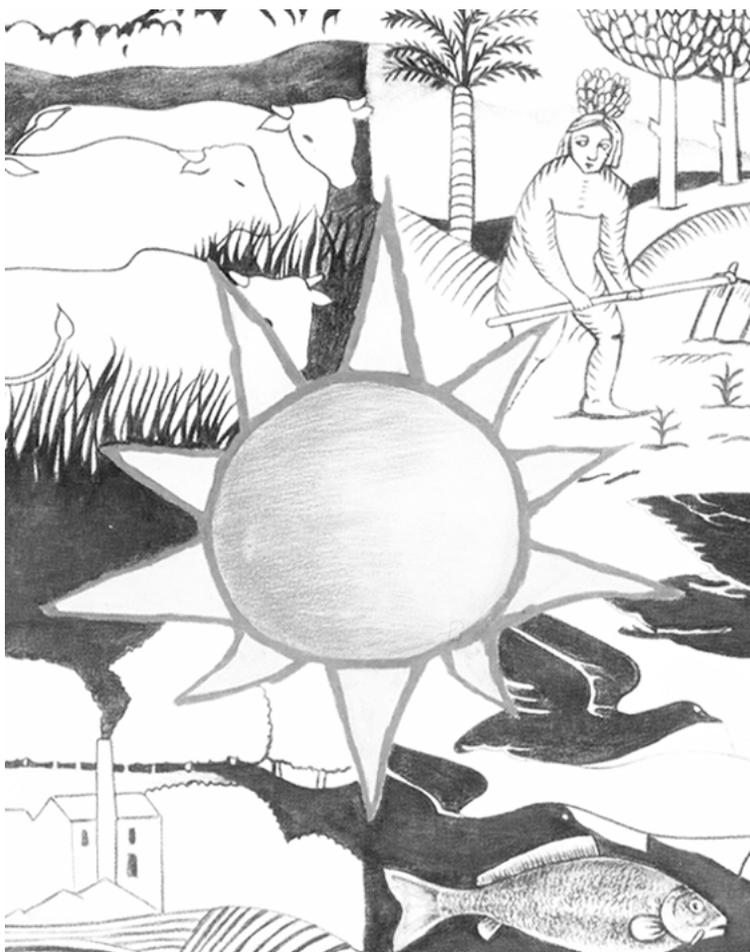


CARACTERIZACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE UN HUMEDAL URBANO EN LA CIUDAD DE VALDIVIA, SUR DE CHILE.

Characterization and conservation status of an urban wetland in the city of Valdivia, southern Chile

Patricia Möller



Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Casilla 164, Valdivia, Chile. Correo electrónico: pmoller@ceachile.cl

RESUMEN

Los humedales localizados en zonas urbanas están sometidos a diferentes efectos sobre su hidrología, afectando la calidad del agua y con ello la conservación del sistema en su conjunto. La ciudad de Valdivia, fundada en 1552 fue emplazada sobre un terreno cruzado por lagunas de considerable tamaño y zonas pantanosas que comenzaron a rellenarse artificialmente a partir de 1846. La expansión urbana de la ciudad se ha efectuado en parte sobre estas zonas de humedales las que han debido someterse a obras de relleno, drenaje y encauzamiento para conducir las aguas que naturalmente escurren hacia ellos. Su existencia, sin embargo cumple un rol determinante en el sistema de evacuación y drenaje de las aguas lluvias, como es el caso particular del humedal Santa Inés localizado en la isla Teja. Dado que existe una caracterización vegetal de los humedales urbanos, pero se desconoce la calidad de sus aguas, este estudio tuvo como objetivo establecer mediante el análisis de sus aguas el estado en que se encuentra el humedal Santa Inés de la isla Teja, la eventual presencia de sustancias contaminantes y la posible identificación de fuentes de contaminación. Los resultados revelan que, en general, el humedal posee una buena calidad de sus aguas según las normas chilenas, presentando bajas concentraciones de oxígeno disuelto y de nutrientes, pH algo ácido y ausencia de aportes de aguas servidas al humedal.

Palabras clave: humedal, zona urbana, calidad de aguas, conservación.

ABSTRACT

Wetlands located in urban areas are subjected to different effects on hydrology, affecting water quality and thus the maintenance of the system as a whole. Valdivia city, founded in 1552, was located on land crossed by lakes of significant size and swampy areas that began to be filled artificially from 1846. The city's urban expansion has taken place in part on these wetland areas that undergo filling works, drainage and channelling for conducting the water that drain naturally to them. Its existence however plays a relevant role in the drainage system and storm water drainage, as is the case of the Santa Inés wetland located in the Teja Island. The vegetation of the urban wetlands is well known, but little is known of the water quality. This study pretend to establish through the water analysis the conservation status of the wetland Santa Inés of the Teja island, the possible presence of pollutants and the possible identification of sources of pollution. The results show that, in general, has good water quality, with low dissolved oxygen, nutrient concentrations for dystrophic waters, pH somewhat acid and lack of sewage inputs to the wetland. Management recommendations to improve the conservation status of the wetlands Santa Inés are given to enhance the recreation, tourism and education in the area.

