6324740	17:46	21.25	<0,03	30.3
15	Sep	329804	6324737	12:15	Infinito	<0,03	58.6
16	Sep	329587	6324938	13:24	-		22.3

**Tabla G.3**

**Turbiedad, Disco Secchi y clorofila a en la Laguna de Batuco. Continuación**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	DS (cm)	Cl a (mg/l)	T (UNT)
18	Sep	329346	6325479	16:16	-		21.1
19	Sep	329385	6323310	18:30	Muy Tarde	<0,03	12.27
20	Sep	329410	6323335	18:50	-		5.08
21	Sep	329860	6324557	11:37	Infinito	-	
22	Sep	329741	6324529	11:45	37	-	
23	Sep	330031	6324389	12:10	Infinito	<0,03	
24	Sep	329950	6324188	12:35	46	-	
25	Sep	330062	6323940	12:54	Infinito	-	
26	Sep	330100	6323841	13:24	Infinito	-	
27	Sep	329992	6323898	13:33	Infinito	-	
28	Sep	330050	6323822	15:00	Infinito	-	
29	Sep	330108	6323844	15:05	Infinito	-	
30	Sep	329872	6323672	15:37	Infinito	-	
31	Sep	329806	6323505	15:53	-	<0,03	
32	Sep	329951	6323201	17:34	-	<0,03	
33	Sep	329613	6324564	12:45	Infinito		11.23
34	Sep	329788	6323737	15:45	Infinito		12.67
35	Sep	329627	6323385	16:38	Infinito		
36	Sep	329754	6323277	17:55			24.4
37	Agos-06	330072	6323280				28.9
38	Agos	329979	6323356				-
39	Agos	330148	6323811				37.6
40	Agos	330174	6324310				34.3
41	Agos	329945	6324581				35
42	Agos	330786	6324602				8.35
43	Agos	329342	6325515				8.33
44	Agos	329011	6325291				38.1
45	Agos	328803	6324895				18.01
46	Agos	329304	6322954				9.52
47	Agos	329062	6323246				16.23
48	Agos	330956	6325509				19.94
<b>MEDIA</b>					27.31	0.06	26.18
<b>MÁX</b>					48	0.06	76.9
<b>MIN</b>					14	0.06	5.08

**Tabla G.4**  
**Concentración de cloruros**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	Cloruros (mg/l)
1	Sep-06	329211	6325240	12:40	216
2		328982	6324949	14:10	395
3		328775	6324530	15:55	400
4		329603	6325225	14:16	171
5		329798	6324740	17:46	190
6		329782	6324599	14:49	201
7		329385	6323310	18:30	329
8		330031	6324389	12:10	220
9		329806	6323505	15:53	284
10		329951	6323201	17:34	262
11	Agos-06	328803	6324895	18:00	350
<b>MEDIA</b>					274
<b>MÁX</b>					400
<b>MIN</b>					171

**Tabla G.5**  
**Concentración de nutrientes**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	P total (mg/l P)	NO3 (mg/l N-NO3)	NO2 (mg/l N-NO2)	NH3 (mg/l N-NH3)	Nk (mg/l N)	Ntotal (mg/l N)	Norg (mg/l)
1	Sep-06	330956	6325509	12:03	3.75	4.39	0.91	5.65	7.55	12.9	1.9
2	Sep	329062	6323246	14:54	5.66	5.42	0.88	3.82	8.45	14.8	4.63
3	Sep	328529	6324847	16:15	3.14	<0,1	<0,05	1.21	5.39	5.39	4.18
4	Sep	329782	6324599	14:49	6.6	2.02	0.39	6.21	8.07	10.5	1.86
5	Abr-06	330769	6325224		1.54	26.5	0.44	1.51	5.3	32.24	3.79
6	Abr	329063	6323252		0.83	31.1	0.38	0.32	4.27	35.75	3.95
7	Abr	329099	6325230		1.16	33	0.42	0.28	8.06	41.48	7.78
<b>MEDIA</b>					3.24	17.07	0.57	2.71	6.73	21.87	4.01
<b>MÁX</b>					6.60	33.00	0.91	6.21	8.45	41.48	7.78
<b>MIN</b>					0.83	2.02	0.38	0.28	4.27	5.39	1.86

**Tabla G.6**  
**Concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO**

Nº	Fecha	UTMe (m)	UTMn(m)	Hora	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO/DQO
1	Sep-06	330956	6325509	12:03	17	37	0.459
2	Sep	329062	6323246	14:54	6	13	0.462
3	Sep	328529	6324847	16:15	4	9	0.444
4	Sep	329782	6324599	14:49	4	9	0.444
5	Abr-06	330769	6325224		20	45	0.444
6	Abr	329063	6323252		16	38	0.421
7	Abr	329099	6325230		35	131	0.267
<b>MEDIA</b>					15	40	0.42
<b>MÁX</b>					35	131	0.46
<b>MIN</b>					4	9	0.27

**Tabla G.7**  
**Metales traza en aguas, abril 2006**

<b>UTMe (m)</b>	330769	329063	329099	330085	<b>MEDIA</b>	<b>MÁX</b>	<b>MIN</b>
<b>UTMn (m)</b>	6325224	6323252	6325230	6324227			
Be (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
B (mg/l)	0.29	0.61	2.3	0.41	0.903	2.300	0.290
Al (mg/l)	0.065	0.173	0.137	0.203	0.145	0.203	0.065
P (mg/l)	1.44	0.38	0.14	0.2	0.540	1.440	0.140
V (mg/l)	0.007	0.008	0.026	0.022	0.016	0.026	0.007
Cr (mg/l)	<0.001	<0.001	0.002	<0.001			
Mn (mg/l)	0.039	0.169	0.133	0.036	0.094	0.169	0.036
Fe (mg/l)	0.524	0.768	0.732	0.591	0.654	0.768	0.524
Co (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
Ni (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
Cu (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
Zn (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02			
As (mg/l)	0.011	0.022	0.035	0.014	0.021	0.035	0.011
Se (mg/l)	<0.001	<0.001	0.001	<0.001			
Mo (mg/l)	0.003	0.002	0.014	0.007	0.007	0.014	0.002
Ag (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
Cd (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
Sn (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005			
Sb (mg/l)	<0.001	<0.001	0.001	<0.001			
Ba (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
Pb (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			

**Tabla G.8**  
**Metales traza en sedimentos, agosto 2006**

<b>UTMe (m)</b>	329979	329945	328803	329304	<b>MEDIA</b>	<b>MÁX</b>	<b>MIN</b>
<b>UTMn (m)</b>	6323356	6324581	6324895	6322954			
<b>Be (mg/kg)</b>	<2	<2	9.5	<2		10	<2
<b>P (mg/kg)</b>	1065	1088	1445	1165	1191	1445	1065
<b>V (mg/kg)</b>	172	165	134	146	154	172	134
<b>Cr (mg/kg)</b>	126	135	62	67	98	135	62
<b>Mn (mg/kg)</b>	857	1121	968	1015	990	1121	857
<b>Co (mg/kg)</b>	20	22	21	19	21	22	19
<b>Ni (mg/kg)</b>	24	26	30	25	26	30	24
<b>Cu (mg/kg)</b>	126	136	167	63	123	167	63
<b>Zn (mg/kg)</b>	96	99	108	126	107	126	96
<b>As (mg/kg)</b>	22	18	26	42	27	42	18
<b>Mo (mg/kg)</b>	2.3	1.9	2	17.4	6	17	2
<b>Ag (mg/kg)</b>	<2	<2	<2	<2	<2		<2
<b>Cd (mg/kg)</b>	<2	<2	<2	<2	<2		<2
<b>Sn (mg/kg)</b>	<10	<10	<10	<10	<10		<10
<b>Sb (mg/kg)</b>	<2	<2	<2	<2	<2		<2
<b>Ba (mg/kg)</b>	383	426	328	305	361	426	305
<b>Pb (mg/kg)</b>	22	17	24	28	23	28	17

## **ANEXO H**

### **BALANCE HÍDRICO DE LA LAGUNA DE BATUCO**

## H.1 Componentes del Balance Hídrico

### H.1.1 Entradas de Caudal

#### i) Precipitación sobre la Laguna

La componente de precipitación definida como  $Q_{PP}$  (Figura 5.11), considera todos aquellos aportes de lluvia que caen directamente sobre la Laguna de Batuco, es decir, no cuantifica la cantidad de lluvia que se transforma en escorrentía directa.

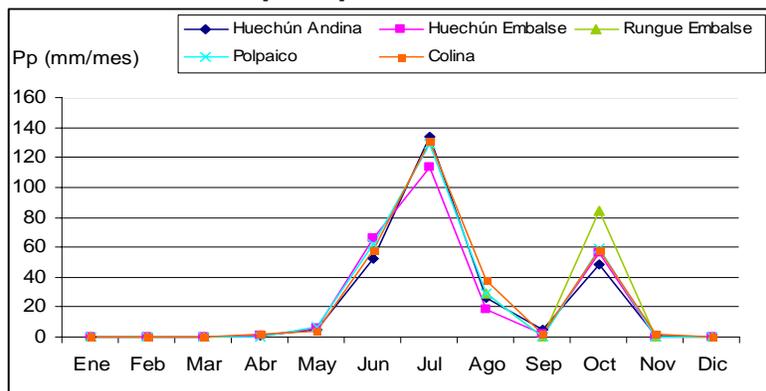
En cuanto a la información meteorológica necesaria, se cuenta con estadística de precipitación mensual, para 3 estaciones de la DGA y 2 de la DMC, ninguna de las cuales está dentro del área de estudio. Datos generales de estas estaciones, se muestran en la Tabla H.1.

**Tabla H.1**  
**Estaciones pluviométricas disponibles**

Estación	Código BNA/Nº	Latitud S	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)	Organismo a cargo	Información mensual disponible
Rungue Embalse	05733008-2	33° 01´	70° 54´	690	DGA	2000-2007
Huechún Andina	05732002-8	33° 04´	70° 46´	580	DGA	2000-2007
Huechún Embalse	05732001-K	33° 05´	70° 47´	570	DGA	2000-2007
Polpaico	33081	33° 08´	70° 52´	540	DMC	2005-2006
Colina	33083	33° 14´	70° 41´	570	DMC	2005-2006

La Figura H.1 muestra una comparación entre la precipitación mensual para las distintas estaciones meteorológicas disponibles, en el año 2006. De éstas se desprende que, al menos para el año en análisis, los niveles de precipitación mensual son bastante similares, a excepción de la estación Rungue Embalse. La estadística de precipitación disponible, se presenta en el Punto H.2.2.

**Figura H.1**  
**Estadística de precipitación mensual, año 2006**



Para efectos del balance hídrico, se han utilizado solamente las estaciones más cercanas al área de estudio. Dada la gran similitud de sus estadísticas para el periodo en estudio, y a que se encuentran a una distancia similar respecto a la Laguna de Batuco, se ha utilizado el promedio de la estadística de ambas estaciones. Estos valores se muestran en la Tabla H.2

**Tabla H.2**  
**Precipitación mensual promedio (mm/mes) utilizada para el balance hídrico**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pp	0	0	0	0.75	5.25	59.85	130.1	33.45	1.2	58.85	0.95	0

Finalmente, el aporte producto de precipitación en la Laguna para cada mes, se calcula según la Expresión H.1.

$$Q_{Pp} = Pp * A_{s/v} + Pp * A_{c/v} * i \quad H.1$$

Donde:

- Q<sub>Pp</sub>: Caudal aportado por precipitación (m<sup>3</sup>/mes)
- Pp: Precipitación mensual (m/mes)
- A<sub>s/v</sub>: Área de Laguna con superficie libre (m<sup>2</sup>)
- A<sub>c/v</sub>: Área de Laguna cubierta por vegetación (m<sup>2</sup>)
- i: Factor de intercepción de la vegetación

## ii) Aportes superficiales

Como se describiera a lo largo del Punto 5.7, existen diversos aportes superficiales de agua, que llegan a la Laguna de Batuco. Éstos se pueden sintetizar mediante la Expresión H.2.

$$Q_{sup} = Q_{ED} + Q_{RIEGO} + Q_{PTAS} \quad H.2$$

Donde:

- Q<sub>sup</sub>: Caudal entrante por aportes superficiales
- Q<sub>ED</sub>: Caudal por escorrentía directa
- Q<sub>RIEGO</sub>: Caudal por excesos de riego
- Q<sub>PTAS</sub>: Caudal efluente de la PTAS La Cadellada

- **Caudal por escorrentía directa ( $Q_{ED}$ )**

La fuente de este caudal es la precipitación que cae sobre las laderas y suelos adyacentes a la Laguna de Batuco, la cual, luego de ser interceptada por la vegetación, infiltrar y ayudada por la pendiente, da origen a un exceso de agua superficial, que escurre hasta este cuerpo de agua.

Para efectos de este balance hídrico, considerando las características observadas en terreno, de baja infiltración de los suelos circundantes, así como la escala de tiempo de análisis, se estiman despreciables las pérdidas por infiltración.

