

# ATLAS SOCIAL Y AMBIENTAL DEL AREA METROPOLITANA DE CONCEPCION

Región del Bío-Bío, Chile

Transformaciones sociodemográficas y ambientales 1992 - 2002



Jorge Rojas Hernández  
Gerardo Azócar  
María Dolores Muñoz  
Claudia Vega  
Annegret Kindler  
Sigrun Kabisch



Universidad de Concepción, Chile  
Centro EULA - Chile / Departamento de Sociología y Antropología  
Centro de Investigaciones Ambientales, UFZ / Leipzig, Alemania

EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

**Valdovinos, C.** (2006). Humedales dulceacuícolas y biodiversidad. En: Atlas social y ambiental del área metropolitana de Concepción. Región del Bío-Bío, Chile. Editores: J. Rojas, G. Azócar, M.D. Muñoz, C. Vega, A. Kindler & S. Kabisch, pp. 104-124. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

---

## 7.2. Humedales dulceacuícolas y biodiversidad<sup>51</sup>

### 7.2.1. Antecedentes generales

Los humedales dulceacuícolas integrados al ecosistema urbano del Gran Concepción, ya sean ecosistemas fluviales, lacustres o pantanosos, son una condición única en Chile, por su elevada diversidad y concentración territorial. Estos humedales proporcionan variados y relevantes servicios ecosistémicos a la sociedad, destacando, entre otros, la conservación de la biodiversidad acuática; el mantenimiento de la conectividad ecosistémica entre las zonas montañosas de la Cordillera de la Costa y las llanuras; el abastecimiento de agua potable; la diversidad paisajística y embellecimiento escénico; la amortiguación hidráulica de las inundaciones invernales, y la oferta para la recreación pasiva y la educación ambiental. Sin embargo, a pesar de estos importantes servicios ecosistémicos, la incompreensión de la estructura y función de estos ecosistemas y su escasa valoración por la sociedad, los están llevando a un deterioro muy avanzado<sup>52</sup>, siendo en muchos casos percibidos como espacios inhóspitos, asociados a preconcepciones negativas.

Desde un punto de vista geomorfológico, como señalan Mardones y Vidal (2001)<sup>53</sup>, la tectónica de falla del Plioceno superior del área del Gran Concepción ha configurado tres unidades morfoestructurales de gran relevancia por su relación con los humedales: al este, la Cordillera de la Costa, compuesta de granito Paleozoico intensamente meteorizado, que se eleva a más de 100 m s.n.m. a través de un escarpe de falla de dirección NNO-SSE; al oeste, una cadena de plataformas de estructura monoclinial y fallada, constituida por roca sedimentaria de edad Terciaria y altitud media de 70 m s.n.m, que enmarca la ciudad de Concepción en dirección SSO-NNE. Entre ambas unidades se modela una llanura fluvial y deltaica conformada por depósitos de arenas negras

<sup>51</sup> El subcapítulo 7.2. Humedales dulceacuícolas y biodiversidad fue escrito por el Dr. Claudio Valdovinos.

<sup>52</sup> Sorensen, H. 1996. "Managing urban lakes: An integrating experience". *Water Resources Development* 12(4): 437-446.

<sup>53</sup> Mardones, M. y C. Vidal. 2001. "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: Un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción". *Eure* 27(81): 97-122.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

basálticas, de más de 80 m de potencia. Las arenas han sido transportadas por el Bío-Bío y su origen se vincula con el volcanismo andino desarrollado en el alto valle del Laja<sup>54</sup>. En la actualidad, los ríos Bío-Bío y Andalién fluyen sobre los márgenes sur y norte de la ciudad de Concepción, construyendo terrazas inferiores y llanuras de inundación. Durante el Holoceno, el río difluyó en el delta modelando paleocanales orientados hacia las bahías de San Vicente, Concepción y hacia el río Andalién<sup>55</sup>. Este último, el más desarrollado en la ciudad de Concepción, dispuesto en la misma dirección de la calle Los Carrera hacia el NE, se encuentra constelado de pequeños sistemas lacustres (Laguna Las Tres Pascualas, Lo Galindo, Lo Méndez) que testimonian dicha evolución. Como estos paleocanales presentan fuertes dificultades para el drenaje de aguas lluvia, han sido progresivamente rellenados y colonizados durante el siglo XX.