Key words: wetland, urban areas, water quality, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos, que representan una multiplicidad de ambientes dependiendo de su origen, localización geográfica, su régimen acuático y químico, características del suelo o sedimento y vegetación dominante (Vila 2006). La convención internacional de Ramsar define los humedales como «...extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, saladas o salobres, incluyendo las extensiones de agua marina, cuya profundidad de marea no exceda los seis metros» (Ramsar Bureau 2000). Son además ecosistemas altamente productivos (Novitzki et al. 1996) que se caracterizan por cumplir múltiples funciones, tales como hidrológicas y biogeoquímicas (Woodward & Wui 2001, NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1995), además de proporcionar bienes y servicios relevantes a la sociedad humana (Barbier et al. 1997, Möller & Muñoz-Pedreras 1998).

Los humedales están condicionados por el recurso hídrico, ya que los requerimientos para la vida acuática están definidos por dos propiedades esenciales: la cantidad y la calidad de agua. La cantidad del recurso hídrico está determinada, en términos generales, por el régimen hidrológico y la variación estacional. La calidad del agua está dada por un conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos, cuyos valores determinan la presencia de la biota acuática y que se establecen en función

de estándares específicos según sus usos. La química de aguas establece los factores más importantes que son determinantes del metabolismo de un cuerpo de agua y de la presencia, crecimiento y desarrollo de la biota asociada. Los parámetros requeridos para la vida acuática y silvestre se relacionan, en general, con condiciones de transparencia en las aguas, baja presencia de sedimentos, ausencia de sustancias químicas tóxicas, ausencia de patógenos y un pH moderado (Gayoso et al. 2000). La urbanización provoca variados efectos sobre la hidrología de los humedales (e.g., se incrementan la turbidez, los nutrientes, metales y contaminantes orgánicos, al tiempo que disminuye la concentración de oxígeno), afectándose la calidad del agua (Ehrenfeld 2000).

La ciudad de Valdivia, fundada en 1552, fue emplazada sobre un terreno cruzado por lagunas de considerable tamaño (Guarda 1993). En planos de 1855 las lagunas eran designadas como «hualves», los que comenzaron a rellenarse artificialmente a partir de 1846 (Guarda 1993 op.cit.). La expansión urbana de la ciudad ha incorporado estas extensas superficies de humedales las que han debido someterse a obras de relleno, drenaje y encauzamiento para conducir las aguas que naturalmente escurren hacia ellos. La existencia de estos humedales son determinantes en el sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias (MOP 2002), por lo tanto su pérdida o disminución pone en riesgo la función de amortiguamiento que ellas cumplen. Esta tendencia se manifiesta también en otras ciudades de Chile (Pauchard et al. 2006).

Por años estos humedales se han ido rellenando, natural y artificialmente, lo que ha llevado a una homogenización de ambientes predominando los sistemas de tipo palustre (Cowardin et al. 1979). Esto los ha convertido en ambientes relativamente uniformes siendo

reconocidos como importantes áreas verdes por parte de la población aledaña y Ramírez et al. (2001) señalan que son los humedales de mayor belleza escénica de la ciudad de Valdivia. Estos autores caracterizaron vegetacionalmente los humedales urbanos, no existiendo a la fecha estudios que revelen la calidad de sus aguas y si éstas cumplen con las normas establecidas y si es apta para diferentes usos, ya sea de interés humano como para la vida silvestre.

El objetivo de este estudio es establecer mediante el análisis de sus aguas el estado en que se encuentra el humedal Santa Inés de la isla Teja, la eventual presencia de sustancias contaminantes y la posible identificación de fuentes de contaminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El humedal de Santa Inés se localiza en la zona urbana de la ciudad de Valdivia (39°81'26 S, 73°25'52 W), región de Los Ríos, específicamente en la isla Teja en el sector oeste de la ciudad. El clima del área, de acuerdo a la clasificación de Koeppen (1948), está bajo la influencia del tipo templado lluvioso con influencia mediterránea (Cfsb2) (Muñoz-Pedrerros 2003). La isla Teja posee una superficie de 1.500 ha y sus suelos están compuestos por basamento metamórfico y principalmente roca canchagua, además de sedimentos indiferenciados que incluyen los sectores de humedal y una amplia franja de suelos anegados que la bordean en su margen aledaño al río Cruces (Rojas 1990). Una parte importante de su extensión está cubierta por áreas inundadas, producto de la presencia de napas superficiales. En ellas predomina las comunidades vegetacionales de pantano,

particularmente el pantano de totora (*Scirpetum californiae*) y de vatro (*Scirpetum californiae Thyphaetosum*) (Ramírez et al. 2001) existiendo también algunas lagunas artificiales. Los humedales de Santa Inés se asocian a un sistema mayor que cruza la isla Teja formando parte de la mayor cuenca de drenaje de la misma, que descarga prácticamente todas las aguas lluvias hacia el río Valdivia. El área de estudio abarca una superficie de 6,8 ha, es de propiedad municipal y está asociada a un parque e incluyó también los humedales adyacentes más inmediatos.