Para el cálculo de esta componente, se aplica el Método Racional, el cual es ampliamente usado, sobre todo en el diseño de algunas obras civiles para evacuación de aguas lluvia. La fórmula que permite estimar el caudal de escorrentía, se muestra en la Expresión H.3.

$$Q_{ED} = C * i * A \quad \text{H.3}$$

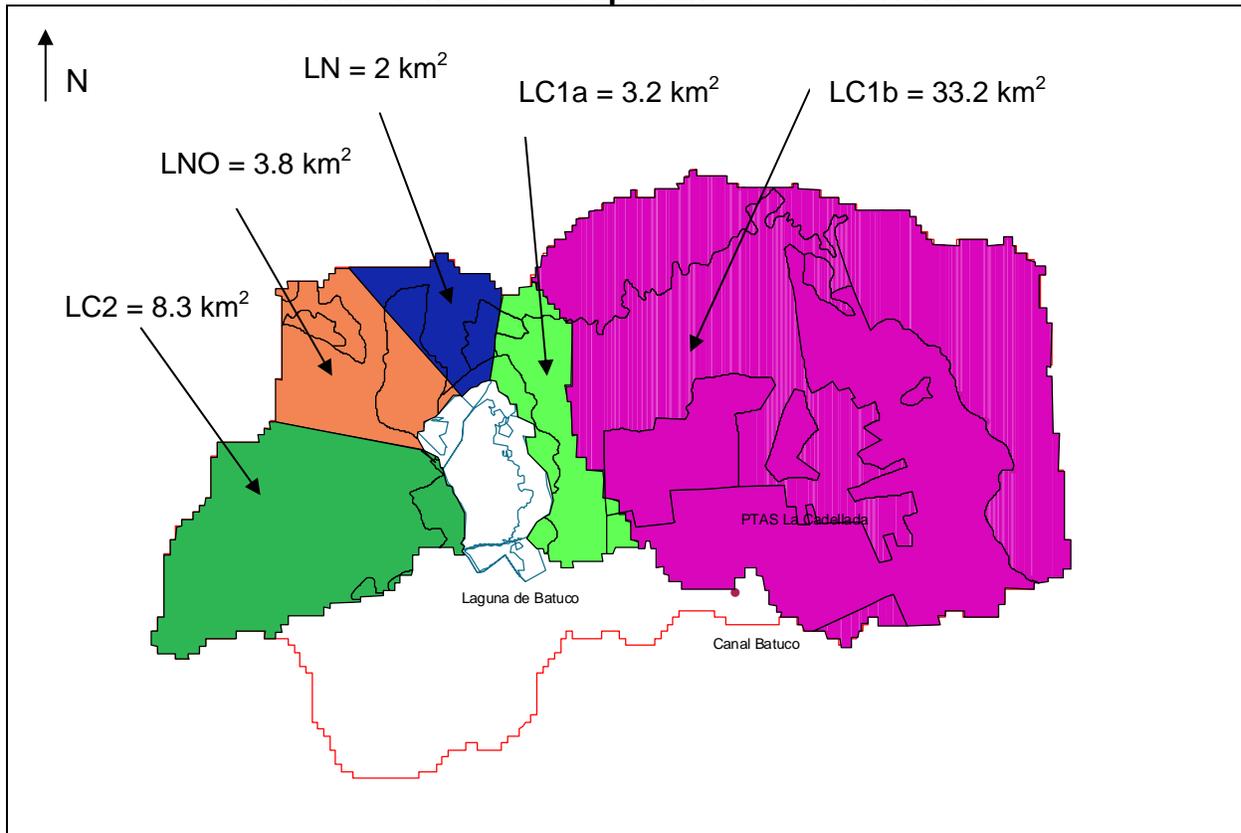
Donde:

- $Q_{ED}$ : Caudal de escorrentía ( $m^3/mes$ )
- C: Coeficiente de escorrentía ( $0 < C < 1$ ). Depende del tipo de cobertura del suelo.
- i: Intensidad de la lluvia ( $m/mes$ )
- A: Área de la cuenca aportante ( $m^2$ )

Dado que las zonas aportantes al caudal poseen distintas características superficiales, es necesario separarlas, de manera de poder estimar para cada una de ellas, el coeficiente de escorrentía adecuado. Los coeficientes de escorrentía según tipo de suelo y periodo de retorno de la lluvia, utilizados en forma estándar en el método racional, se presentan en la Tabla H.12.

La Figura H.2 presenta la subdivisión de áreas aportantes, tanto por sub-lagunas (diferencia en colores), como por tipo de suelo (divisiones en líneas). Asimismo, la Tabla H.3, resume los tipos de suelo por sub-lagunas, lo que permite asignarles un coeficiente de escorrentía. Para éste, se ha asumido un periodo de retorno de lluvia (T) de entre 5 y 10 años.

**Figura H.2**  
**Sectorización de áreas aportantes de escorrentía**



Fuente: Modificado de OTAS (2001)

Como se observa en la Figura H.2, se subdividió el área aportante de flujo a la Laguna de Batuco en 5 sub-áreas, las cuales se describen a continuación:

- LC1a: Área aportante a la sub-laguna Central, aguas abajo de afluentes A1 y A2
- LC1b: Área aportante a la sub-laguna Central, aguas arriba de afluentes A1 y A2
- LC2: Área aportante a la sub-laguna Central, por su costado oriente.
- LN: Área aportante a la sub-laguna Norte
- LNO: Área aportante a la sub-laguna Noroeste

De la forma definida, los afluentes A1 y A2 detectados y cuantificados en terreno, debiesen representar en conjunto, el efecto de la escorrentía sobre el área LC1b, más los efectos de riego y de la PTAS La Cadellada.

Dado el grado de simplificación del Método Racional respecto a otros métodos como el de la Curva Número, es muy posible que los resultados obtenidos por concepto de escorrentía subestimen lo que realmente ocurre en los alrededores de la Laguna de Batuco. Como se observa en la Tabla H.3, los coeficientes de escorrentía según tipo de cobertura de suelo, tienen valores en su mayoría

inferiores a 0.5. Es decir, más del 50% de la lluvia que cae sobre la cuenca se infiltraría, lo cual se constató durante las visitas a terreno del 2006 que no es totalmente cierto.

Por lo explicado anteriormente, el balance hídrico de la Laguna de Batuco se realizará en tres casos, atendiendo a variaciones del coeficiente de escorrentía y aplicando el Método Racional y despreciando intercepción por parte de la vegetación.

- Caso 1: se utiliza coeficiente de escorrentía propuesto bibliográficamente
- Caso 2: se utiliza coeficiente de escorrentía  $c=1$ , es decir, se considera el caso extremo en que todo lo que llueve escurre.
- Caso 3: se utiliza el promedio entre los casos 1 y 2. Se considera éste caso como el más representativo, por lo tanto será el que se analizará en detalle.

**Tabla H.3**  
**Coeficientes de escorrentía para la zona de estudio**

Nombre Área	Área por sub-laguna (%)	Uso Suelo	C
<b>LNO</b>	59.3	Matorral	0.35
	10.8	Praderas	0.4
	28.8	Terrenos de uso agrícola	0.37
	1.1	Humedales	0.37
<b>LN</b>	64.0	Matorral	0.35
	30.0	Terrenos de uso agrícola	0.4
	0.1	Praderas	0.37
	5.9	Humedales	0.37
<b>LC2</b>	93.7	Matorral	0.35
	0.0	Terrenos de uso agrícola	0.4
	0.0	Humedales	0.37
	6.3	Praderas	0.37
<b>LC1a</b>	7.6	Matorral	0.29
	8.2	Terrenos de uso agrícola	0.35
	18.4	Humedales	0.27
	65.8	Praderas	0.27
<b>LC1b</b>	33.6	Matorral	0.29
	39.2	Terrenos de uso agrícola	0.35
	25.6	Praderas	0.27
	0.0	Ciudades-pueblos-zonas industriales	0.82
	1.5	Cuerpos de Agua	1

Fuente: A partir de Ven te Chow (1999) y OTAS (2001)

- **Caudal por excesos de riego ( $Q_{\text{RIEGO}}$ )**

Aguas arriba de la Laguna de Batuco (borde oriente), se desarrollan labores agrícolas, regadas principalmente con aguas provenientes del canal Batuco, otro canal de nombre desconocido, y parte por el efluente de la PTAS La Cadellada. Para efectos de este análisis, se considerará como caudal de riego, los excesos de los 2 canales citados anteriormente.

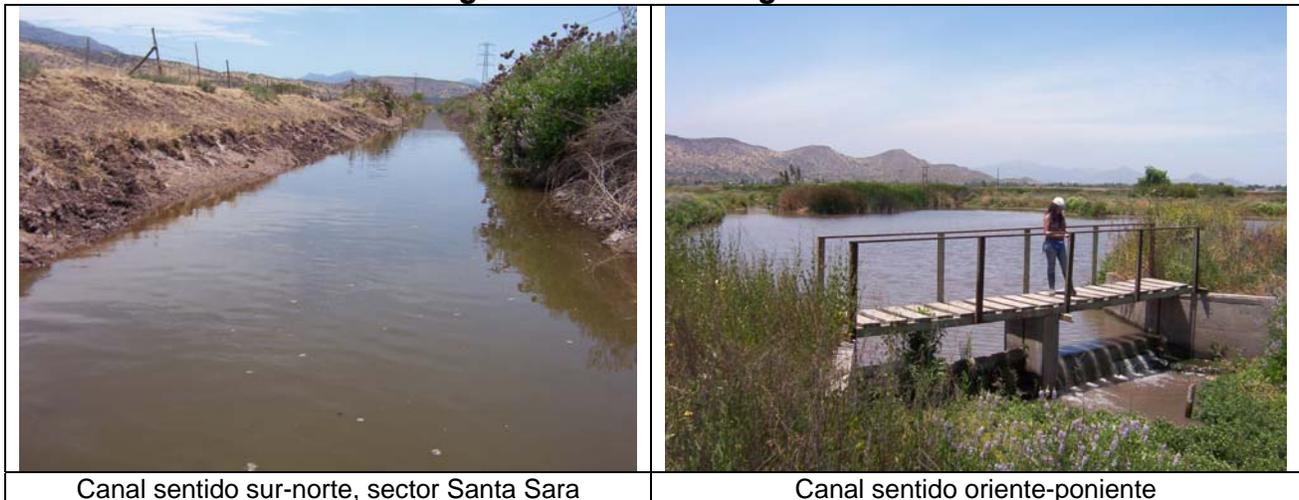
Respecto al canal Batuco, se sabe que es un ramal del canal El Carmen, del cual extrae un caudal nominal de 108 l/s. No se tiene información de la variabilidad mensual de este caudal. Solamente se sabe que la temporada de riego, se desarrolla entre los meses de septiembre y mayo.

Adicionalmente, el EIA desarrollado recientemente por la PTAS La Cadellada para el desvío de su efluente, señala que la eficiencia de riego en la zona de estudio es de un 40%. El mismo estudio señala que, del 60% de las aguas que no se usan en riego, el 64% de éstas se queda estancada y no logra escurrir.

Aplicando los factores señalados, el caudal nominal aportado por el Canal Batuco a la Laguna, sería cercano a los 23 l/s en los meses de riego, y nulo entre los meses de junio y agosto.

Respecto al segundo canal que llegaría eventualmente a la Laguna de Batuco, no se tienen mediciones de su caudal. Sin embargo, en una visita a terreno efectuada en diciembre del 2006, se estimó un caudal pasante de unos 600 l/s. No se conoce su variabilidad temporal.

**Figura H.3**  
**Canales aguas arriba de la Laguna de Batuco**



- **Caudal efluente de la PTAS La Cadellada ( $Q_{PTAS}$ )**

Según información proporcionada por CONAMA RM, la descarga de la PTAS La Cadellada es aproximadamente constante, con un promedio de 135 l/s. Los caudales mensuales descargados por esta PTAS, se presentan en la Tabla H.4.

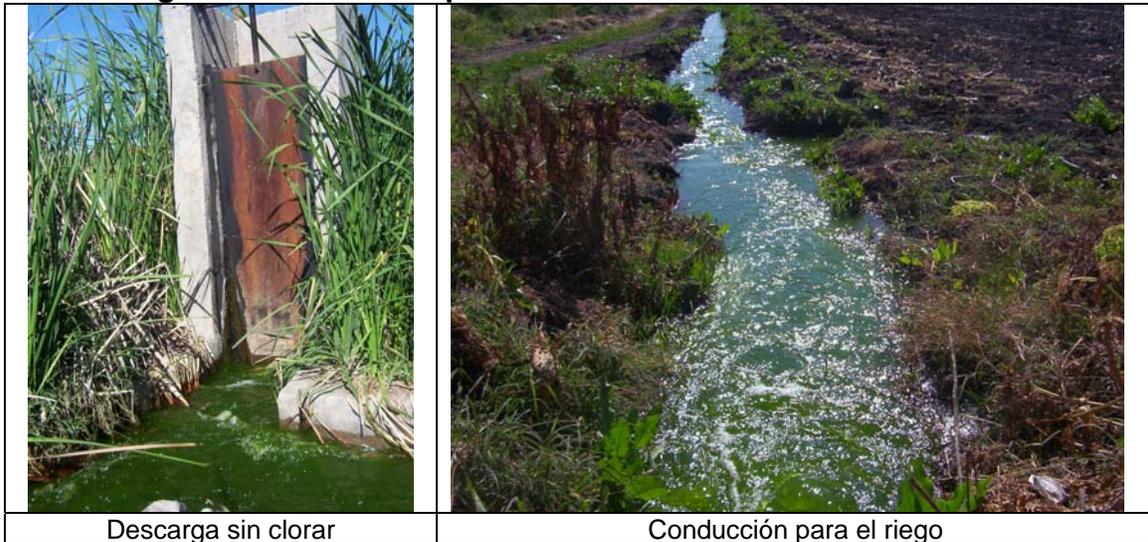
Cabe señalar que, según lo observado en terreno, parte del efluente de esta PTAS es utilizado para riego de cultivos aledaños, mediante desviaciones de este curso, el cual sería “mezclado con aguas de pozo”, según trabajadores del sector. Para efectos de este balance hídrico, no se considera este aporte, pues no se tiene información que permita cuantificarlo.

**Tabla H.4**  
**Caudal efluente de la PTAS La Cadellada, 2006**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Q (l/s)</b>	124	133	121	116	128	137	139	137	142	153	149	146

Fuente: CONAMA RM

**Figura H.4**  
**Riego de cultivos con parte del efluente de PTAS La Cadellada**



Descarga sin clorar

Conducción para el riego

### iii) Aportes de aguas subterráneas

Como se explicara en el Capítulo 4 y en el Punto 5.6, los niveles de aguas subterráneas en las inmediaciones de la Laguna de Batuco son bastante someros, presentando incluso afloramientos en el costado oriente de este cuerpo de agua. Por otro lado, en el borde poniente, la explotación excesiva de este recurso, así como la presencia de materiales de relleno impermeables, provocan que la relación entre el nivel freático y la Laguna, no sea tan directo.

Adicionalmente, según la revisión bibliográfica realizada y algunas estimaciones con datos de campo, el gradiente hidráulico de esta zona fluctúa entre 0.3 y 0.4%. Asimismo, la permeabilidad del acuífero somero varía entre  $1 \cdot 10^{-5}$  a  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Considerando un espesor de acuífero somero de 1 m, para la zona que presentaría conexión hidráulica con la Laguna, la fórmula de Darcy (Expresión H.4), permite estimar el caudal conducido hacia la Laguna.

$$Q = K \cdot i \cdot A \quad \text{H.4}$$

Donde:

Q: Caudal de aguas subterráneas ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

K: Conductividad hidráulica (m/s)

I: Gradiente hidráulico

A: Área aportante al caudal ( $\text{m}^2$ )

Por lo tanto, considerando los datos presentados, el caudal potencialmente aportado por el borde oriente de la Laguna (aprox. 2 km de longitud), se obtiene el siguiente caudal promedio.

$$Q = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0.0035 \cdot (1\text{m} \cdot 2500 \text{ m})$$

$$Q = 680.4 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Como puede verse en los resultados del balance hídrico (Punto 5.7), el caudal obtenido por aporte de aguas subterráneas, es de una magnitud despreciable frente al resto de aportes a la Laguna, para la escala de tiempo en estudio. Por esta razón, se ha decidido despreciar este aporte.

#### iv) Aportes no controlados

Como se explicara en el Punto 5.7, existen al menos 3 fuentes de puntuales de caudal, relacionadas con la Laguna de Batuco: dos afluentes (A1 y A2) y un efluente (E1). En el caso de los afluentes, éstos debiesen recoger las aguas de escorrentía, riego y descarga de la PTAS que concurren a la Laguna. En el caso del efluente, éste corresponde a la descarga por rebalse de la Laguna.