En este capítulo se ha adoptado la definición de humedal de la Convención Ramsar<sup>56</sup>, la cual establece: "Son humedales aquellas 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". La Convención Ramsar ha desarrollado un sistema de clasificación de humedales en base a tres categorías, como son: a) humedales marinos costeros, b) humedales continentales y c) humedales artificiales. En cada uno de ellos se agrupa una subclasificación de acuerdo a sus condiciones de ubicación, a agua dulce y/o salada, a estacionales o intermitentes, pantanos y/o turberas y zonas de explotación. En este capítulo nos centraremos en los humedales continentales, por ser los más estrechamente acoplados a las zonas urbanas del Gran Concepción, consideradas en este texto. Ello no significa que se le reste valor a humedales marinos y costeros, en particular de marismas y zonas con praderas halófilas inundadas con agua salada, tales como los de la Isla Rocuant y Lengua, ecosistemas costeros de gran importancia para la región y el país.

### 7.2.2. Humedales dulceacuícolas del Gran Concepción

En el área del Gran Concepción se localiza el curso inferior de dos importantes ríos de la región: a) el río Bío-Bío que, por sus caudales, superficie de la cuenca, biodiversidad e importancia productiva, es uno de los principales ecosistemas fluviales del país, y b) el río Andalién y sus tributarios (*e.g.* esteros Nonguén y Cárcamo), que aunque a menor escala, tiene gran valor como ecosistema de uso múltiple del Gran Concepción. En el área también se localizan los pequeños ríos Penco y Lirquén, de gran potencialidad de uso pero que presentan un elevado grado de deterioro. A excepción de la parte alta del estero Nonguén, los restantes ecosistemas fluviales presentan un elevado deterioro de la calidad del agua y del hábitat físico, además de la intensa modificación de sus llanuras de

<sup>54</sup> Mardones, M. y E. Jaque. 1991. *Geomorfología del valle del río Laja. Extensos de Ponencias y Seminarios Congreso Ciencias de la Tierra*, Santiago: Instituto Geográfico Militar: 115-121.

<sup>55</sup> Ilabaca, P. 1979. "Transgresión marina reciente en el litoral de Concepción: antecedentes morfológicos". En: Gallardo VA (ed.) *Desarrollo e investigación de los recursos marinos de la VIII Región, Chile*: 31-40. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

<sup>56</sup> Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional. Ramsar (Irán), 2 de febrero de 1971.

inundación (e.g. urbanización), amenazando a su biodiversidad acuática y limitando numerosos de sus potenciales servicios ecosistémicos (e.g. amortiguación de crecidas).

Además, en el área del Gran Concepción existen nueve ecosistemas lacustres de relevancia. Siete de ellos se localizan al norte del río Bío-Bío (lagunas Lo Méndez, Lo Galindo, Las Tres Pascualas, Verde, Redonda, Lo Custodio y Price) y dos al sur (lagunas Grande de San Pedro y Chica de San Pedro). Todos estos lagos tienen un origen fluvial; los ubicados al norte del río se originaron a partir de la depresión paleocauce del Bío-Bío, mientras que los del sur se originaron por el represamiento de dos subcuencas, debido al depósito de arenas del mismo río. Estos humedales lénticos se caracterizan por presentar una mezcla de vegetación acuática emergente y espacios de agua abiertos, con distintos tamaños, grados de cobertura vegetal y de heterogeneidad estructural del hábitat. Aunque en distinto grado, todos estos ecosistemas lacustres presentan serios problemas de eutrofización, lo cual ha favorecido la invasión de macrófitas acuáticas y una evidente restricción de numerosos servicios ecosistémicos que podrían prestar a la sociedad (e.g. recreación y esparcimiento).