Metodología

La calidad del agua está determinada por un conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos, cuyos valores determinan la presencia de la biota acuática. La química de aguas busca aquellos factores más importantes, que aislados o en conjunto son determinantes del metabolismo de un cuerpo de agua y de la presencia, crecimiento y desarrollo de la biota asociada.

Para determinar la calidad de las aguas se efectuaron los siguientes análisis: temperatura, pH, conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales Disueltos (STD), Alcalinidad, Dióxido de Carbono (CO₂), Cloruro de Sodio (NaCl), Fósforo total, Amoníaco (NH₃), Nitrato (NO₃); y coliformes totales y fecales, para establecer la presencia de contaminación fecal. Las muestras fueron tomadas según procedimientos descritos en Wetzel & Likens (2000) el 23 de enero de 2006 y enviadas para su análisis a los laboratorios Benthos Ltda. y a la Unidad de Acción Sanitaria del Servicio de Salud, ambos en Valdivia. Para comparar los ingresos y salidas de agua desde las distintas unidades que

componen el sector de humedales en estudio se realizó una secuencia de mediciones de los parámetros temperatura, pH y conductividad el 6 de febrero de 2006. Para ello se utilizó un equipo portátil Oyster modelo B-TECH.

Para establecer la circulación hídrica dentro del humedal, se identificaron los ingresos y salidas que permiten el drenaje actual del sistema. Paralelamente se obtuvo la red hídrica de cartografía del área con las curvas de nivel. Se midieron los caudales en tres estaciones (Fig. 1), para ello se utilizó el método de área-velocidad, basado en la ecuación de continuidad: $Q = A * V$, donde Q= Flujo de agua (m³/s), A= Área de la sección transversal del cauce (m²) y V= Velocidad en el área de la sección del cauce (m/s). La velocidad se determinó utilizando un correntómetro marca HydroBios Kiel.

En base a las características del humedal y las unidades que lo componen se establecieron ocho estaciones de muestreo (Fig. 1). Éstas fueron (1) salida laguna poniente, (2) entrada laguna Lotos, (3) salida laguna Lotos hacia humedal Santa Inés, (4) entrada humedal Santa Inés desde laguna Lotos, (5) entrada humedal Santa Inés cruce Los Lingues, (6) entrada humedal Santa Inés cruce pasaje Los Olivillos, (7) salida humedal Santa Inés y (8) laguna oriente humedal Santa Inés. Los parámetros físicos se midieron en todas ellas. Los análisis químicos se efectuaron en la estación (6), que representa el flujo de entrada; y en la estación (8) donde se localiza un espejo de agua dentro del humedal Santa Inés. Los análisis bacteriológicos se efectuaron en la estación (6) y en la estación (7) que corresponde a la salida de las aguas del humedal Santa Inés. Los caudales se tomaron en los flujos que mostraron mayor circulación permitiendo el uso del correntómetro, estas fueron las estaciones (2) entrada a la laguna Lotos, (3) salida desde la laguna Lotos hacia humedal Santa Inés y (5) la entrada al humedal Santa Inés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura, pH y conductividad

En la Tabla 1 se muestran los valores de temperatura, pH y conductividad medidos en ocho estaciones en las distintas porciones del humedal que conforman el sistema estudiado. En cuanto a la temperatura, los valores medidos se presentan en un rango entre 16,5 y 20,5°C, registrándose los mayores valores en los sectores donde se asocia un espejo de agua. Estos valores son inferiores a los registrados en los humedales del río Cruces en igual período del año, que pueden alcanzar los 25°C (Muñoz-Pedrerros 2003). En cuanto a los estándares de calidad fijados para la vida acuática en aguas dulces la Norma Chilena establece que en flujo corriente ésta no debe aumentar el valor natural en más de 3°C (INN 1978).

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia y está determinado por la concentración de iones libres de hidrógeno (H⁺) en ella, es una de las propiedades más importantes del agua, y provee información con respecto a la calidad del agua. En las aguas del humedal de Santa Inés los valores de pH indican que éstas son ligeramente ácidas (Tablas 1 y 2). Valores similares fueron registrados por Dürrschmidt & Steubing (1983) con promedios de pH de 6,6 y 6,85 en los ríos Cruces y Calle-Calle, respectivamente. Por su parte en los humedales del río Cruces los valores en verano tienden a la alcalinidad, con un pH de 9,0 (Muñoz-Pedrerros 2003). De acuerdo al rango propuesto por la Norma Chilena (INN 1978) para la vida acuática que es de 6.0 a 9.0 unidades de pH, los valores registrados están dentro de este rango.