Sin embargo, a lo largo de las campañas de terreno realizadas durante el año 2006, se detectaron flujos temporales, o huellas de éstos, que son indicativos de otras posibles entradas o salidas de caudal a la Laguna de Batuco. Por su estacionalidad, no se tiene registro continuo de su caudal.

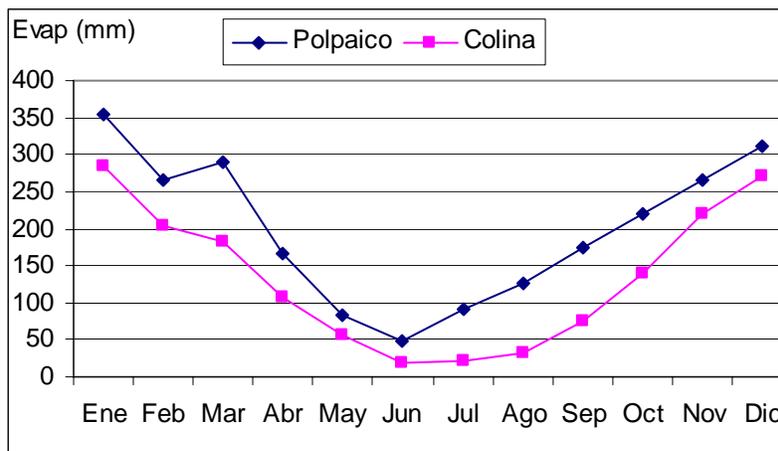
Si bien se cree que estos posibles flujos son de magnitud despreciable frente a las otras entradas o salidas de caudal en la Laguna, debe tenerse presente que su existencia podría afectar en magnitud desconocida, el balance hídrico de la Laguna de Batuco.

#### H.1.2 Salidas de Caudal

##### i) Evaporación

Para estimar el caudal efluente por evaporación, se cuenta con datos de tasas de evaporación, desde un evaporímetro Clase A, para las estaciones Colina y Polpaico (Tabla H.13). Dada la similitud de las tasas de evaporación en ambas estaciones (Figura H.5), se utilizará el promedio de éstas para cada mes en análisis.

**Figura H.5**  
**Evaporación Mensual (mm), año 2006, estaciones Polpaico y Colina**



Según Sotomayor (1964), las aguas potencialmente evaporables, serían las que se encuentran a una profundidad menor a 3 m, lo que se aplica directamente al caso en estudio. Por lo tanto, en vista de los antecedentes expuestos, el caudal efluente por evaporación, se estima según la Expresión H.5.

$$Q_{EVAP} = T_{EVAP} * A_{c/v} * f_T * f_{int} + T_{EVAP} * A_{s/v} \quad H.5$$

Donde:

$Q_{EVAP}$ :	Caudal evaporado (m <sup>3</sup> /mes)
$T_{EVAP}$ :	Tasa de evaporación (m/mes)
$A_{c/v}$ :	Área con vegetación (m <sup>2</sup> )
$f_T$ :	Porcentaje de agua en 1 m <sup>2</sup> de totora. Para la especie en estudio, se considera que, en 1m <sup>2</sup> , el 74% del espacio superficial es ocupado por agua (ver Figura G.3).
$f_{int}$ :	Factor de intercepción de evaporación (%). Para este caso y dada la densidad vegetacional, se considera que un 40% de la evaporación es interceptado por la vegetación.
$A_{s/v}$ :	Área sin vegetación (m <sup>2</sup> )

## ii) Evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso mediante el cual el agua se mueve hacia la atmósfera, como una combinación de la evaporación desde el suelo y la transpiración de un cultivo cualquiera. La magnitud de este proceso dependerá principalmente de factores meteorológicos y del tipo de cultivo que se trate.

En el caso de la Laguna de Batuco, la especie dominante que pierde agua por evapotranspiración, es la totora (*Typha angustifolia*). Dadas las condiciones de alta salinidad que presentan los suelos del área de estudio, así como los bajos niveles de agua en la Laguna de Batuco, se trata de una especie ya adaptada a estas particularidades, que cubre aproximadamente el 83% de la superficie total de la Laguna.

En cuanto al cálculo de la evapotranspiración, se ha utilizado el método del coeficiente de cultivo. Además, los resultados obtenidos bajo este procedimiento, han sido comparados con datos experimentales recopilados de revisión bibliográfica y con un método que determina la evapotranspiración potencial, a partir de los datos de un evaporímetro de Clase A.

Para todos los métodos mencionados se obtuvieron valores bastante similares, por lo que se consideran válidos los resultados obtenidos con el método del coeficiente de cultivo. Este método se explica a continuación.

- **Método del coeficiente de cultivo**

El método del coeficiente de cultivo, permite estimar la evapotranspiración, mediante la Expresión H.6.

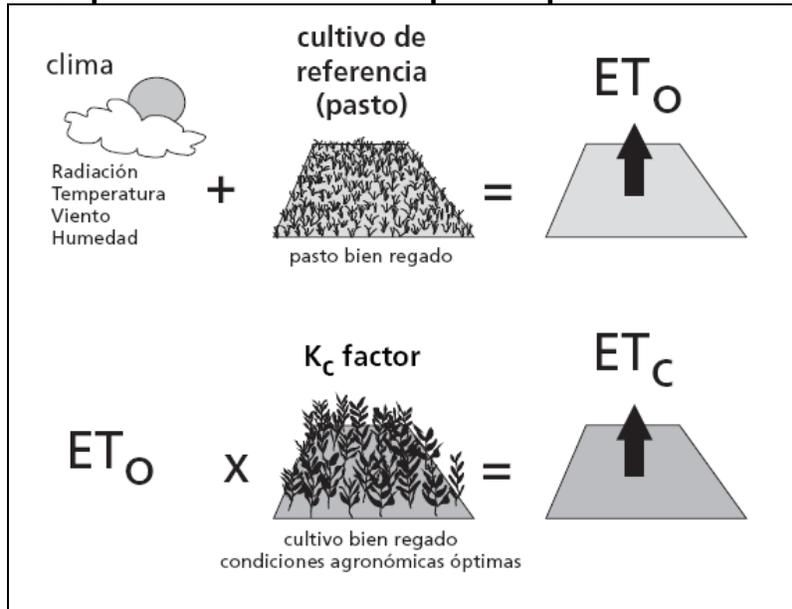
$$ET = ET_0 * K_c \quad \text{H.6}$$

Donde:

- ET: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
- ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)
- K<sub>c</sub>: Coeficiente de cultivo

Las variables que condicionan cada uno de estos parámetros, se muestran en la Figura H.6.

**Figura H.6**  
**Factores que condicionan la evapotranspiración de un cultivo**



Fuente: Modificado de FAO, 2006

Para estimar ET<sub>0</sub>, existe una gran cantidad de métodos, tanto teóricos como empíricos. Ejemplos de éstos son el método de Blaney – Criddle, el de Penman-Monteith (FAO), del Evaporímetro y el de Radiación. La limitación de la mayoría de estos métodos, es que se necesitan datos sistemáticos de variables meteorológicas, para el periodo en que se esté estimando el balance hídrico.

La Comisión Nacional de Riego (CNR), elaboró en el año 1997 el estudio, Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración en Chile. De éste, es posible extraer valores del parámetro ET<sub>0</sub> en la comuna de Lampa, los que se muestran en la Tabla H.5.

**Tabla H.5**  
**Valores de  $ET_0$  para la comuna de Lampa**

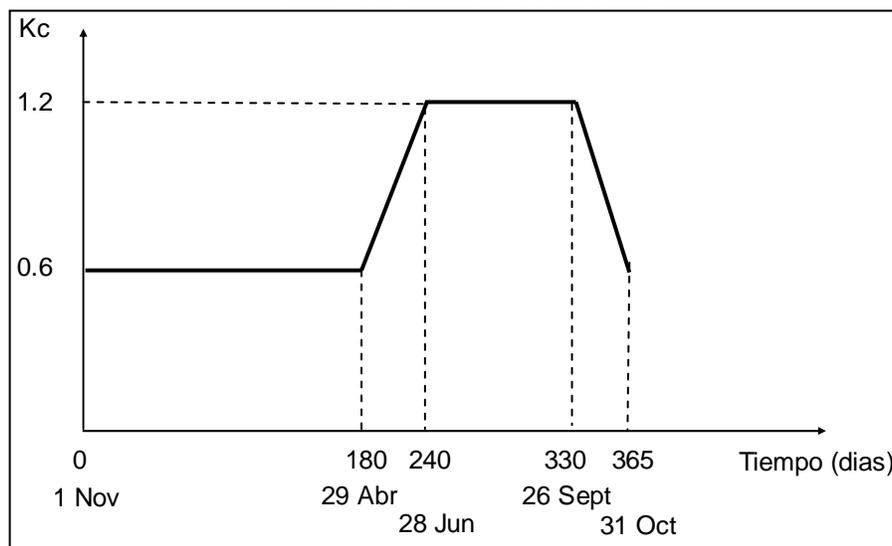
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$ET_0$ (mm)	212	166	129	77	46	31	35	51	78	119	156	200

Fuente: CNR, 1997

En relación al coeficiente de cultivo,  $K_c$ , éste es un parámetro adimensional que depende de la etapa de desarrollo del mismo. Para el caso de especies típicas de humedales, como totora y junco, la FAO (2006), presenta datos del desarrollo de estos cultivos, así como de los coeficientes de cultivo para cada etapa. Esta información se presenta en el Punto H.2.5.

Con esta última información, es posible generar la curva para el coeficiente cultivo de la totora (*Typha* o Anea), la cual permite estimar el  $k_c$ , para cada mes en el que se desea calcular la ET. Esta curva se presenta en la Figura H.7.

**Figura H.7**  
**Distribución mensual de  $K_c$**



Fuente: Elaboración propia

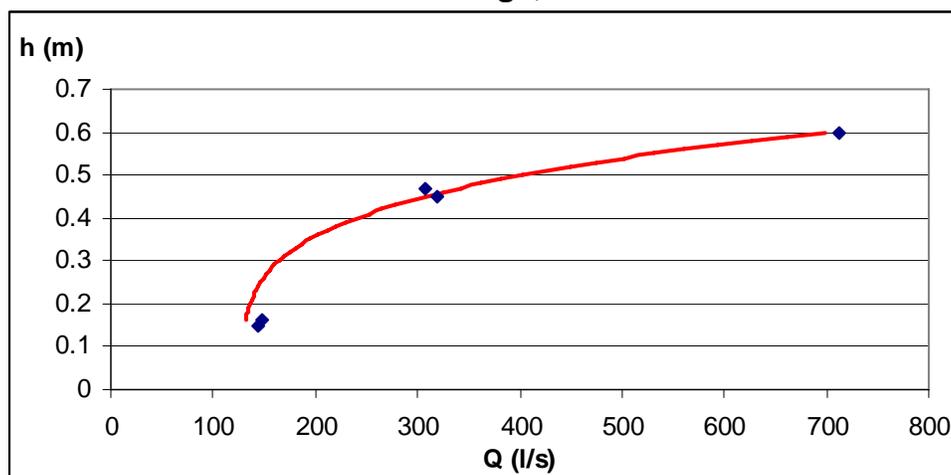
### iii) Descarga por rebalse

Entendiendo el sistema Laguna de Batuco como un embalse de almacenamiento, éste presentará una salida extra de agua, en caso de alcanzar su cota de rebalse. Esta descarga corresponde al efluente E1, y se encuentra canalizada por una sección regular y revestida, bajo la línea del tren.

Durante el año 2006, se observó un efluente en forma permanente, el cual se aforó en 5 oportunidades durante ese año. Asimismo, en enero del año 2007, se observó que el efluente no se encontraba vertiendo y que el borde poniente de la Laguna de Batuco se encontraba en su mayoría seco.

Con las mediciones mencionadas, se elaboró la curva de descarga de este efluente, la que se muestra en la Figura H.8.

**Figura H.8**  
**Curva de descarga, efluente E1.**



La ecuación de la curva de descarga de E1 corresponde a la Expresión H.7.

$$Q = 4394.252 * h^4 + 128.922 \quad \text{H.7}$$

Donde:

Q: caudal efluente de la Laguna de Batuco (l/s)

H: altura del pelo de agua en la sección revestida (m)

Cabe destacar que estos caudales son una medición puntual realizada en algunos meses del año, por lo que no representan la situación promedio del mes en que fueron medidos. Sin embargo, en ausencia de otra información, se asumirán como válidos para el balance hídrico. Los meses sin información se estiman mediante interpolación lineal.

**iv) Descarga por aguas subterráneas**

Referirse al Punto H.1.1 (iii)

**v) Descargas no controladas**

Además de lo citado en el Punto H.1.1(iv), sobre aportes no controlados (también aplica a las descargas), existe una posible salida de aguas debida al bombeo intensivo del acuífero, en la zona norponiente de la Laguna.

Esta extracción de aguas, realizada desde al menos 3 pozos profundos, es bastante intensiva y prolongada en el tiempo, lo que podría estar afectando los niveles freáticos del acuífero profundo.

Si bien se desestima una conexión importante entre la Laguna de Batuco y el acuífero, sí podría existir un posible aporte desde los tranques superficiales construidos en las inmediaciones de la Laguna, para almacenar las aguas bombeadas y luego distribuirlas para riego. No se conoce la magnitud de este posible aporte.

**Figura H.9**  
**Tranques para el almacenamiento de aguas para riego,**  
**Extracción desde pozo profundo, Fundo La Laguna**



### H.1.3 Almacenamiento (S)

Como se mostrara a través de la Figura 5.7, la forma de la fosa de la Laguna de Batuco, fue determinada a partir de la batimetría realizada en septiembre del 2006, lo que permitió también conocer el volumen total de agua almacenado hasta esa fecha.

Para estudiar la variación mensual del almacenamiento, es necesaria la información de profundidades mes a mes. Al respecto, sólo se sabe de información completa en el mes de septiembre del 2006 (máximo almacenamiento de ese año), y algunos valores de profundidad puntual en abril del 2006 (mínimo almacenamiento de ese año).

Según los valores puntuales de abril del 2006, se pudo estimar entonces la variación del nivel de agua, usando las curvas batimétricas, estimando así un volumen almacenado para dicho mes. Teniendo entonces 2 meses con información, se estimaron los meses restantes mediante interpolación lineal, asumiendo una tasa de descenso o ascenso de agua, constante para cada mes, y variable según la profundidad de cada sub-laguna. Las tasas de variación de la profundidad en la Laguna de Batuco, se presentan en la Tabla H.6.