De acuerdo a los criterios de clasificación de los humedales continentales adoptados por la Convención Ramsar, los principales humedales del Gran Concepción pertenecen a cuatro subcategorías: a) ríos y esteros permanentes, tales como los ríos Bío-Bío y Andalién, y los esteros Lirquén, Penco, Nonguén y Cárcamo; b) lagos permanentes de agua dulce mayores a ocho hectáreas, tales como las lagunas Grande y Chica de San Pedro; c) pantanos, esteros y charcas permanentes de agua dulce inferiores a ocho hectáreas, tales como las lagunas Redonda, Las Tres Pascualas, Lo Galindo, Lo Méndez, Lo Custodio y Price; y d) pantanos, esteros y charcas estacionales e intermitentes de agua dulce, como los pantanos de ciperáceas existentes, en las zonas bajas de las comunas de Talcahuano y San Pedro (humedal Los Batros). Las principales características de estos humedales se describen a continuación:

#### a) Ríos y esteros permanentes

**Curso inferior del río Bío-Bío:** La cuenca hidrográfica del río Bío-Bío (36° 43' - 38° 55' S) es la tercera de mayor superficie y contiene al segundo río más largo y caudaloso del país, después del río Baker. Se encuentra localizada en la región fluvio-glacio-volcánica de Chile y posee una superficie de 24.360 km<sup>2</sup>, comprendiendo parte de los territorios de las provincias de Ñuble, Concepción, Bío-Bío y Arauco, en la VIII Región, y Malleco y Cautín, en la IX Región<sup>57, 58</sup>.

Como señala Parra *et al.* (2004)<sup>59</sup>, la cuenca del río Bío-Bío representa la base natural de uno de los más importantes centros de desarrollo económico del país. Los sectores productivos más relevantes y dinámicos de esta cuenca corresponden al forestal, agropecuario, industrial (celulosa y el

<sup>57</sup> Parra, O. 1994. *Caracterización física y química y evaluación de la calidad para uso múltiple del agua del río Bío-Bío (Chile Central)*. Serie Monografías Científicas EULA, 12:15-159.

<sup>58</sup> Mardones, M., E. Jaque y D. Zaió. 1992. *Geomorfología de la hoya hidrográfica del río Bío-Bío*. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile. 631 pp.

<sup>59</sup> Parra, O., C. Valdovinos, E. Habit y R. Figueroa. 2004. *Programa de monitoreo de la calidad del agua del sistema río Bío-Bío: 1994-2004*. 31 pp.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

papel, metalúrgica, química, refinería de petróleo, curtiembre y textiles) e hidroeléctrico. Posee 326 áreas pobladas, de las cuales 17 son ciudades, 271 localidades rurales y las restantes, pueblos menores. Este río sustenta numerosos usos de importancia económica, entre los cuales destacan los siguientes: a) abastecimiento de agua potable para una población de 850.000 habitantes; b) generación hidroeléctrica de 1.654 MW (30% del consumo hidroeléctrico nacional); c) riego de 211.800 hectáreas agrícolas de 6.700 regantes (a través de una red de canales que conducen 33 m<sup>3</sup>/s); d) abastecimiento de agua para la industria forestal, petroquímica, siderúrgica y alimentaria, con una producción que aporta más del 50% del PGB regional; e) receptor de efluentes industriales y domésticos (ca. 12,7 m<sup>3</sup>/s); y f) recreación y pesca deportiva. Las 2.426.400 has de la cuenca del río Bío-Bío presentan un significativo grado de deterioro producto de diversas actividades humanas desarrolladas en la cuenca. En orden jerárquico, los usos del suelo que tienen mayor relevancia en esta cuenca son los siguientes<sup>60</sup>: bosque nativo y bosque mixto 738.310 has (308%), plantaciones forestales 474.648 has (20%), terrenos agrícolas y agricultura de riego 70.496 has (3%), praderas 162.872 has (7%) y áreas urbanas e industriales 10.132 has (0,4%). Las áreas sin vegetación y fuertemente erosionadas cubren 49.237 has (2%).