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad del agua para transmitir la corriente eléctrica y está relacionada con el

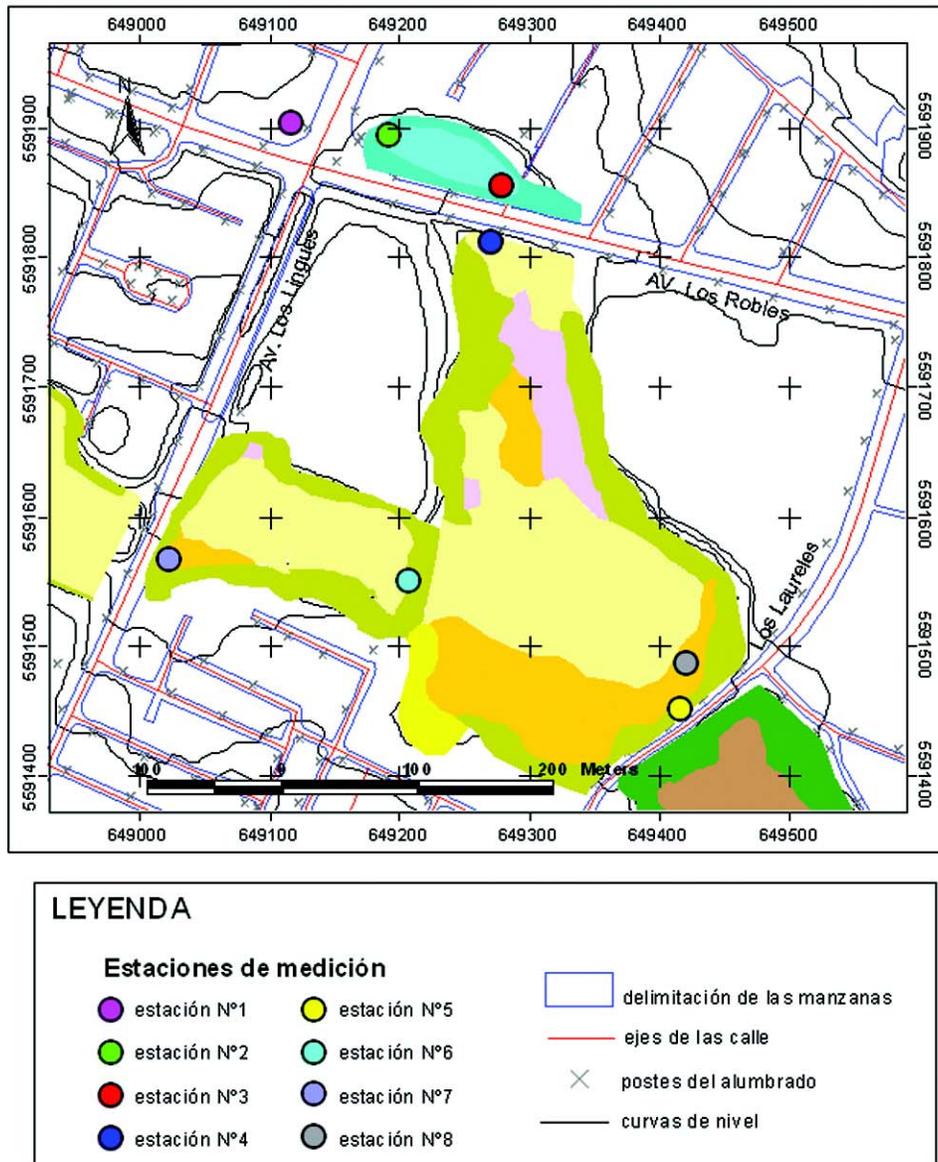


FIGURA 1. ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS EN EL SISTEMA DE HUMEDALES DE SANTA INÉS EN LA CIUDAD DE VALDIVIA, SUR DE CHILE. 2006.

Water sampling stations in the Santa Inés wetland, in the city of Valdivia, southern Chile.

contenido de sales disueltas en el agua. La conductividad en el humedal de Santa Inés indica variaciones entre las estaciones (Tablas

1 y 2) presentándose mayores valores en aquellas asociadas a la presencia de espejos de agua, sin embargo los valores en general

Humedales urbanos

Estaciones de muestreo/parámetro	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µs/cm)
(1) Salida laguna poniente	18	6,52	120
(2) Entrada laguna Lotos	17	6,62	120
(3) Salida laguna Lotos hacia humedal Santa Inés	20	6,72	170
(4) Entrada humedal Santa Inés desde laguna Lotos	20,5	6,71	170
(5) Entrada humedal Santa Inés cruce Los Lingues	17,5	6,38	110
(6) Entrada humedal Santa Inés cruce Los Olivillos	16,5	6,45	170
(7) Salida humedal Santa Inés	16,5	6,37	130
(8) Laguna oriente humedal Santa Inés	20,5	6,22	130

TABLA 1. VALORES DE TEMPERATURA, PH Y CONDUCTIVIDAD MEDIDOS EN OCHO ESTACIONES EN LOS HUMEDALES DE SANTA INÉS.