**Tabla H.6**  
**Estimaciones para la variación de área de la Laguna de Batuco, año 2006**

Sub-laguna	h abr (cm)	h sept (cm)	tasa abr-sept (cm/mes)	tasa sept-abr (cm/mes)
LC	21.5	60.0	7.7	-5.5
	21.0	50.0	5.8	-4.1
	20.5	40.0	3.9	-2.8
	20.0	30.0	2.0	-1.4
	13.5	20.0	1.3	-0.9
	6.0	10.0	0.8	-0.6
	0.0	0.0	0.0	0.0
LS	30.0	80.0	10.0	-7.1
	22.0	70.0	9.6	-6.9
	21.0	60.0	7.8	-5.6
	15.7	50.0	6.9	-4.9
	10.3	40.0	5.9	-4.2
	5.0	30.0	5.0	-3.6
	3.3	20.0	3.3	-2.4
	1.7	10.0	1.7	-1.2
	0.0	0.0	0.0	0.0
LN	0.0	40.0	8.0	-5.7
	0.0	30.0	6.0	-4.3
	0.0	20.0	4.0	-2.9
	0.0	10.0	2.0	-1.4
	0.0	0.0	0.0	0.0
LNO	Sin información abril. Se asumen tasas de LC.			

Fuente: Elaboración propia

## H.2 Información relevante para el balance hídrico

### H.2.1 Resumen de áreas involucradas en el balance hídrico

**Tabla H.7**  
**Áreas involucradas en el balance hídrico**

	Referencia	Área (km2)	Área (há)
Escorrentía	LC1b	33.16	3316.36
	LC2	8.28	828.25
	LN	3.83	382.52
	LNO	2.03	203.24
Laguna: superficie libre	LN	0.07	6.53
	LNO	0.26	26.07
	LC	0.65	64.75
	LS	0.17	16.94
Laguna: superficie con vegetación	LN	0.00	0.00
	LNO	0.11	11.23
	LC	1.38	137.52
	LS	0.17	17.40
Laguna Total	LN	0.07	6.53
	LNO	0.37	37.30
	LC	2.02	202.27
	LS	0.34	34.34

Fuente: Elaboración propia

### H.2.2 Estadística de Precipitación

**Tabla H.8**  
**Estadística de precipitación mensual (mm), estación Huechún Andina**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	0	0.6	0	9.6	18.6	222	21.2	0	59.6	7.9	0	0
2001	0	0	9.8	11	23.4	1.1	125.7	33	14.1	4.9	0.8	0
2002	0	0	0	17	106.7	245	89.7	38	10	0	0	1.7
2003	3.8	0	0.2	0	62.1	34	45.8	2.8	2.5	0	5.1	0
2004	0	0	11.7	36	5	49	66.9	36	24.9	0.2	44.5	0
2005	0	0	16.9	8.1	24.9	103	17.3	85	23.8	9.1	8	0
2006	0	0	0	0.9	4.6	52	133.6	26	4.5	48	0.5	0.3

Fuente: Dirección General de Aguas

**Tabla H.9**  
**Estadística de precipitación mensual (mm), estación Huechún Embalse**

<b>Año</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	0	1.5	0	5	12.5	217.5	14	0	84	4	0	0
2001	0	0	7.2	9.9	23.5	0.6	115.9	30.8	15.1	3.4	0	0
2002	0	0	0	10.5	107.9	261	102.4	36.4	10	0	0	0
2003	1.9	0	0	0	63.5	33.5	46.5	5	3.2	0	5	0
2004	0	0	14.8	31	7.1	35.5	68.5	44.5	19.4	0	56.3	0
2005	0	0	19	6.7	30.5	112.2	14	90	17.5	7.6	12	0
2006	0	0	0	1.2	5.8	65.7	113.7	18.2	2	56	0	0

Fuente: Dirección General de Aguas

**Tabla H.10**  
**Estadística de precipitación mensual (mm), estación Polpaico**

<b>Año</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2005	0.0	0.0	3.9	10.2	36.5	110.9	13.4	33.5	12.8	7.0	12.4	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	61.6	129.2	29.5	0.0	59.5	0.0	0.0

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

**Tabla H.11**  
**Estadística de precipitación mensual (mm), estación Colina**

<b>Año</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2005	s/i	s/i	20.6	11.3	51.6	151.1	17.6	106.3	22.2	16.2	8.5	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	1.5	3.9	58.1	131.0	37.4	2.4	58.2	1.9	0.0

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

### H.2.3 Escorrentía

**Tabla H.12**  
**Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional**

<b>Característica de la superficie</b>	<b>Periodo de retorno (años)</b>		
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Áreas desarrolladas</b>			
Asfáltico	0.73	0.77	0.81
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83
<b>Áreas no desarrolladas</b>			
<b>Área de cultivos</b>			
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41
Pendiente mayor a 7%	0.39	0.42	0.44
<b>Pastizales</b>			
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38
Pendiente mayor a 7%	0.37	0.40	0.42
<b>Bosques</b>			
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36
Pendiente mayor a 7%	0.35	0.39	0.41

Fuente: Modificado de Ven te Chow, 1999

## H.2.4 Evaporación

**Tabla H.13**  
**Estadística de evaporación mensual (mm), año 2006**

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Polpaico	354.1	265.7	290.5	166.3	84.4	49.1	90.2	125.8	174.6	220.5	266.4	312.3
Colina	284.5	205.1	181.8	106.9	55.8	19.9	22	32.4	75.9	140.8	219.6 <sup>(1)</sup>	272.2 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>: meses rellenados, bajo tendencia año 2005

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

## H.2.5 Evapotranspiración

### i Información para la confección de la curva kc vs tiempo

**Tabla H.14**  
**Características de cultivos típicos en humedales**

Tipo Vegetación	Humedales (Anea, Junco)	
	Duración Etapa	Kc
Inicial (días)	10	0.60
Desarrollo (días)	30	-
Media (días)	80	1.20
Final (días)	20	0.60
Fecha siembra	Noviembre	
Región	Florida, EU	

Fuente: Revisión bibliográfica

### ii Datos experimentales para determinar evapotranspiración

Métodos experimentales como el del evaporímetro de tanque o del lisímetro, permiten estimar tasas de evapotranspiración de ciertos cultivos. Éstas generalmente se miden en mm/d.

En el caso de la Laguna de Batuco, no fue posible realizar ninguna de estas experiencias, por lo que se recurrió a una revisión bibliográfica, de experimentos que fuesen realizados para especies y climas similares a los del caso de estudio. Las tasas encontradas en estos estudios, así como el cálculo del caudal por evapotranspiración, se presentan en la Tabla H.15.

**Tabla H.15**  
**Tasas de evapotranspiración para distintas especies de totora.**  
**Caudal de ET asociado.**

Método	Tasa (mm/día)	Especie	Area de cobertura totora (m <sup>2</sup> )	Q ET (m3/s)	Q ET (l/s)
Lisímetro	3.9	<i>Typha domingensis</i>	1,661,463	0.075	75.00
	4.29	<i>Typha domingensis</i>		0.082	82.50
	3.51	<i>Typha domingensis</i>		0.067	67.50
	3.6	<i>Typha domingensis</i>		0.069	69.23
	3			0.058	57.69
	4	<i>Typha and Scirpus</i>		0.077	76.92
		<b>max</b>		<b>0.082</b>	<b>82.50</b>
		<b>min</b>		<b>0.058</b>	<b>57.69</b>
		<b>promedio</b>		<b>0.071</b>	<b>71.47</b>

Fuente: Elaboración propia

**iii Determinación del coeficiente ET<sub>0</sub>, en base a evaporación**

- Cálculo de ET<sub>0</sub>**

$$ET_0 = k_p * EVAP \quad H.8$$

Donde:

Kp: coeficiente relacionado con velocidad del viento y humedad relativa

EVAP:tasa de evaporación, evaporímetro de cubeta, Clase A

- Información de entrada para el cálculo de ET<sub>0</sub>**

**Tabla H.16**  
**Información meteorológica, estaciones Rungue y Pudahuel**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Humedad Relativa Media (%)	48.00	52.00	50.00	47.00	49.00	58.00	53.00	52.00	53.00	51.00	46.00	48.00
V (km/día)	600	533	244	289	244	244	267	267	289	333	511	556

Fuente: Dirección General de Aguas

**Tabla H.17**  
**Coeficiente  $k_p$ , cubeta clase A, rodeada de cubierta verde baja**

HR media (%)		baja <40	media 40-70	alta >70
Vientos (km/día)	Distancia a barlovento de la cubierta verde (m)	$k_p$		
Débiles <175	0	0.55	0.65	0.75
	10	0.65	0.75	0.85
	100	0.7	0.8	0.85
	1000	0.75	0.85	0.85
Moderados 175-425	0	0.5	<b>0.6</b>	0.65
	10	0.6	<b>0.7</b>	0.75
	100	0.65	<b>0.75</b>	0.8
	1000	0.7	<b>0.8</b>	0.8
Fuertes 425-700	0	0.45	0.5	0.6
	10	0.55	0.6	0.65
	100	0.6	0.65	0.7
	1000	0.65	0.7	0.75
Muy fuertes >700	0	0.4	0.45	0.5
	10	0.45	0.55	0.6
	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.55	0.6	0.65

Fuente: FAO, 2006

**Tabla H.18**  
**Estimación de  $ET_0$  en base evaporímetro de clase A y comparación con  $ET_0$  del balance hídrico de Chile**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVAP (mm/mes)	319.3	235.4	236.2	136.6	70.1	34.5	56.1	79.1	125.3	180.7	243	292.3
$ET_0$ (mm/mes)	228	168	168	97	50	25	40	56	89	129	173	208
$ET_0$ BH Chile	206	189	147.5	103	61.5	38.5	33	43	64.5	98.5	137.5	178

Fuente: DMC y CNR

**ANEXO I**  
**PERCEPCIÓN CIUDADANA**

## I.1 Formato de encuesta aplicada

PERCEPCIÓN CIUDADANA, HUMEDAL DE BATUCO				
1 EDAD				
2 SEXO	M	F		
3 ACTIVIDAD Y LUGAR				
4 ¿EN QUÉ SECTOR DE LA COMUNA VIVE?				
5 ¿HACE CUÁNTO TIEMPO?				
6 ¿QUÉ PROBLEMAS PERCIBE EN EL SECTOR?	ECONÓMICOS			
	SALUD			
	AIRE			
	AGUA			
	SUELO			
	INUNDACIONES			
	ROEDORES			
7 ¿QUÉ SABE DEL HUMEDAL DE BATUCO?				
8 ¿QUIÉN CREE QUE ES EL RESPONSABLE DE LOS PROBLEMAS DEL HUMEDAL DE BATUCO?	CRECIMIENTO URBANO			
	AGRICULTURA			
	INDUSTRIAS			
	HABITANTES DEL SECTOR			
	OTROS PROBLEMAS			
9 ¿QUÉ TIPO DE ACTIVIDAD LE GUSTARÍA QUE SE REALIZARA EN TORNO AL HUMEDAL?	INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD			
	CIERRE PARA PROTECCIÓN			
	ACTIVIDADES RECREATIVAS			
	ESTUDIOS CIENTÍFICOS			
	OTROS			
10 ¿TIENE ALGUNA PARTICIPACIÓN (O CONOCE) EN LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN TORNO AL HUMEDAL?	SI		NO	
	CUAL			
11 ¿LE GUSTARÍA PARTICIPAR DE LOS ESTUDIOS QUE SE REALIZAN EN LA ZONA?	PARTICIPACIÓN ACTIVA			
	SÓLO INFORMACIÓN			
12 ¿EN CUÁL DE ESTAS ACTIVIDADES ESTARÍA DISPUESTO A PARTICIPAR?	MONITOREO			
	VIGILANCIA			
	RECOLECCIÓN DE BASURA			
	EDUCACIÓN AMBIENTAL			

## I.2 Resultados de la encuesta

**Tabla I.1**  
**Resultados de la encuesta**

Datos Encuestados	Nº Entrevistado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	Sexo	M	F	M	M	M	M	M	F	M	M	F	F	F	F	M	M	M
Edad aproximada	40	26	40	45	45	40	31	30	28	43	55	38	45	38	55	42		
Años en la zona	9	2	<sup>4</sup> meses	15	25	37	8	15	28	43	50	28	20	38	3	42		
Instrucción universitaria (1)	s	s	n	s	n	n	s	s	s	s	n	n	n	n	s	n		
Problemas en la zona	Inundaciones	x	x	x	x	x			x				x	x	x		x	
	Caza	x														x		
	Animales abandonados	x	x															
	Vectores	x	x		x				x									x
	Salud		x	x	x						x	x	x		x	x	x	
	Agua		x		x									x		x	x	
	Aire				x													
	Basura	x			x	x						x						
	Pobreza		x	x				x		x			x		x			
	Educación		x					x		x	x							
	Falta áreas verdes		x															
	Calles y pavimentos		x	x		x												
	Alcantarillado		x												x			
	Organización territorial								x									
	Mala gestión								x									
Delincuencia											x					x		

**Tabla I.2**  
**Resultados de la encuesta, continuación**

<b>Percepción del Humedal</b>	<b>¿Llo conoce? (2)</b>	s	e	e	s	s	s	s	s	s	s	s	e	e	s	s	e
	<b>Santuario de la naturaleza/Sitio único</b>	x		x				x	x	x	x				x	x	
	<b>Sitio para aves</b>	x					x	x		x	x						
	<b>Caza ilegal</b>				x								x	x			
	<b>No se puede cazar</b>																x
	<b>¿Conoce Act. Actuales? (3)</b>	n	n	n	s	s	s	s	s	s	s	s	n	n	n	n	n
	<b>Otros</b>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<b>Problemas del humedal</b>	<b>Habitantes</b>			x	x			x			x	x	x				
	<b>PTAS</b>					x		x						x	x	x	
	<b>Empresas</b>				x		x	x			x			x			
	<b>Políticas/Autoridades</b>	x			x		x		x	x	x	x					
<b>Nuevas Actividades</b>	<b>Cierre</b>	x		x		x							x	x	x	x	
	<b>Turismo</b>	x			x		x	x	x							x	
	<b>Centro avistamiento u otro</b>							x	x	x							
	<b>Investigación</b>	x			x				x	x							
	<b>Recreación</b>			x	x				x	x							
	<b>Educación</b>				x	x	x	x	x	x	x	x				x	
	<b>Información</b>		x	x		x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
	<b>Participación en actividades (4)</b>	p	p	p	a	a	p	a	a	a	p	a	p	a	p	a	p

(1): si / no

(2): sabe / ha escuchado

(3): si / no

(4): activa / pasiva

### I.3 Encuestas realizadas a la comunidad de Batuco

- Tipo encuesta: Conjunta  
Ocupación/Profesión 1: Médico  
Internado rural en consultorio de Batuco  
Edad: 26 años aprox.  
Ocupación/Profesión 2: Asistente Social  
Consultorio de Batuco  
Edad: 26 años aprox.

Ambos entrevistados trabajan en forma permanente en el Consultorio de Batuco; un entrevistado lo hace desde hace 4 meses y el otro hace 2 años, pero ambos residen en Santiago.