De los 380 km de extensión del curso principal del río Bío-Bío, los últimos 24 km cruzan el área del Gran Concepción, hasta desembocar en la zona norte del Golfo de Arauco. Este tramo final del potamón del río Bío-Bío es de lecho arenoso y muy abierto, presentando un ancho máximo de 1.950 m en el área de la comuna de Hualpén, y un ancho mínimo de 1.280 m en el área de la comuna de Chiguayante. En este tramo el río presenta un marcado régimen pluvio-nival, con caudales promedios mensuales que fluctúan entre 2.004 en invierno y 257 m<sup>3</sup>/s en verano. Durante el invierno, el río inunda todo su lecho, con profundidades que varían entre 0,5 y 3 m. Sin embargo, durante el verano, gran parte del lecho del río queda expuesto por su bajo caudal, por lo cual el río adquiere un cauce de tipo trezado con numerosos islotes y canales anastomosados que normalmente no superan los 0,8 m de profundidad. Se debe tener presente que, aunque los máximos caudales medios mensuales indican valores cercanos a los 2.000 m<sup>3</sup>/s, se presentan eventualmente caudales máximos diarios aún mayores (e.g. 9.503 m<sup>3</sup>/s, el 31 de agosto de 1979), los que contribuyen al acarreo violento del sedimento y también de la biota acuática asociada a ellos.

Como señala Bertrán *et al.* (2001)<sup>61</sup>, los sedimentos de esta zona del río están compuestos por detritos de lavas basálticas de los volcanes cordilleranos. Las arenas transportadas por el río se depositaron en un delta, situación facilitada por la fisiografía del área, la que contribuyó a disminuir la energía del mar. El área de la desembocadura del río Bío-Bío en el extremo norte del Golfo de Arauco es considerada una fase de transición entre un estuario y un delta propiamente tal. En esta área existen extensos bancos de arena formados por la depositación del río y acción de olas y corrientes. En el tramo inferior del río, en las proximidades del Golfo de Arauco, se forma una "laguna estuarial", visible especialmente durante los meses estivales, ya que la flecha es cortada en los momentos de alta energía fluvial, quedando como isla la parte central, que es más estable y

<sup>60</sup> DGA. 2004. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Bío-Bío*. Informe técnico Dirección general de Aguas, Chile. 185 pp.

<sup>61</sup> Bertrán, C., J. Arenas y O. Parra. 2001. "Macrofauna del curso inferior y estuario del río Bío-Bío (Chile): Cambios asociados a variabilidad estacional del caudal hídrico". *Revista Chilena de Historia Natural* 74(2): 145-151.

que contiene dunas. Desde un punto de vista sedimentológico, todos los fondos del río Bío-Bío del área del Gran Concepción corresponden a arenas gruesas (0,0 - 1,0%), con un bajo contenido de materia orgánica (<2 %) <sup>62</sup>.

En su desembocadura no forma el típico estuario parcialmente estratificado, ya que la penetración del agua marina al interior del río es de poca magnitud. Valdovinos (2005) <sup>63</sup> ha propuesto que la condición estuarial existiría fuera de la desembocadura, es decir, en el Golfo de Arauco. El ingreso de agua marina hacia el interior del Bío-Bío alcanza aproximadamente 2 km, situación muy diferente a lo que acontece en otros ríos de Chile. Por ejemplo, la penetración de aguas de mayor salinidad al interior del estuario Queule (IX Región) alcanza 18 km río arriba de la desembocadura <sup>64</sup>; en el río Valdivia (X Región) a más de 19 km <sup>65</sup> y en el río Maullín (X Región) hasta 25 km <sup>66</sup>. Aparte de lo anterior, es posible observar diferencias sedimentológicas y macrofaunísticas, al realizar comparaciones con otros estuarios ubicados en la IX y X regiones de Chile. Todos ellos forman típicos estuarios de planicies costeras con varios kilómetros de extensión, son influenciados por cambios mareales y de salinidad, y muestran una gran depositación de material particulado. A diferencia de lo que acontece en el río Bío-Bío, en esos estuarios se generan sustratos apropiados para un abundante desarrollo de fauna bentónica, la que se caracteriza por presentar densidades y biomásas promedio superiores a las registradas en el Bío-Bío.