Values of temperature, pH and conductivity measured in eight stations in the Santa Ines wetland.

revelan una conductividad muy baja, por lo tanto con bajos contenidos de sales. Estos son valores cercanos a los de las aguas naturales de pozo de esta zona de Chile, lo que indica que no habría influencia o ingreso de aguas de origen oceánico, lo que se confirma con los muy bajos valores de cloruro de sodio (NaCl) registrados (Tabla 2).

Características químicas

El nivel de oxígeno disuelto en el agua está determinado por la cantidad de materia orgánica, la temperatura, la presión atmosférica, la salinidad del agua y la presencia de organismos fotosintéticos. Si el agua está contaminada, tiene muchos microorganismos y materia orgánica, la gran actividad

respiratoria que se desarrolla disminuye el oxígeno disuelto, con lo cual un nivel bajo de oxígeno disuelto indica que el agua no es de buena calidad. Los valores de oxígeno disuelto (OD) encontrados en el humedal de Santa Inés (Tabla 2), fueron 4,4 mg/l en la estación (8), y de 0,1 mg/l en la estación (6) lo que indica condiciones de anoxia. La Norma Chilena (INN 1978) considera como límite para la vida acuática una concentración de OD de 5 mg/l. Si el origen del agua de este humedal fuera el afloramiento de aguas subterráneas no sería raro encontrar una baja concentración de este gas, la que bajo las características ambientales de la estación (8) (e.g., presencia de un espejo de agua, abundante vegetación acuática y circundante) lograrían un aumento de la oxigenación hasta los 4,4 mg/l encontrados.

PARÁMETRO	UNIDADES	ESTACIÓN 6 (ENTRADA)	ESTACIÓN 8 (LAGUNA)
pH		6,48	6,21
Conductividad	μS/cm	150,1	123,5
Oxígeno disuelto	mg/l	0,1	4,4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	6,3	5
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	24	21
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	120,1	98,8
Alcalinidad (CaCO ₃)	mg/l	60	59
Dióxido de Carbono (CO ₂)	mg/l	35	30
Cloruro de Sodio (NaCl)	%	0,2	0,2
Fósforo Total	μg/l	3,7	55,4
Amoníaco (NH ₃)	μg/l	110	12
Nitratos (NO ₃)	μg/l	44	44

TABLA 2. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS MEDIDOS EN DOS ESTACIONES EN EL HUMEDAL DE SANTAINES

Physical and chemical parameters measured in two stations

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios. A mayor cantidad y calidad de alimento orgánico biodegradable, mayor densidad de microorganismos y con ello mayor DBO. Los valores de la DBO₅ encontrados en ambas estaciones fueron de 6,3 y 5 mg/l respectivamente. Valores similares fueron registrados por Dürschmidt & Steubing (1983) con promedios de 6,6 mg/l en el río Calle-Calle, y algo superiores de 7,27 mg/l en el río Cruces. Como referente, el agua potable tiene una DBO de 0,75 a 1,5 mg/l. La Norma Chilena (INN 1984) fija como estándar de calidad de agua una DBO de 3 mg/l. En Estados Unidos

se considera adecuado un rango de calidad de agua para la vida acuática con una DBO entre 3 y 6 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992). En este caso la DBO₅ estaría bajo el límite de lo tolerado por los peces (10 mg/l DBO₅ (Gafny et al. 2000)). Puede asumirse que las aguas del humedal están recibiendo ligeros aportes de materia orgánica biodegradable, sin embargo como la gran limitante es el oxígeno, es probable que estén ocurriendo procesos descomponedores anaerobios.

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua que son oxidables bajo condiciones determinadas, cualquiera que sea su origen, orgánico o mineral. Los valores registrados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fueron de 24 mg/l en la estación (6) y de 21

mg/l en la estación (8), evidenciando algún grado de contaminación. Estos valores son superiores a los registrados por Ramírez (2003), quien midió la DQO en estaciones a lo largo del río Valdivia y río Cruces hasta su confluencia con el primero, los que fluctuaron entre 15 y 17 mg/l. La concentración de la DQO en aguas superficiales alcanza desde rangos inferiores a los 20 mg/l en aguas no contaminadas, a mayores de 200 mg/l en aguas que reciben efluentes. Las aguas residuales industriales pueden tener valores de DQO entre 100 y 60.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992).

La relación entre los valores de DBO y DQO es indicativa de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor de 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y orgánico si es mayor de 0,6. En el caso del humedal la relación DBO/DQO entrega valores de 0,26 (6) y de 0,24 (8) indicando con ello la presencia de sustancias tóxicas inorgánicas que retardan o inhiben la biodegradabilidad.