Los entrevistados perciben una gran cantidad de problemas en la localidad, básicamente asociados a la falta de inversión municipal en la comuna y al bajo nivel socio-cultural de muchos de sus habitantes. Algunos de los problemas percibidos son la falta de áreas verdes que permita el desarrollo de actividades recreativas, el mal estado de las calles y pavimentos, la falta de pavimentación en muchas de las calles, y los repetidos problemas de inundaciones, sobre todo en invierno.

Otros problemas muy relevantes en Batuco, tienen relación con lo que ocurre en este servicio de urgencia. Existen muchos problemas de índole sanitaria que afectan a toda la localidad, incluyendo a este consultorio. Entre ellos, los más relevantes son la falta de mantención de la fosa séptica del consultorio. Los entrevistados manifiestan que esta fosa se rebalsa continuamente, y que no es limpiada en forma periódica. La mantención se realiza sólo cuando los mismos trabajadores del consultorio reclaman por la situación, y la limpieza de estas fosas tendría una frecuencia menor a una vez por mes.

Otro problema importante es la presencia de vectores tales como garrapatas, pololos y recientemente roedores. De hecho, el consultorio debió ser fumigado por la presencia de garrapatas, atribuibles a la gran cantidad de perros vagos que habitan la zona.

En cuanto a las principales causas de atención médica en el consultorio, los entrevistados señalan que se debe a infecciones causadas por una variedad amplia de parásitos. Las principales enfermedades afectan al estómago, posiblemente por comer productos en mal estado o por falta de higiene en su preparación. Otra situación relevante registrada hace un tiempo, fue un brotes de meningitis viral en Batuco, que habría tenido una gran magnitud según lo señalado por la autoridad de salud a los médicos del consultorio.

Finalmente, un problema importante de salud que estaría ocurriendo en Batuco es la alta tasa de casos de cálculos a la vesícula en sus habitantes. Este problema se debería, según los entrevistados, a problemas con el agua potable que consume la población, la cual presenta una alta dureza, lo que queda de manifiesto en problemas de sarro en las griferías, así como al lavar la ropa. Este posible problema, podría sumarse a que existe una proporción importante de personas con ascendencia mapuche, quienes presentan mayor predisposición al desarrollo de esta enfermedad. Cabe señalar que el no tratar a tiempo este problema, principalmente mediante cirugía, aumenta el riesgo de contraer cáncer a la vesícula. De hecho, existió una iniciativa municipal de derivar a estos pacientes al Instituto Nacional del Cáncer, lo cual quedó en trámite por problemas de asignación de recursos. Lo anterior, sumado a que la población concurre al consultorio sólo en situaciones de gran gravedad, podría agravar el problema.

En cuanto al Humedal de Batuco, los entrevistados manifiestan saber de su existencia, pero no conocerlo mayormente. La percepción de este lugar es que se trata de un sitio bastante abandonado, donde se producen asaltos y otros delitos.

Sobre las actividades ambientales que se desarrollan en torno al Humedal, los entrevistados manifiestan haber escuchado de su existencia. Sin embargo, estas actividades se encuentran bastante alejadas a la comunidad (como lo confirman otras entrevistas), la cual no siente al Humedal como parte de su identidad. Por ende, la difusión de éstas y la incorporación directa de la población en su desarrollo, son de suma importancia para el logro de los objetivos que ellas buscan alcanzar.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Carabinero  
Tenencia de Batuco  
Edad: 40 años aprox.

El entrevistado trabaja y reside en Batuco (tenencia) hace 4 meses. Por tal razón, no conoce muchos de los temas planteados en la entrevista.

Los principales problemas en Batuco detectados por el entrevistado son los económicos, donde hay una marcada diferencia de clases sociales, los problemas en pavimentos, ya sea por su mal estado o por su ausencia, y los problemas de inundaciones durante el invierno. Otro problema percibido se relaciona con la alta humedad de invierno, que saturaría la posta del lugar.

En cuanto al Humedal de Batuco, el entrevistado ha escuchado hablar de éste como un sitio privado, usado para el avistamiento de aves, en el cual se están desarrollando algunos estudios universitarios. Cree que una causa importante de su deterioro, se debe al importante aumento en las parcelaciones cercanas al lugar.

En cuanto a las actividades a realizar en torno al Humedal, el entrevistado está de acuerdo con su cierre para protección, actividades recreativas y estudios. Lo que sí es importante es la correcta difusión de éstas, ya que la comunidad en su mayoría no cuenta con acceso a internet, una importante herramienta de información.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Asistente Social  
Coordinador Unidad de Medio Ambiente, Ilustre  
Municipalidad de Lampa  
Edad: 45 años aprox.

El entrevistado vive en la Comuna de La Florida, pero trabaja en la comuna de Lampa desde hace 15 años. El área donde se desempeña es la de gestión ambiental a nivel municipal. Por esta razón, conoce muy de cerca los problemas que afectan a la población.

El principal problema que afecta a la localidad de Batuco, es el manejo de desechos sólidos. Al respecto, la Municipalidad de Lampa ha desarrollado planes educativos, sin obtener buenos resultados, por lo que se trataría de un problema de índole cultural.

Otro problema, pero de menor magnitud, son los vectores infecciosos tales como la vinchuca, garrapatas y ratones, los cuales han logrado ser erradicados en su mayoría, gracias a los planes ejecutados por el municipio.

Otros problemas identificados son las inundaciones, problemas estacionales en la calidad del aire por el uso de estufas y cocinas a leña, y algunos problemas de salud.

Respecto a los problemas de salud en los habitantes de Batuco, existiría una alta incidencia de hepatitis, atribuible a problemas de higiene; abortos espontáneos en temporeras por uso de plaguicidas; y casos de cáncer por la calidad del agua potable. Sin embargo, no existen estudios que permitan respaldar estas hipótesis.

Respecto al Humedal de Batuco, el entrevistado plantea conocerlo desde el año 1995 aproximadamente, distinguiendo el Humedal de la Laguna, como una visión de cuenca respecto a una vista particular, respectivamente. Ya desde esta época, se distinguían fuertes alteraciones en la Laguna, sobre todo por caza de animales y por la actividad antrópica desde los alrededores.

La primera problemática ambiental que habría existido, es una posible contaminación por aguas servidas durante las lluvias de 1997, por un posible rebalse de las unidades de tratamiento de la PTAS La Cadellada. Al respecto no hay antecedentes concretos que respalden esta hipótesis.

Las restantes problemáticas ambientales, han sido los eventos de contaminación sucedidos en los años 2005 y 2006.

Respecto a las responsabilidades de las problemáticas ambientales de la comuna, el entrevistado plantea que tanto los habitantes, propietarios de tierras circundantes y dueños de las empresas del sector son responsables. El principal problema sería la falta de valoración de los recursos naturales por parte de la comunidad, el uso excesivo de aguas por parte de industriales y propietarios y la falta de conocimiento en relación a los problemas en sí, que permitiera una mejora en la fiscalización y control de éstos.

Finalmente, y en relación a las actividades a realizar en torno al Humedal de Batuco, las principales líneas a desarrollar deberían relacionarse con ecoturismo, recreación, investigación y educación.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Trabajador servicios generales  
Ilustre Municipalidad de Lampa  
Edad: 45 años aprox.

El entrevistado vive en la localidad de Batuco desde hace 25 años, por lo que dice conocer ampliamente el Humedal de Batuco. Lo distingue como un cuerpo de agua con abundante fauna, la cual era cazada intensivamente durante los años 80 y 90, cuando aun no habría existido “contaminación por aguas servidas”.

Durante los últimos 25 años, el entrevistado plantea que sólo en condiciones estivales, los niveles de la Laguna se reducen notoriamente, pero que ésta nunca se habría secado.

El principal problema identificado en relación a la Laguna de Batuco por el entrevistado, es su contaminación con aguas servidas, lo cual se atribuiría a la PTAS de la zona de estudio. Otros problemas ambientales de la zona de estudio, son el manejo de desechos sólidos, donde la basura se acumularía por problemas de “conciencia de la gente” y las inundaciones, producto de la falta de mantención de los caminos.

En relación a las actividades en torno al Humedal, el entrevistado muestra conocimiento del monitoreo de aves y de las charlas que realiza la Municipalidad a la comunidad. Sin embargo, plantea que es necesaria una mayor difusión y educación al respecto. Asimismo, considera necesario el cierre del Humedal para su preservación. Al respecto, el entrevistado manifiesta su deseo de participar activamente, tanto en actividades de monitoreo de aves, vigilancia, y reuniones de coordinación.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Concejal Municipalidad de Lampa  
Edad: 40 años aproximadamente

El entrevistado vive en la localidad de Batuco hace 37 años.

Respecto al Humedal de Batuco, el entrevistado plantea que antiguamente, los lugareños lo aprovechaban como lugar de recreación y como lugar de caza de animales, lo cual ayudaba de manera importante en la economía del hogar.

Por otra parte, y una vez que pasaron algunos años, se comenzó a ver la Laguna como una amenaza, debido a que, por su forma física y alta salinidad, se pensaba que era un “ojo de mar”. Esto se sumaba a los “rebalses” de la Laguna durante épocas de lluvia, los cuales se producirían por la búsqueda de los cursos naturales de las aguas.

La visión anterior comenzó a cambiar, una vez que se empezó a saber de la importancia del sitio como residencia de aves migratorias, las cuales comenzaron a peligrar, por lo que se hace necesario su cuidado. Además, el entrevistado identifica como principal problema de la Laguna, la contaminación de las aguas subterráneas y a la intervención antrópica, que ha bloqueado los cursos naturales de agua.

Respecto a las actividades que debe ejecutarse en torno al Humedal, el entrevistado cita dos de mayor relevancia: turismo (la de mayor potencial) y educación. Sobre esta última, debe ponerse mayor énfasis, dirigiéndose a colegios, campañas puerta a puerta, medios de comunicación, etc.

Las acciones concretas para llevar las actividades anteriores a cabo, pasarían fuertemente por instancias políticas, donde los tomadores de decisiones tienen la mayor responsabilidad al respecto, representando por ende, la mayor traba de la puesta en marcha de las medidas.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Ingeniero Agrónomo  
Encargada de Recursos naturales, Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad de Lampa.  
Edad: 31 años

La entrevistada vive hace 8 años en la comuna de Lampa, en el sector de Lo Vargas. Participa activamente en labores de coordinación y educación comunal en el municipio de Lampa. Además, se manifiesta dispuesta a tener una participación activa en materias de educación ambiental que pudiesen realizarse a futuro.

En relación a la zona de Batuco, la entrevistada identifica como principales problemas, aquellos de índole económica (pobreza), además de falta de educación en materias ambientales.

Respecto al humedal de Batuco, lo percibe como el único humedal de la Región Metropolitana, el cual aporta beneficios ecosistémicos, por lo que se encuentra protegido. Por otra parte, plantea que este lugar es poco conocido por los habitantes del sector, y que en torno a éste existe una problemática social, dada por el choque de intereses.

Por las mismas razones expuestas, la entrevistada cree que los principales problemas de la Laguna de Batuco, son responsabilidad de los propios habitantes, quienes no se hacen cargo ni se identifican con este recurso natural. Asimismo, tiene también relevancia la actividad industrial, que ha provocado una alta intervención de la zona, en especial por el tema de extracción de áridos y la descarga de aguas servidas tratadas.

Por otra parte, respecto a posibles actividades a realizar en el entorno de la Laguna, la entrevistada propone la instalación de miradores u otros elementos turísticos, la instalación de un centro de convención relacionado con medio ambiente, que podría tener fines recreativos, o bien un centro de investigación para estudiar el medio biótico del lugar.

- Tipo encuesta: Individual  
 Ocupación/Profesión: Médico Veterinario  
 Encargado de de Ing. Ambiental y Zoonosis,  
 Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad  
 de Lampa.  
 Edad: 30 años

El entrevistado vive en la localidad de Batuco hace 15 años. Percibe como principales problemas del sector, la mala organización territorial o falta de una política definida que se ajuste a este lugar, lo que repercute en la sustentabilidad del territorio. Asimismo, existen problemas de gestión de toda índole en el territorio, lo que se ve dificultado por los propios habitantes del lugar.

En relación a la Laguna de Batuco, la percibe como un ecosistema natural, muy intervenido para funcionar correctamente como humedal (servicios ecológicos), pues actualmente se encuentra reducido a su mínima expresión. Un manifiesto de lo anterior serían los problemas de inundaciones, así como la proliferación de vectores sanitarios. Pese a lo anterior, el Humedal de Batuco representa, según el entrevistado, una oportunidad importante para la comuna para potenciarla como un sitio atractivo. En particular, se debería aprovechar la cercanía de este sitio a Santiago, pero falta voluntad de sus habitantes.

Frente a los problemas que presenta el Humedal de Batuco, el entrevistado indica como principal responsable al Estado y al Gobierno local, pues no se han encargado de fomentar políticas de gestión en el lugar. Recién en el último tiempo, se le está reconociendo una ventaja comparativa a este sitio. Asimismo, las intervenciones que ha realizado la empresa privada, también serían responsabilidad del Gobierno, por no ejercer adecuadamente su rol.

Respecto a los potenciales de la Laguna de Batuco, el entrevistado identifica como los más relevantes los servicios (investigación, turismo, recreación), así como la posible generación de alimentos (peces, ganadería, recurso hídrico).

En relación a las actividades que se realizan en torno al Humedal, se menciona el desarrollo inmobiliario, actividad industrial (fuente laboral), actividad agrícola y pecuaria, recepción de residuos líquidos y, en escala bastante menor, actividades de investigación y apreciación de fauna. Respecto a esta última, el entrevistado tiene una participación activa, sobre todo en la investigación de vegetación acuática. Además, se manifiesta dispuesto a participar en futuras actividades de monitoreo y vigilancia en la Laguna.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Asesor en RRNN. Y Arborización, Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad de Lampa.  
Edad: 28 años

El entrevistado vive en la comuna de Lampa, hace 28 años. Sobre los problemas que percibe en la zona de estudio, éstos son de tipo económicos (pobreza) y educacionales.

Respecto al conocimiento del Humedal de Batuco, el entrevistado plantea que, en temas de flora, la salinidad del suelo han creado praderas que ya no existen en otros lugares de la RM, ya que han debido adaptarse especialmente a estas condiciones. En relación a la fauna, el entrevistado reconoce al Humedal como una zona única dentro de la RM, que alberga aves residentes y migratorias, las cuales son sensibles a eventos de contaminación.

En cuanto a los problemas que existen en el Humedal, el principal responsable sería el Estado y Gobierno regional, por la falta de responsabilidad y normativas, en materias pertinentes. Pese a esto, se plantea que la visión del Humedal está cambiando paulatinamente, debido a que han aumentado las organizaciones que trabajan en torno a él.

Las actividades que podrían ejecutarse en torno al Humedal son de investigación (como ecosistema global), educación ambiental y turismo (avistamiento de aves).

Respecto a las actividades que actualmente se realizan en torno al Humedal, el entrevistado participa en vigilancia y monitoreo, censos de aves con UNORCH, elaboración de proyecto FPA 2007 en temas de aves y actividades educativas, tanto en colegios como a pobladores.