**Río Andalién:** Como señala Jaque (1995) <sup>67</sup>, el río Andalién es el de mayor importancia en el interfluvio Itata-Bío-Bío. Tiene su desembocadura al norte de la del río Bío-Bío, entre las comunas de Concepción y Penco. Al norte del río Andalién se localizan las pequeñas cuencas de los ríos Rafael y Lirquén, con superficies de 282 km<sup>2</sup> y 20 km<sup>2</sup>, respectivamente. El río Andalién nace de la unión de los esteros Poñén, que viene de la línea de displuvio del norte y Curapalihue, que viene del sur. Esta cuenca cubre 780 km<sup>2</sup> y posee un curso principal de 36 km de longitud. Describe innumerables meandros entre los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa, el último de los cuales es un arco abierto al sur que bordea la ciudad de Concepción, donde en la llanura aluvial suele dividirse en dos o más brazos antes de vaciarse en un gran ensanchamiento de la costa sur de la bahía de Concepción. El río Andalién posee un gasto muy variable y sensible a las lluvias que caen en la Cordillera de la Costa. Posee un marcado régimen pluvial, con los mayores caudales en meses de invierno, producto de importantes lluvias invernales que ocurren en la cuenca. Los caudales me-

<sup>62</sup> Cisternas, M.A. 1993. "Descripción sedimentológica (granulometría) en sedimentos del curso superior e inferior del río Bío-Bío". *Serie Monografías Científicas Centro EULA - Chile* 12: 293-311.

<sup>63</sup> Valdovinos, C. 2005. "Los estuarios". En: C. Werlinger. *Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos*. Trama Impresores S.A. (Chile). 2: 395-414.

<sup>64</sup> Bravo, A. 1984. "Distribución de la macroinfauna submareal en los fondos blandos de la bahía Queule y estuario del río Queule". *Medio Ambiente (Chile)* 7: 37-46.

<sup>65</sup> Arenas, J. 1971. "Distribución de *Elminius kingii* Gray (Cirr.) en el estuario del río Valdivia". *Beiträge zur Neotropical Fauna* 3: 199-206.

<sup>66</sup> Bertrán, C., J. Arenas y O. Parra. 2001. "Macrofauna del curso inferior y estuario del río Bío-Bío (Chile): Cambios asociados a variabilidad estacional del caudal hídrico". *Revista Chilena de Historia Natural* 74(2): 145-151.

<sup>67</sup> Jaque, E. 1995. "Análisis integrado de los sistemas naturales de la cuenca del río Andalién: Bases para la planificación ecológica del territorio de la cuenca". Tesis Doctoral, Centro EULA, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 267 pp.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

dios invernales son de 10.448 m<sup>3</sup>/s en el mes de agosto, y los caudales medios estivales de 0,614 m<sup>3</sup>/s en el mes de febrero.

Las 80.005 has de la cuenca del Río Andalién presentan un notable grado de deterioro producto de diversas actividades humanas desarrolladas en la cuenca<sup>68</sup>. En orden jerárquico, los usos del suelo que tienen mayor relevancia en esta cuenca son los siguientes: Plantaciones forestales 36.868 has (46%), bosque nativo y bosque mixto 9.470 has (11,8%), terrenos agrícolas y agricultura de riego 1.659 has (2%), áreas urbanas e industriales 1.341 has (2%) y praderas 294 has (0,4%). Las áreas sin vegetación y fuertemente erosionadas cubren 49 has (0,1%). Los usos que se le da al recurso hídrico son bastante limitados en esta cuenca, siendo los principales el abastecimiento de agua potable de la comuna de Penco (72,75 l/s), cuerpo receptor de aguas servidas sin tratamiento de la ciudad de Florida (3.875 habitantes), y riego. Esta actividad en la cuenca del río Andalién está inserta en un proyecto llamado "Coelemu Sur", consistente en un sistema de riego mecánico de aproximadamente 170 has, ubicadas inmediatamente al sur de Coelemu.