Los valores de sólidos totales disueltos (STD) registrados en ambas estaciones del humedal de Santa Inés indican una baja concentración de sales en las aguas. La alcalinidad, medida en mg/l CaCO_3 , fue de 60 y 59 mg/l CaCO_3 , en cuanto a este parámetro, la Norma Chilena (INN 1978) fija como estándar para la vida acuática un valor mayor de 20 mg/l de CaCO_3 .

Composición nutricional

Nitrógeno amoniacal (NH_3). Las aguas superficiales, cuando están aireadas, normalmente no contienen amoníaco. En general, la presencia de amoníaco libre ó ión amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente. Los

valores encontrados en el humedal fueron de 110 $\mu\text{g/l}$ (estación 6) y de 12 $\mu\text{g/l}$ (estación 8) (Tabla 2). Puede apreciarse la diferencia entre ambas estaciones teniendo la primera mayores concentraciones de amonio. Bajo condiciones oxigenadas el amonio es utilizado por las plantas de modo que su concentración es usualmente baja, situación que se presenta en la estación (8). Valores inferiores a 0,02 mg/l fueron registrados por Dürschmidt & Steubing (1983) tanto en el río Cruces como en el Calle-Calle. En Estados Unidos se considera adecuado como calidad de agua para la vida acuática una concentración de amonio inferior a 0,025 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992) condición que posee la estación (8).

Nitratos (NO_3). Los valores registrados de este parámetro fueron de 44 $\mu\text{g/l}$ (en ambas estaciones). La concentración natural de nitratos en aguas superficiales rara vez excede de 0,1 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, valor que se incrementa por las actividades humanas pudiendo alcanzar hasta 5 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ y en casos extremos de contaminación hasta 200 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$. En lagos concentraciones de nitrato superiores a los 0,2 mg/l tienden a estimular el crecimiento de algas generando posibles condiciones de eutrofización (UNESCO/WHO/UNEP 1992). Las mayores concentraciones de amonio y las bajas concentraciones de nitratos registrados en la estación de entrada son consistentes con las condiciones anóxicas que allí se detectaron.

Fósforo total. El fósforo es esencial para el crecimiento de los seres vivos, siendo el elemento que con mayor frecuencia limita la productividad de una masa acuática. La mayoría de las aguas continentales poco contaminadas contiene valores entre 10 y 50 $\mu\text{g/l}$ de fósforo total. El valor de 3,7 $\mu\text{g/l}$ registrado a la entrada del humedal (estación 6) permite categorizar sus aguas de oligotróficas, ya que las aguas con contenidos de fósforo menores a 5 $\mu\text{g/l}$ son consideradas muy improductivas, sin embargo en el espejo

de agua del humedal (estación 8) el valor es de 55,4 µg/l, lo que indica una condición de mesotrofia, es decir medianamente productiva.

Caracterización bacteriológica

Los resultados de los análisis bacteriológicos revelaron que en ambas estaciones (6 y 8), la presencia de coliformes totales y fecales es muy baja, siendo el valor más alto encontrado de 1.300 (NMP gérmenes/100ml). Como valor referencial la Norma Chilena 1.333 (INN 1978) fija en coliformes fecales de 1.000 (NMP gérmenes/100ml) el estándar para agua destinada a uso recreativo con contacto directo. Estos valores indican que no existen fuentes de contaminación fecal o vertimiento de aguas servidas hacia el humedal.

Caudales y red hídrica

Los valores de los caudales medidos en las tres estaciones fueron: (2) entrada laguna Lotos: 0,001m³/seg; (3) salida laguna Lotos hacia humedal Santa Inés: 0,002m³/seg; y (5) entrada humedal Santa Inés cruce calle Los Lingues: 0,006 (m³/seg). Este limitado flujo de agua genera condiciones críticas para las especies acuáticas. Es interesante notar que el caudal de salida de la estación (3) es mayor al de entrada al mismo sistema (estación 2), con lo cual se podría suponer que hay otros ingresos de agua a la laguna Lotos, los que no provendrían de las aguas de lluvia. Destaca también el mayor ingreso de agua que proviene desde el sector poniente.

Una aproximación a la red hídrica en el área de estudio se muestra en la Fig. 3. En ella se aprecia el flujo que ingresa desde ambos cauces más permanentes de agua (estaciones 2 y 5) hacia el humedal en estudio, su circulación a través del humedal de Santa Inés y su salida hacia el sur-oriente.

CONCLUSIONES

(a) Los análisis realizados en el humedal de Santa Inés indican que sus aguas poseen un pH algo ácido.

(b) La concentración de oxígeno en el periodo de estudio revela condiciones deficitarias para la vida acuática. Es posible que las concentraciones de este gas sean variables durante el año y que en verano presente variaciones diarias y de un lugar a otro del humedal. Aún cuando la actividad fotosintética debiera reponer el déficit de oxígeno, es probable que la fauna acuática deba afrontar estas y otras condiciones críticas.