Finalmente, respecto a futuras actividades, el entrevistado se manifiesta dispuesto a participar activamente en cualquier actividad, en particular, en planes de manejo con propietarios.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Secretaria, Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad de Lampa.  
Edad: 43 años

Le entrevistada ha residido en Lampa centro por 43 años. Los principales problemas percibidos en el sector, son de educación, salud y delincuencia.

Respecto al Humedal de Batuco, éste es percibido como un ecosistema único en la RM, con especies muy particulares del lugar. También se trata de un lugar que está siendo contaminado, por lo que se encuentra en peligro. La entrevistada opina que se está trabajando al respecto, pero no se está haciendo lo suficiente.

Las responsabilidades de los problemas de la Laguna de Batuco serían compartidas, tanto por las autoridades regionales y locales, comunidad y empresas. En particular en el caso de la comunidad, la entrevistada plantea que los niños de hoy en día tienen menor conciencia por el medio ambiente que la que tenían las generaciones anteriores, y que se tienen importantes falencias en la educación de la población. Ello tendría directa relación con los problemas que se viven en Batuco en relación al manejo de la basura.

Las actividades que deberían seguirse en relación al Humedal, es difusión de su importancia y de los servicios que presta, así como educación en materias ambientales. En especial, se debería poner énfasis en la educación a niños. Particularmente, la entrevistada plantea que estaría dispuesta a participar indirectamente en actividades de educación ambiental.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Administrativa, Unidad de Medio Ambiente, Ilustre Municipalidad de Lampa.  
Edad: 55 años

La entrevistada habita Lampa hace casi 50 años. Los principales problemas que percibe en el sector son de salud y de contaminación por desechos sólidos.

El Humedal de Batuco lo percibe como un lugar lindo, que ha sido contaminado y destruido. La culpa de los problemas que vive el Humedal serían responsabilidad de las autoridades así como de la propia comunidad.

En cuanto a las actividades a realizar en torno al Humedal, éstas debiesen ser de tipo informativa, sobre todo abocado a colegios. De ser pertinente, la entrevistada se manifiesta dispuesta a tener una participación activa dentro de éstas.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Dueña de casa  
Edad: 38 años

La entrevistada vive en Batuco hace 28 años, en el sector de Lo Fontecilla. Los principales problemas percibidos en el sector son de tipo económicos y de salud (dentales). También se identifica como problema el tema de inundaciones.

En relación al conocimiento de la Laguna de Batuco, la entrevistada sólo sabe que se efectúa caza ilegal de animales. Asimismo, asocia a este cuerpo de agua con los problemas de olores existentes a la salida del colegio Santa Bárbara. Respecto a este problema, los responsables serían los vecinos, ya que el origen se debería a sus pozos sépticos.

En relación al manejo de la Laguna, ésta debería cerrarse para su protección y ejecutar actividades de protección de animales. La entrevistada no se muestra interesada en tener participación activa en las actividades en relación al Humedal de Batuco, pero sí desea recibir información.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Dueña de casa  
Edad: 45 años

La entrevistada vive en Batuco hace 20 años, en el sector de Lo Fontecilla. Los principales problemas percibidos en el sector son las inundaciones, así como problemas en el agua para consumo particular, por su alto contenido de sales, que producen incrustaciones. También plantea que el agua tiene sabor a cloro.

Sobre la Laguna de Batuco, la relaciona como un sitio donde se caza ilegalmente animales. Además de ello, identifica el evento de contaminación ocurrido en el año 2005, pero no sabe por qué pudo haber ocurrido.

Respecto a los problemas del Humedal de Batuco, la entrevistada cree que pueden deberse a la falta de alcantarillado (existencia de pozos sépticos), a problemas de residuos sólidos, además de los animales abandonados, o bien responsabiliza a la PTAS La Cadellada.

Sobre las actividades en torno al Humedal, la entrevistada plantea el cierre para su protección y otras actividades de preservación, relacionadas con animales.

En las actividades que actualmente se llevan a cabo, la entrevistada no tiene conocimiento de ellas. Sí manifiesta interés en recibir información sobre actividades futuras y eventualmente participar en vigilancia del humedal.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Jefe bodegaje petcoke  
Edad: 38 años

El entrevistado ha residido toda su vida en Batuco, lugar donde también se desempeña laboralmente.

En el sector, percibe problemas económicos, de salud (alergias), así como problemas de inundaciones y la falta de alcantarillado.

Respecto al Humedal de Batuco, señala que es un santuario para las aves, razón por la cual está protegido. Los problemas que presenta este sitio, se deberían exclusivamente a la presencia de la PTAS La Cadellada.

Por lo anterior, plantea que el Humedal debiera cerrarse para su protección e informar a la comunidad sobre éste. De hecho, manifiesta no conocer las actividades que actualmente se desarrollan en torno al Humedal, y le gustaría recibir información al respecto, y sobre eventuales actividades futuras.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Profesor Unidad Técnica, Escuela Santa Bárbara  
Edad: 55 años

El entrevistado trabaja hace tres años en Batuco, pero reside en Santiago. Los problemas que percibe en el sector estarían en el aire (se manifiesta en alergias), en el agua (ésta tendría arsénico), y otros como malos olores, caza ilegal de aves y delincuencia.

Del humedal de Batuco, se sabe que es un santuario de la naturaleza, el cual está bajo vigilancia. Respecto a los problemas del cuerpo de agua, identifica a la PTAS como posible responsable, pero duda de esto, por la importancia que tendría el aporte de materia orgánica a la Laguna.

Por lo anterior, cree que una buena opción para el humedal sería su cierre para protección, y desarrollo turístico, aprovechando capacidades (estudiantes de turismo) de la misma comuna.

Si bien no conoce las actividades que se desarrollan actualmente en el Humedal de Batuco, le gustaría recibir información y eventualmente participar en actividades de monitoreo y vigilancia, así como otras de educación ambiental que se pudieran implementar en los colegios.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Jardinero Condominio Miraflores  
Edad: 42 años

El entrevistado vive hace 42 años en Lampa, y trabaja hace 8 meses en Batuco.

Los principales problemas del sector serían de salud (vómitos, diarrea), otros en el agua (sabor salado), de vectores (roedores) e inundaciones en invierno.

Particularmente, sobre el Humedal de Batuco, el entrevistado sólo lo reconoce como un sitio donde no se puede cazar, desconociendo las actividades que se realizan en torno a éste, o teniendo una opinión más formada respecto a su posible manejo. Por ende, sólo le gustaría tener una participación indirecta, recibiendo información del lugar.

- Tipo encuesta: Individual  
Ocupación/Profesión: Ingeniero Civil Eléctrico  
Docente U. de Chile  
Edad: 40 años aprox.

El entrevistado habita el sector Lo Fontecilla, condominio Los Almendros, Batuco. Reside en el lugar en forma permanente desde el año 1998. En el periodo 1997-1998 residió en forma esporádica.

El condominio Lo Fontecilla se encuentra organizado a través de la Junta de Adelanto Lo Fontecilla. La idea de esta Junta es resolver problemas básicos de sus habitantes, como limpieza de basura, mantención de accesos, etc. El entrevistado plantea que la Junta presenta pequeñas dificultades en su funcionamiento, ya que cuesta organizar a los vecinos, dado que éstos son algo reacios a la participación comunitaria. Caso contrario ocurriría en la Junta El Romeral, que agrupa a los vecinos del sector Santa Carolina.

En el condominio Los Almendros, sus habitantes cuentan con servicios básicos tales como luz eléctrica, teléfono y agua. Al igual que en el resto del sector, no existe sistema de alcantarillado.

En cuanto al agua, no se tiene acceso al sistema de agua potable, por lo que sus necesidades las abastecen a través de un pozo, compartido entre 3 casas. La profundidad perforada de este pozo es de unos 60 m, y el espejo de agua se encuentra a unos 30 m de profundidad. Según un estudio realizado por el propietario del pozo, la calidad de las aguas subterráneas las haría aptas para consumo humano. Esporádicamente, los propietarios agregan cloro a las aguas del pozo, sin dosis ni frecuencia fija. El principal problema que enfrentarían los propietarios del pozo en relación a las aguas, sería las mantenciones a la casa de máquinas, las cuales los dejan sin suministro de agua por alrededor de una semana.

En cuanto a los problemas detectados en el sector, uno de ellos corresponde a las inundaciones. Pese a no verse afectado directamente por vivir en un terreno en altura, el camino de acceso al condominio La Javiera presentó problemas de agrietamientos debido a la gran cantidad de agua que escurrió. Pese a ello, los principales problemas los vivieron los vecinos cuyas casas están anexas al costado poniente de la Laguna, cuyas casas se inundaron.

Otro problema detectado es la caza de animales, sobre todo los fines de semana. Este hecho ha sido denunciado por algunos habitantes en varias oportunidades a la policía del sector, sin obtener respuesta alguna. Sólo se vieron algunas acciones concretas cuando se contactó al Gobernador de la provincia de Chacabuco, pero el problema aun persiste. Se cree que los responsables de este hecho serían los mismos carabineros de la zona, o bien algunos militares que ocupan un recinto aledaño al humedal.

Un tercer problema identificado por el entrevistado es la disposición ilegal de basura alrededor de todo Batuco, en especial a la entrada del acceso al condominio La Javiera. A este problema se le suma el abandono de perros y gatos, sobre todo a la entrada de la Escuela Santa Bárbara. Pese a lo anterior, el entrevistado no ha detectado problemas de vectores producto de las deficiencias sanitarias. Sólo reconoce la existencia de mosquitos, pero como algo propio del lugar.

El único problema sanitario detectado por el entrevistado durante su permanencia en Batuco fue la presencia de vinchucas, las cuales fueron controladas a tiempo por personal Municipal.

En cuanto al Humedal de Batuco, el entrevistado manifiesta conocimiento de las características de éste y de su importancia. De hecho, su existencia habría sido un factor importante para radicarse en la zona.

El principal problema del Humedal se atribuye a la contaminación por descarga de aguas desde la PTAS La Cadellada, lo que también afecta al sector de Santa Carolina, por los olores generados. El entrevistado está en conocimiento del proyecto de desviar la descarga hasta el canal que se encuentra frente a la Escuela Santa Bárbara.

En cuanto al conocimiento de las actividades que se realizan en torno al Humedal, éste es muy poco. De hecho, se le atribuye al alcalde la responsabilidad de no controlar los problemas que ocurren en torno al humedal.

En relación a propuestas para actividades en torno al Humedal, se plantea su cierre para protección, habilitación de infraestructura que le confiera atractivo turístico, y monitoreo de sus aguas, sobre todo de niveles. Se plantea que, mediante un control de caudales, sería posible mantener un cierto nivel en las aguas de la Laguna, y así independizarse del afluente proveniente de la PTAS.

Respecto al caso del Sr. Pedro Rojas, el entrevistado manifiesta que el caso se encuentra cerrado, y que la demanda impuesta por el CDE fue ganada. De esta forma, la sanción consistió en que el terreno donde se encuentra el tranque, aguas debajo de la Laguna de Batuco fue cedido a la contraparte. Así, estos terrenos ahora serían del Estado, y no se estaría revirtiendo el daño causado a la Laguna de Batuco.

## **ANEXO J**

### **PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LA LAGUNA DE BATUCO**

## **J.1 Organismos participantes, FPA 2007 en Batuco**

- Organización Comunitaria y Funcional “El Totoral de Batuco”.

Organiza a los vecinos de Batuco, con objeto de abordar los principales problemas que les afectan como comunidad, en medio ambiente, ordenamiento territorial, salud y seguridad ciudadana.

En el caso del proyecto FPA, “El Totoral de Batuco” es el organismo ejecutor del proyecto.

- I. Municipalidad de Lampa, a través de su Comisión Técnica del Humedal de Batuco.

Actúa como ente central del proyecto, gestionando todas las actividades que se realizan en Batuco respecto al FPA, consiguiendo permisos para accesos, facilitando movilización y personal de apoyo para cada actividad, entre otras.

Particularmente en el caso de la red de monitoreo de recursos hídricos en la Laguna de Batuco, son el organismo que se encargará en una primera etapa de continuar el monitoreo en el tiempo.

- Departamento de Ingeniería Civil, División de Recursos y Medio Ambiente Hídrico de la Universidad de Chile.

Aporta con datos de línea base de la Laguna de Batuco, diseño y gestión de la red de monitoreo, ejecutado mediante dos trabajos de título (Cristóbal Cox y Claudia Mellado).

- Red Ambiental de la Universidad de Chile (RAUCH).

Su misión generar información científica relacionada con la protección del medio ambiente y educación ambiental, con la finalidad de dar un carácter protagónico en la contingencia medio ambiental a los futuros profesionales, como a comunidades relacionadas directamente con las áreas protegidas del estado y privadas, de manera de contribuir con la protección de la naturaleza en Chile.

A través de su proyecto “Establecimiento de un método para el monitoreo de la calidad del Humedal de Batuco” del año 2005, se generó una línea base que habrá de completarse con la ejecución de este proyecto.

- Unión de Ornitólogos de Chile (UNORCH).

Encargada de la Línea Base de Fauna. Aporta además al conocimiento del humedal, con datos de censos de aves, realizados en forma periódica.

- Fundación Casa de la Paz.

Aplica metodologías y desarrolla material de educación ambiental en temas de conservación. Desarrolla y aplica charlas de sensibilización.

- Comunidad de la localidad de Batuco.

Son los receptores directos de las líneas que desarrolla el proyecto. Además, está considerada su participación en acciones específicas de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos de la Laguna de Batuco, para lo cual se les provee de la capacitación adecuada.

**J.2 Proyecto FPA 2007 para el Humedal de Batuco**



Uso interno de CONAMA

\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - 2006

**FONDO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

**X CONCURSO NACIONAL 2007**

**2 Línea N°2: “Gestión para la Conservación Ambiental”**





## INSTRUCCIONES GENERALES PARA COMPLETAR EL FORMULARIO

Al completar este formulario, favor de considerar las siguientes recomendaciones:

1. El formulario completo deberá ser entregado en tres ejemplares impresos (un original y dos copias), **más versión en Diskette o CD.**
2. Utilice hojas adicionales tamaño carta si necesita agregar cualquier información a los datos solicitados
3. Adjuntar a formulario de presentación de proyectos, los **anexos** que se soliciten en las Bases Especiales.
4. Bajo cada título del formulario se encuentran las explicaciones de los cuadros que se pide llenar.

### Abreviaturas de Uso Frecuente en el Formulario

CONAMA	=	Comisión Nacional del Medio Ambiente
OE	=	Organismo Ejecutor
OA	=	Organismo Asociado
AT	=	Apoyo Técnico

En caso de dudas o preguntas del Formulario, comunicarse con la Direcciones Regionales de CONAMA.

## FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

### I. PRESENTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

<b>Escriba el nombre del proyecto (El nombre debe expresar en forma clara de qué se trata el proyecto)</b>		
Tres importantes Iniciativas para la conservación de la Biodiversidad del Sitio Prioritario Humedal de Batuco : 1.- Monitoreo de Recursos Hídricos en la Laguna del Humedal de Batuco 2.- Monitoreo poblacional de Aves en el Humedal de Batuco. 3.- Descubramos el Humedal de Batuco		
<b>Señalar a qué área temática adscribe el proyecto</b> Línea Temática N°2 : “Gestión para la Conservación Ambiental “		
<b>Describa el tema central del proyecto, de acuerdo a los temas establecidos en la convocatoria.</b> El Proyecto se concentra en aspectos de monitoreo de recursos hídricos del Humedal, censos de aves y difusión de sus resultados a través de una gestión de educación ambiental hacia la comunidad de Batuco, incorporando Vecinos, Colegios, Juntas de Vecinos. Una perspectiva más cercana e informada en la comunidad puede facilitar el desarrollo de acciones para reducir el impacto negativo, estableciendo acciones en torno a monitoreos permanentes. Se espera generar vínculos de cooperación entre organizaciones comunitarias, juntas de vecinos, autoridades comunales y regionales, colegios de Batuco e instituciones interesadas en la conservación del Humedal.		
<b>Indique la localización del proyecto</b>		
Región	Metropolitana	
Provincia	Chacabuco	
Comuna	Lampa	
Localidad	Batuco	
<b>Indique la cantidad de meses en que se desarrollará el Proyecto (Hasta 12 meses).</b> 12 meses		
<b>Indique si el proyecto compromete terrenos. SI..... NO...X....</b> <b>Superficie Aproximada que involucrará el Proyecto</b> Datos del o los Propietarios. En el Humedal de Batuco coexisten un importante número de propietarios, muchos de los cuales pertenecen a Condominios de Parcelas además de empresas privadas, tal como la industria Cerámicas Santiago, cuyas Autorizaciones hemos incluido en el Anexo del Formulario		
<b>Escriba los siguientes datos relacionados con el financiamiento del proyecto</b>		
Monto Total solicitado al Fondo de Protección Ambiental	Monto Total aportado por la (s) contraparte (s)(OE, AS)	Monto Total del Proyecto (Indique el monto total que costará el proyecto, sumando todos los aportes)
\$ 6.963.500	\$ 15.793.700	\$ 22.777.200

## II. DATOS DE LOS ORGANISMOS PARTICIPANTES

<b>A. Escriba los siguientes datos del Organismo Ejecutor (OE)</b> (Escriba los datos actualizados de su organización)					
Nombre del OE	O.C.F. El Totoral de Batuco				
RUT o N° de Personalidad Jurídica	RUT : 65.588.190 - 5				
Dirección	Calle A.Vespucio	N° 2680		Pobl. O Villa OF.34	
Comuna – Región	Comuna Lampa		Región Metropolitana		
Teléfono – Fax -mail	6244475				
Nombre, dirección y teléfono, e-mail del Representante Legal	Patricio Cortez Castro, A. Vespucio 2680, Of. 34 – Conchalí, F:6244475. patricio.cortez@lubtek.cl				
<b>B. Mencione la Experiencia del Organismo Ejecutor en los 2 últimos años</b>					
Nombre del proyecto o actividad	Área Temática	Año de Ejecución	Fuente de Financiamiento	Monto de Financiamiento	Instituciones u Organizaciones con las que trabajó
<b>C. Escriba los siguientes datos del coordinador (a) del proyecto por parte del OE</b>					
Nombre	Patricio Cortez Castro				
Teléfono-mail	6244475 – patricio.cortez@lubtek.cl				
Domicilio	Calle A.Vespucio	N° 2680	Pobl. O Villa Oficina 34	Comuna Conchali	
<b>D. Escriba los datos de lo (s) Organismo (s) Asociado (s) (OA)</b>					
Nombre	Ilustre Municipalidad de Lampa				
Dirección	Calle Baquedano	N° 964	Pobl. O Villa	Comuna Lampa	
Teléfono -Fax- mail	2586122				
Representante legal	Carlos Escobar Paredes - Alcalde				
Razones para apoyar el proyecto	El Proyecto se enmarca en los Planes de Trabajo para la protección del sitio prioritario Humedal de Batuco. Se adjunta Carta Compromiso en Anexo al Formulario.				

<p><b>CADA UNA DE LAS INICIATIVAS DEL PROYECTO SERÁ EJECUTADA POR DIFERENTES ORGANISMOS ASOCIADOS, A SABER :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Departamento de Ingeniería Civil – Universidad de Chile</li> <li>• Unión de Ornitólogos de Chile</li> <li>• ONG Casa de la Paz</li> </ul> <p>Los datos de cada una de ellas se detalla por separado</p>				
<b>E. Escriba los datos de otros Organismos Asociados a la ejecución del proyecto</b>				
Nombre	<b>Departamento de Ingeniería Civil – Universidad de Chile</b>			
<i>Dirección</i>	Calle Blanco Encalada	Nº 2002	Pobl. O Villa	Comuna Santiago
Teléfono- Fax-mail	9784400 – 6894171 (fax)			
Representante legal				
Razones para apoyar el proyecto	El Proyecto es integrante fundamental del Desarrollo de Trabajos de Título de Estudiantes del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.			
Nombre	<b>Unión de Ornitólogos de Chile</b>			
<i>Dirección</i>	Calle Mosquito	Nº 459	Pobl. Oficina 103	Comuna Stgo.
Teléfono y Fax	6330315			
Representante legal	Cristian Estados Marfán, Rodrigo Barros			
Razones para apoyar el proyecto	El monitoreo de Aves y Censos en el Humedal de Batuco es una actividad que UNORCH debe realizar anualmente y en esta oportunidad se concentrará en algunas especies relevantes para la zona.			
Nombre	<b>ONG CASA DE LA PAZ</b>			
Dirección	Antonia López de Bello Nº 80 - Recoleta			
Teléfono y Fax	7374280			
Representante legal	Sra. Ximena Abogabir Scott – Srta. Carolina Silva Lobo			
Razones para apoyar el proyecto	Una de las areas relevantes de trabajo en Casa de la Paz es la educación ambiental. Poder desarrollar metodologías de educación ambiental en temas de conservación es una oportunidad para ampliar el area temática de trabajo.			

### III. EL PROYECTO

**A. Describa en qué consiste el proyecto y los resultados que se espera obtener.**

**¿Cuál es la situación o problema ambiental que se abordará?.**

Se abordará la situación ambiental en que se encuentra el humedal Laguna de Batuco, respecto del recurso hídrico, el monitoreo de ciertas especies de aves y la relación de la comunidad con el Sitio prioritario para la Conservación de la Biodiversidad. de la Región Metropolitana, Humedal de Batuco.

Este humedal queda bastante cerca de la ciudad de Santiago y por ende está muy propenso a la contaminación de esta gran zona urbana. A lo largo de la historia, su extensión y calidad han variado de gran manera debido al crecimiento de la ciudad. Actualmente, este ecosistema está reducido a una mínima fracción de lo que era antes.

Pese a toda la intervención antropogénica, este sector tiene un alto valor como una gran área verde, con grandes potenciales para un uso turístico y educacional. Así, el humedal Laguna de Batuco, además de generar servicios ambientales tan valiosos como la preservación del recurso agua (por citar el más relevante), posee un gran potencial económico debido a su cercanía con la ciudad más densamente poblada de Chile. Además, este hábitat será un símbolo para la localidad de Batuco.

Por esto se hace imprescindible conocer las condiciones ambientales actuales y futuras de este sitio, en especial para la componente agua, y luego trabajar arduamente por revertir la alteración indiscriminada de la cual ha sido víctima.

De igual modo, las vías de participación de los diferentes actores, tanto de la comunidad como de organizaciones deben ser evaluadas y precisadas para establecer un trabajo permanente., por ello, este tema es también abordado en el Proyecto a través del capítulo educacional ambiental.

Ej. Destrucción del bosque nativo, principalmente por su uso como leña para fines domésticos.

**B. ¿Cómo afecta la vida de la comunidad y a los Recursos Naturales?.**  
Especifique cómo afecta el problema diferenciadamente a hombres y mujeres.

El Humedal Laguna de Batuco y sus alrededores son un importante sitio de nidificación y concentración de avifauna cercano a la capital. En el Humedal Laguna de Batuco habitan más de 85 especies de aves, algunas en peligro de extinción y otras con problemas de conservación, lo que representa cerca de un 19% de la avifauna del país. En relación a la flora, existen en el sector una serie

de especies que son endémicas de Chile, algunas de distribución restringida o poco conocidas.

En cuanto a su flora y vegetación se encontraron 80 especies pertenecientes a 7 asociaciones vegetales.

En los últimos años han muerto varias especies por causas que todavía se están analizando. Una de las posibles razones de este problema ambiental es el efluente de una planta de tratamiento de aguas servidas que llega finalmente a la Laguna. Además, en el pasado, se han construido pretilos con el fin de limitar su extensión e incorporar mayor cantidad de terrenos a las labores agrícolas e industriales. Todo esto, junto con los continuos drenajes con fines inmobiliarios e industriales, hacen de este lugar un sitio muy sensible para las especies que habitan este lugar.

Además de ser sitios importantes para la conservación biodiversidad, los humedales tienen otros atributos como: Almacenar y depurar las aguas, mitigar tormentas y crecidas, generar posibilidades de recreación y turismo, etc. Funciones y valores que siempre han tenido los habitantes de las comunidades aledañas y que podrían perder con la destrucción de este ecosistema.

En cuanto al impacto de la problemática sobre la comunidad, existen una serie de problemas que pueden afectar, indistintamente, a hombres y mujeres. Algunos ejemplos de ello son la presencia de vectores portadores de enfermedades (roedores y algunos insectos), producto de los residuos sólidos arrojados sobre el lugar, la presencia de malos olores, (situación que se acentúa durante las épocas de altas temperaturas).

### **C.- Objetivos (¿Qué se quiere mejorar al término del proyecto?)**

- Generar una Red de Monitoreo de la Calidad y Cantidad de las Aguas en la Laguna de Batuco.
- En base a esta Red, monitorear de manera constante los recursos hídricos de la Laguna.
- Crear un sistema de alarma ambiental en caso de haber contaminación en la Laguna.
- Generar la información requerida para evaluar la postulación como sitio RAMSAR.
- Sensibilizar a la comunidad aledaña y regional en torno a la importancia de conservar, proteger y conocer el Humedal.
- Monitoreo de aves, en particular censos de Pato rinconero, Pájaro amarillo y Becacina común.
- Entrenar a la Comunidad interesada en monitorear aves.

**D. Señale las actividades, en función de los objetivos que contempla el proyecto.**

- 1. Generar una Red de Monitoreo de la Calidad y Cantidad de las Aguas en la Laguna de Batuco:**
  - Definición de puntos de referencia.
  - Capacitación de los operarios de la Red.
- 2. En base a una Red, monitorear de manera constante los recursos hídricos de la Laguna:**
  - Medición de extensión del espejo de agua con GPS.
  - Aforo de caudales de entrada y de salida.
  - Medición de Calidad de Aguas.
  - Medición de Nivel de Agua en Pozos.
- 3. Crear un sistema de alarma ambiental en caso de haber contaminación en la Laguna:**
  - Definir un plan de contingencia.
  - Definir roles de las autoridades pertinentes.
- 4. Generar la información requerida para evaluar la postulación como sitio RAMSAR.**
  - Crear una base de datos
- 5. Monitoreo de Aves**

#### **5.1. Censos Exhaustivos de Aves Acuáticas**

- Para las aves acuáticas de la Laguna de Batuco, se realizan dos censos exhaustivos al año con la metodología que propone Wetlands International. Dichos conteos se enmarcan en el contexto del “Censo Neotropical de Aves Acuáticas” que organiza dicha institución en los meses de Febrero y Julio (verano e invierno).
- Se publicarán los resultados en un Informe de Monitoreo.
- Estos censos quedan abiertos a gente interesada en monitorear aves, como una forma de capacitación en censos de aves acuáticas (objetivo 2)

Adicionalmente, se propone el monitoreo particular de algunas especies de aves consideradas relevantes en esta zona:

#### **5.2. Censos de Pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*)**

El Pato rinconero es una especie poco conocida. En mayo del 2006 se censaron 387 individuos (Tranque San Rafael + Laguna Batuco), lo que probablemente significa la población más importante de esta especie para Chile. Con la poca información existente, aún es difícil de saber qué representa este número dentro de la población chilena. Sin embargo, es muy probable que se trate de más del 1% de la población nacional, lo que implicaría un criterio Ramsar para la conservación de este sitio.

El Pato rinconero es una especie muy reservada, pasando bastante tiempo oculta al interior del totoral, lo que dificulta su monitoreo. En época de nidificación es muy difícil de verlos. Sin embargo, entre marzo y junio estos patos salen del totoral, lo que permite censarlos.

Para empezar un seguimiento de la población de esta especie, se propone hacer 5 censos durante los meses de marzo y junio para obtener una mejor idea de la población. Además se podrá precisar cuándo es la mejor fecha para hacer el censo los años siguientes (la idea es que en el futuro, se haga solamente uno o dos censos de Pato rinconero en el año).

- Se publicarán los resultados en un Informe de Monitoreo.

### **5.3. Censo de Pájaro amarillo (*Pseudocolopteryx flaviventris*)**

El Pájaro amarillo también es una especie poca conocida, ignorándose realmente el hábitat que necesita para nidificar.

La subespecie de Pájaro amarillo que se observa en Chile podría tratarse de una especie aparte, lo que implica una gran responsabilidad de conservación para la comunidad nacional.

Con el fin de tener una mejor idea de la población de esta especie en los humedales de Batuco y Lampa, y poder caracterizar su hábitat, proponemos un monitoreo del Pájaro amarillo en esta área.

Se realizará una cartografía de la población de Pájaro amarillo en esta zona, identificando los lugares más importantes. Con los datos que se encuentren sobre el hábitat que necesita, será posible desarrollar un "plan de manejo" para esta especie en el futuro.

- Se publicarán los resultados en un Informe de Monitoreo.

### **5.4. Censo de Becacina común (*Gallinago (paraguaiiae) magellanica*)**

La Becacina común es considerada como "Vulnerable" a nivel nacional.

Esta especie nidifica en el Humedal de Batuco, pero no se sabe nada del tamaño de esta población.

Se propone mapear todas las zonas de nidificación de las Becacinas, para luego realizar un único censo con un grupo de voluntarios.

No se necesita ser un gran ornitólogo para este conteo, por lo que se puede añadir toda la gente interesada en esta actividad. Para el buen resultado de este censo, se entrenará a los voluntarios (objetivo 2).

Después del censo del 2007, se podría realizar un censo equivalente cada dos años.

- Se publicarán los resultados en un Informe de Monitoreo.

Cuando se busque la Becacina común, se levantará información sobre la Becacina pintada (*Nycticryphes semicollaris*), considerada "En Peligro" a

nivel nacional, y el Nuco (*Asio flammeus*), que son otras especie importante del lugar.