(c) De acuerdo a la concentración de fósforo podría considerarse el humedal con zonas oligotróficas y mesotróficas, sin embargo las bajas concentraciones de oxígeno restringen la productividad.

(d) Dada las características geomorfológicas de los suelos en los cuales se asienta la ciudad, numerosos afloramientos de aguas subterráneas, también denominados catricos, están asociados a estos humedales, de este modo, podría pensarse que los aportes de aguas a estos sistemas provienen del drenaje natural de las microcuencas, del afloramientos de catricos y la conducción de aguas lluvias hacia ellos.

(e) De acuerdo a los análisis bacteriológicos no existen aportes de aguas servidas al humedal.

En términos generales los resultados obtenidos de las mediciones son un indicador instantáneo del humedal, por lo que considerando las características del sistema, que se presume altamente dinámico, es necesario efectuar estudios que abarquen un ciclo anual, lo que permitirá tener un conocimiento acabado de éste.

Humedales urbanos

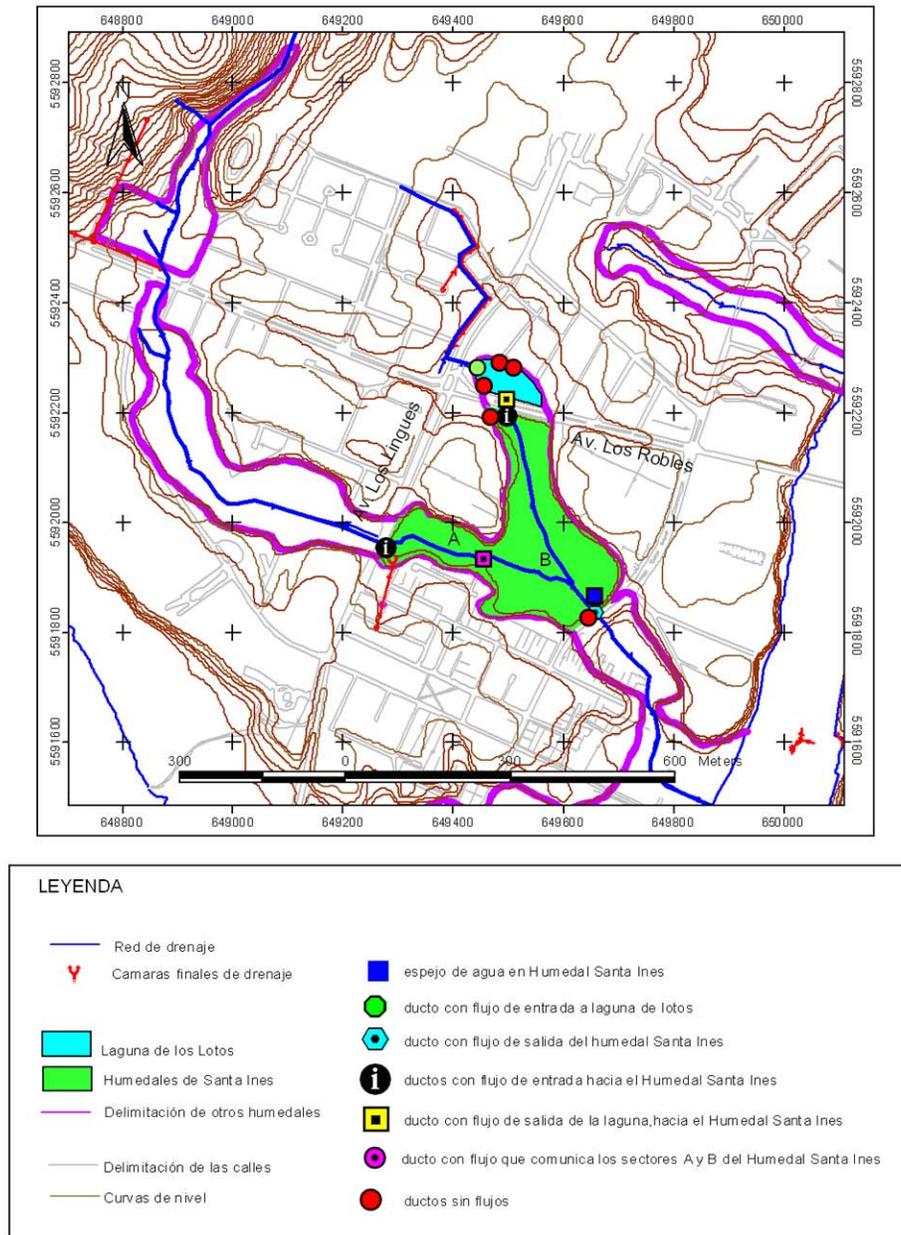


FIGURA 2. RED DE DRENAJE DE AGUAS DENTRO DEL SISTEMA DE HUMEDALES DE SANTA INÉS

Water drainage system within the wetlands of Santa Inés.