**6. Selección de contenidos relevantes obtenidos de las actividades de UNORCH y U de Chile para transmitir a la comunidad**

**7. Desarrollo de guía educativa para educadores formales que contenga:**

- Introducción: sensibilización respecto a la importancia del a conservación de la biodiversidad en general, poniendo luego énfasis en la riqueza encontrada en el sector.
- Nociones básicas de la biología de la Flora y Fauna existente en el lugar.
- Fichas descriptivas de las principales especies.
- Actividades para cada nivel educativote enseñanza básica, de acuerdo a sectores y subsectores de aprendizaje.

**8. Desarrollo de charlas orientadas a la comunidad.**

- Organización de visitas guiadas de estudiantes de la Región Metropolitana.

**E. Al final del proyecto ¿qué habrán hecho como resultado esperados para solucionar el problema que afectaba?. Señale en cada caso si los principales usuarios son hombre y/o mujeres.**

1. Se espera haber generado una estadística contundente en cuanto a cantidad y calidad de las aguas de la Laguna de Batuco, de modo de poder conocer la situación actual de éstas, y detectar cualquier anomalía que se produzca a futuro. Ello se relaciona directamente con la elaboración de un sistema de alarma ambiental en caso de contaminación, y con el monitoreo futuro de los parámetros más importantes y críticos, que permitan conocer el comportamiento de las aguas.
2. La medición de la calidad y cantidad del recurso hídrico del humedal Laguna de Batuco será llevada a cabo por los hombres y mujeres que integran la Organización Comunitaria y Funcional “El Totoral de Batuco” con la ayuda de estudiantes del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile. Los beneficiarios serán todos los vecinos (as) de Batuco.
3. Censo específico de Aves Acuáticas presentes en el Humedal de Batuco con monitoreo particular de especies relevantes en la zona.
4. Informe con datos y sugerencias para postularlo como sitio RAMSAR
5. Charlas de sensibilización ambiental a nivel regional respecto a la biodiversidad e importancia del Humedal de Batuco.
6. Material gráfico de las especies más representativas presentes distribuido a nivel regional

7. Set de actividades de apoyo para los docentes que permita incorporar contenidos ambientales relevantes del área en el currículum escolar.
8. Set de material informativo para visitantes del lugar
9. 5 grupos de estudiantes de la Región Metropolitana visitan el lugar.

**F. Indique que posibilidad tiene esta experiencia de ser replicada exitosamente por otras organizaciones y/o comunidades.**

La experiencia adquirida servirá de base para que los integrantes de la comunidad afectada puedan hacerse cargo, previa capacitación, de la Red de Monitoreo de Recursos Hídricos de la Laguna de Batuco. Asimismo, la metodología empleada podrá ser replicada por cualquier otra comunidad que enfrente una problemática similar, mejorando los aspectos que pudieran ser no exitosos de esta experiencia.

En Chile existen muchos humedales como éste y muchas comunidades que se han instalado en sus sectores aledaños de modo de aprovechar el recurso hídrico y la abundancia de vida salvaje que éstos brindan. Sin embargo, debido al gran desconocimiento que existe en todo el mundo respecto a estos ambientes, existe un riesgo latente que podría ser minimizado por dichas comunidades utilizando el ejemplo del humedal Laguna de Batuco.

De la misma forma, las actividades de Censos y Monitoreos de Aves podrán continuar siendo desarrollados por vecinos de la comunidad de Batuco quienes serán instruidos para ello.

**G. Mencione las innovaciones que se habrán implementado al término del proyecto.**

Con respecto al monitoreo de recursos hídricos:

- Instalación de infraestructura y equipamiento necesario para el monitoreo de las aguas.
- Disminución del riesgo de contaminación y pérdida cuantitativa del recurso hídrico.
- Creación de un grupo de voluntarios para monitorear la Laguna.
- Aumento de la conciencia local por el cuidado de la laguna.
- Informe con datos y sugerencias para postularlo como sitio RAMSAR.

Con respecto al monitoreo de biota:

- Listado de la flora y fauna presente en el Humedal de Batuco, que incluya riqueza de especies, ordenado de acuerdo a variables tales como estado de

conservación (regional y local), abundancia relativa, grados de endemismo, distribución geográfica y rol ecológico.

- Charlas de sensibilización ambiental a nivel regional respecto a la biodiversidad e importancia del Humedal de Batuco.

- Set de actividades de apoyo para los docentes que permita incorporar contenidos ambientales relevantes del área en el currículum escolar

- Set de material informativo para visitantes del lugar

- Entrenar a la comunidad interesada en el monitoreo de aves.

**H. Al final del proyecto, ¿qué habrán hecho para cambiar los hábitos de niños/as y adultos de modo que su acción contribuya a cuidar su medio ambiente?.** (completar para el caso de área temática Educación para la Sustentabilidad).

Con respecto a los monitoreos y Censos:

Al hacer partícipe a la comunidad de las actividades propuestas (charlas de sensibilización ambiental, monitoreo de calidad de aguas, monitoreo de aves), se espera que la comunidad, en especial los niños, adquieran conciencia ambiental respecto al problema que los afecta. Se espera obtener una mejor llegada en la comunidad al incluir algunas actividades dentro de las actividades escolares de los niños, lo cual involucre de manera directa a sus padres y familiares.

Ej. Se espera que los niños y la escuela colaboren con sus madres en el uso y mantención de las cocinas solares.

<b>I. Describa las actividades centrales del proyecto especificando el rol de los involucrados:</b>			
Quiénes son los participantes (jefes o jefas de hogar, dirigentes, miembros de organizaciones, etc.)	Nº de personas		Actividades en que participarán
	H	M	
1. Organización "El Totoral de Batuco" y estudiantes Universidad de Chile.	4	3	Instalación de Infraestructura para monitoreo de aguas.
2. Organización "El Totoral de Batuco", Juntas de Vecinos y estudiantes Universidad de Chile.	8	10	Capacitación grupo de voluntarios para monitoreo de aguas de la Laguna.
3. Organización "El Totoral de Batuco", Vecinos, Patrulla Ecológica y estudiantes Universidad de Chile.	20	15	Monitoreo de aguas.
4. Juntas de Vecinos, miembros de organizaciones, comunidad (niños y adultos), profesores.	50	50	Charlas de sensibilización ambiental.
5. Estudiantes Universidad de Chile.	1	0	Generación de un sistema de alarma ambiental.
6. Organización "El Totoral de Batuco" y Municipalidad de Lampa.	4	3?	Mantenimiento de una base de datos.
Quiénes son los participantes (mujeres, alumnos, profesores, apoderados, directivos otros.	Nº de personas		En qué van a participar
	H	M	
1. Organización El Totoral de Batuco, UNORCH, ONG Casa de la Paz y Universidad de Chile	5	4	Desarrollo y Coordinación del Proyecto
2. Municipalidad de Lampa	4	4	Convocatoria, Recursos Humanos y coordinación con entes gubernamentales
3. Vecinos de Batuco	10	15	Capacitación y Monitoreo

<b>J. Describa el total de beneficiarios (as) directos (as) del proyecto Nota (*) : datos obtenidos a partir de Censo en Batuco</b>	
Nº Hombres adultos	1780
Nº Mujeres adultas	1850
Nº Niños	500
Nº Niñas	500
Nº Jóvenes mujeres	230
Nº Jóvenes varones	230
Nº Mujeres adultas mayores	32
Nº Hombres adultos mayores	29

**K. Indique qué acciones desarrollará el Organismo Ejecutor para que el proyecto se mantenga una vez terminado el apoyo financiero de CONAMA.**

La comunidad entrenada será identificada y se les incluirá en el conjunto de actividades que el OE desarrolla anualmente de forma tal de que se continúe con los monitoreos tanto del recurso hídrico como también de los Censos de Aves.

Adicionalmente el material producido será compartido con el personal docente de las Escuelas de la Comuna que están participando en el SNCAE como una forma de difundir la información generada y las actividades realizadas.

Los Resultados en Informes de los Monitoreos y Censos serán compartidos con la Mesa de Trabajo del Plan de Acción para el sitio prioritario Humedal de Batuco para ser incluidos como documentos y para evaluar segundas etapas a cumplir a partir de dichos resultados (por ejemplo Postulación a RAMSAR ).

**IV. RIESGOS DEL PROYECTO**

Enumere los riesgos importantes que podrían ser causas de demoras graves o dificultar el logro de los resultados del proyecto y cuáles serían las estrategias de solución.

<b>Tipos de Riesgos</b>	<b>Como afecta la ejecución del proyecto</b>	<b>Estrategias de solución</b>
<b>ESCASA CONCURRENCIA A CAPACITACION Y PARTICIPACION COMUNITARIA</b>	<b>Dificulta la elaboración de estrategias e identificación de mecanismos sociales de participación.</b>	<b>Difusión mediante medios de comunicación masiva en Batuco, Charlas a la Comunidad, presentando los beneficios de participar en el Proyecto.</b>

## V. COSTOS DEL PROYECTO

		Aportes de Financiadores (Miles de \$)		
Categorías		CONAMA	CONTRAPARTE	TOTAL
I. COSTOS DE INVERSIÓN	A. Infraestructura (A + B = 40%)	120.000	100.000	220.000
	B. Equipos y herramientas de trabajo (A + B = 40%)	1.457.500	10.629.000	12.086.500
	<b>SUB TOTAL ÍTEM I.</b>	1.557.500	10.729.000	12.306.500
II. COSTOS OPERACIONALES	A. Prestación de Servicios (40%)	2.030.000	1.834.700	3.864.700
	B. Pasajes y Alimentación	446.000	300.000	746.000
	C. Materiales e insumos	2.410.000	940.000	3.350.000
	D. Difusión y señalética	200.000	1.400.000	1.600.000
	E. Servicios Básicos		590.000	590.000
	<b>SUB TOTAL ÍTEM II.</b>	5.086.000	5.064.700	10.150.700
III. OTROS	A. Costos no asignados ( 7% )	300.000		300.000
	<b>SUB TOTAL ÍTEM III</b>	300.000		300.000
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>		6.963.500	15.793.700	22.777.200

- Costos de Inversión (A + B = 40%), comprende el porcentaje del total de presupuesto solicitado.
- Costos Operacionales, Prestación de Servicios (40%), comprende el porcentaje del total de presupuesto solicitado.
- Costos No Asignados (7%), solo para resguardo presupuestario, comprende el porcentaje del total de presupuesto solicitado.
- El resto de los subtemas presupuestarios no tiene tope de presupuesto. El porcentaje requerido queda a disposición del organismo ejecutor.

## INDICE ANEXOS

### **ANEXO 1 : DOCUMENTOS EXIGIBLES**

- FOTOCOPIA R.U.T. AUTORIZADA ANTE NOTARIO ORGANIZACIÓN EJECUTORA
- CERTIFICADO DE VIGENCIA ORGANISMO EJECUTOR
- CERTIFICADO DE CUENTA DE AHORRO DEL ORGANISMO EJECUTOR EN EL BANCO ESTADO
- CERTIFICADO RESIDENCIA ORGANISMO EJECUTOR

### **ANEXO 2 : FORMULARIO DE SOLICITUD DE INSCRIPCION EN EL REGISTRO DE ENTIDADES RECEPTORAS DE FONDOS PUBLICOS, LEY 19.862**

### **ANEXO 3 : CARTAS COMPROMISOS ORGANISMOS ASOCIADOS**

- Ilustre Municipalidad de Lampa
- Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Civil
- ONG Casa de la Paz

### **ANEXO 4 : CARTA SOLICITUD DE FINANCIAMIENTO**

### **ANEXO 5 : CARTAS AUTORIZACION USO DE TERRENOS**

- Industria Cerámicas Santiago
- Condominio Valle Lo Fontecilla
- Condominio La Javiera
- Condominio Valle Hermoso

### **ANEXO 6 : CARTA COMPROMISO DE LA COMUNIDAD**

## **ANEXO L**

### **COSTOS DE LA RED DE MONITOREO**

## L.1 COSTOS RED MONITOREO

**Tabla L.1**  
**Costo anual detallado, Red de Monitoreo Laguna de Batuco**

	Ítem	Detalle	Precio Unitario	Cantidad por año	Total	
<b>COSTO FIJO</b>	Análisis de Laboratorio HIDROLAB	Turbiedad	\$508	16	\$8,128	
		N total	\$11,402	16	\$182,432	
		N k	\$4,541	16	\$72,656	
		N-NH3	\$3,557	16	\$56,912	
		N-NO3	\$3,430	16	\$54,880	
		P total	\$2,795	16	\$44,720	
		DBO5	\$6,607	16	\$105,712	
		DQO	\$6,462	16	\$103,392	
		Cloruros (subte)	\$3,049	6	\$18,294	
		NO3 (subte)	\$3,430	6	\$20,580	
		<b>Sub Total</b>				<b>\$667,706</b>
	Análisis de Laboratorio SERNAGEOMIN	Metales y P en sedimento	\$18,536	8	\$148,288	
		Metales traza en agua(subte)	\$18,536	3	\$55,608	
		Níquel y Cromo (subte)	\$5,561	12	\$66,732	
		<b>Sub Total</b>				<b>\$270,628</b>
	Insumos Muestreo de aguas	Botellas plásticas de muestreo 50 ml para aguas	\$64	50	\$3,200	
		Frascos plásticos para sedimento + tapa	\$255	8	\$2,040	
		Filtros para aguas subterráneas	\$650	15	\$9,750	
		Jeringas	\$30	15	\$450	
		Preservante (HNO3)			\$0	
		Agua destilada 1 L	\$400	10	\$4,000	
		Toalla de papel	\$350	4	\$1,400	
		Pilas AA	\$3,000	1	\$3,000	
		Marcador permanente	\$500	2	\$1,000	
		Cinta adhesiva	\$200	2	\$400	
		Bolsas plásticas	\$340	3	\$1,020	
		<b>Sub Total</b>				<b>\$26,260</b>
		Otros	Reposición de soluciones de calibración	\$100,000	0.2	\$20,000
	Reparación de equipos dañados		\$50,000	1	\$50,000	
	<b>Sub Total</b>				<b>\$70,000</b>	
	<b>COSTO REDUCIBLE</b>	Insumos de oficina	Lápices	\$90	10	\$900
			1 Resma Hojas Carta	\$1,800	1	\$1,800
			Tinta impresora	\$20,000	1	\$20,000
<b>Sub Total</b>				<b>\$22,700</b>		
Movilización y otros		Bencina	\$7,000	48	\$336,000	
		Colaciones	\$5,000	48	\$240,000	
		<b>Sub Total</b>				<b>\$576,000</b>
Mano de obra		2 personas para muestreo	\$8,000	48	\$384,000	
		Chofer	\$3,000	48	\$144,000	
		Revisión de funcionamiento de la red y otros	\$4,500	168	\$756,000	
		Prácticas profesionales	\$100,000	1	\$100,000	