LITERATURA CITADA

- BARBIER E, MC ACREMAN & D KNOWLER (1997) Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- CAMPOS H (1995) Investigación sobre la calidad de las aguas del río Cruces y estudios limnológicos. Informe preparado para Geotécnica Consultores. Estudio de Impacto Ambiental, Celulosa Arauco, proyecto Valdivia. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile. 38 pp.
- CONAMA 1996. Metodologías para la caracterización de la calidad ambiental. Comunicaciones Corporativas 242pp.
- COWARDIN LM, V CARTER, FC GOLET & ET LAROE (1979) Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service Office of Biological Services, Washington, DC, FWS/OSB-79/3110, 103 pp.
- DÜRRSCHMIDT M & L STEUBING (1983) Estudios limnológicos en dos ríos del sur de Chile (río Calle Calle y río Cruces, Valdivia, Chile). Medio Ambiente 6(2) 58-71.
- EHRENFELD JG (2000) Evaluating wetlands within an urban context. Urban Ecosystems, 4: 69–85.
- GAFNYS, M GOREN & A GASITH (2000) Habitat condition and fish structure in a coastal mediterranean stream (Yarqon, Israel) receiving domestic effluent. Hidrobiología 422/423: 319-330.
- GAYOSO J, B SCHLEGEL & MACUÑA (2000) Guía de Conservación de Agua. Proyecto de Certificación del Manejo Forestal en las Regiones Octava, Décima y Duodécima. Universidad Austral de Chile. 50pp.
- GUARDA G (1993) Una ciudad chilena del siglo XVI. Valdivia 1552 – 1604. Urbanística, Res Pública, Economía, Sociedad. Ediciones Universidad Católica de Chile. 251 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN) (1978) Norma Chilena Oficial N°1333. Requisitos de calidad de aguas para diferentes usos. Aprobada por Decreto Supremo N°867 del 07/04/1978 del Ministerio de Obras Públicas. Publicado en el Diario Oficial del 22/05/78.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN) 1984 Norma Chilena Oficial N°409/1 Of.N°84. Agua potable. Parte I: Requisitos. Aprobada por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N°11 del 16/01/1984. Publicado en el Diario Oficial el 3/03/1984.
- KOEPPEN W (1848) Climatología. Editorial de Cultura Económica. México D.F., México.
- MÖLLER P & A MUÑOZ-PEDREROS (1998) Humedales y Educación Ambiental. Guía práctica. Ediciones CEA, 99 pp.
- MUÑOZ-PEDREROS A (2003) Guía de los humedales del río Cruces. Ediciones CEA, 143 pp.
- MOP – DOH (2002) Plan maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Valdivia, X Región. (A&C Consultores).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1995) Wetlands: Characteristics and Boundaries. Committee on Characterization of Wetlands, 328 pp. <http://www.nap.edu/catalog/4766.html>
- NOVITZKIR, RD SMITH & JD FRETWELL (1996) Wetland Functions, Values and Assessment. In: JD Fretwell, JS Williams & PJ Redman (comp). National water summary on wetland resources. United States Geological Survey. Water Supply Paper 2425.
- UNESCO/WHO/UNEP (1996) Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Second Edition published on behalf of WHO by F & FN Spon. 651 pp.
- PAUCHARD A, M AGUAYO, E PEÑA & R URRUTIA (2006) Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). Biological Conservation 127: 272-281.
- RAMÍREZ J (2003) Línea base en calidad de agua en la cuenca del río Valdivia. Trabajo de título para Ingeniería de Ejecución en Ambiente. Facultad de Ingeniería. Universidad de Santiago de Chile. 135 pp.
- RAMÍREZ C, H RUBILAR & M LEAL (2001) Identificación y caracterización de humedales en la ciudad de Valdivia. Informe Departamento de Medio Ambiente, Municipalidad de Valdivia. 26 pp + Anexos.

- RAMSAR BUREAU (2000) Marcos para manejar humedales de importancia internacional y otros humedales. Con comprendidos de los Lineamientos adoptados por la Conferencia de las Partes Contratantes en sus reuniones 4a.,5a.,6a., y 7a. Oficina de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza. 63 pp.
- ROJAS C (1990) La terraza fluvial de «Cancagua» en la ciudad de Valdivia: Nuevos antecedentes estratigráficos y granulométricos. *Revista Geográfica de Chile, Terra Australis*: 32: 7-24.
- VILA I, R PARDO, B DYER & E HABIT (2006) Peces límnicos, diversidad, origen y estado de conservación. En: I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*: 141-187. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 188 pp.
- WETZEL RG & GELIKENS (2000) *Limnological analyses*. 3rd ed. Springer-Verlag New York, Inc. 429 pp.
- WOODWARD RT & YS WUI (2001) The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics* 37: 257–270.

Recibido 12/3/2008; aceptado 20/06/2008.