Como indica Habit *et al.* (2003)<sup>69</sup>, el estero Nonguén, último tributario del Andalién, es un sistema fluvial de orden 3, con 15 km de longitud y 44 km<sup>2</sup> de superficie de cuenca hidrográfica. En la zona superior de este sistema se genera agua potable para la ciudad de Penco (señalado anteriormente), mientras que la zona inferior se utiliza como cuerpo receptor de residuos provenientes de las descargas domésticas, lo que constituye un gran aporte de materia orgánica. Además, existen otros problemas en la cuenca del estero Nonguén, como la deforestación y urbanización que ocurre en suelos no aptos, desde la zona media hacia la zona inferior<sup>70</sup>. En contraste, en su cabecera la cuenca mantiene un bosque secundario de *Nothofagus*, cuya extensión, naturalidad y grado de aislamiento tienen un alto valor ecológico y ambiental.

El sistema natural de la cuenca se caracteriza por presentar sustrato rocoso con un fuerte diaclasamiento y degradación de rocas con producción de arcilla, lo que hace posible el deslizamiento de éstas y la remoción en masa ante un evento de deforestación. El relieve del área se caracteriza en general por presentar pendientes superiores a 35% y densas redes hidrográficas con quebradas que generan erosión activa. La parte alta y media de la cuenca presentan buena calidad de agua, en contraste a la parte baja que posee de mediana a mala calidad de agua, causada por acción antrópica. El 70% del suelo perteneciente al Fundo Nonguén corresponde a bosque nativo, en el cual se localizan los esteros Manquimávida y Compuy. El ecosistema fluvial se caracteriza por presentar fondo mixto (bolones y arena) en la parte alta con acumulación de sedimento fino en la zona de remanso, y en el sector terminal del estero.

<sup>68</sup> DGA. 2004. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Andalién*. Informe técnico Dirección general de Aguas, Chile. 66 pp.

<sup>69</sup> Habit, E., P. Victoriano y A. Rodríguez-Ruiz. 2003. "Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile". *Revista Chilena de Historia Natural* 76(1): 123-135.

<sup>70</sup> Jaque, E. 1994. "Problemas ambientales en un área de expansión urbana. Cuenca del estero Nonguén. Concepción, Chile". *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 39: 65-78.

El estero **Cárcamo**, también localizada en la cuenca del río Andalién, posee una pequeña cuenca localizada inmediatamente al sur de la del estero Nonguén. Este estero posee una longitud de 3,2 km y su cuenca se encuentra fuertemente intervenida por la urbanización de la ciudad de Concepción y por la actividad forestal intensamente desarrollada en las últimas décadas. La vegetación nativa presente en la cuenca ocupa sólo el 24% de su superficie. Se encuentran especies como *Nothofagus obliqua*, *N. dombeyi*, *Peumus boldus*, *Cryptocarya alba*, *Aextoxicon punctatum*, *Lithraea caustica*, *Chusquea quila*, entre otras. Las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* ocupan el 75% de la superficie de la cuenca y tienen una gran influencia sobre las características físicas, químicas y biológicas del ecosistema fluvial.

Otros esteros de la Cordillera de la Costa: Los esteros **Penco**<sup>71</sup> y **Lirquén** son de pequeñas dimensiones (ca. 6 y 4 km de longitud, respectivamente), con cuencas que sumadas no superan los 34,4 km<sup>2</sup>. En estas cuencas, las alturas máximas que poseen los relieves montañosos son cercanas a los 400 m, desde donde se descuelgan los esteros que no superan los 6 km de longitud. En la parte media y alta de estas cuencas dominan las plantaciones exóticas de pino y eucaliptos, aunque todavía existen remanentes de bosques de robles y otras especies tales como peumo, olivillo y lingue. El curso inferior de las cuencas se encuentra densamente poblado por las ciudades de Penco y Lirquén.

#### b) Lagos permanentes de agua dulce (> 8 ha)<sup>72</sup>

**Laguna Grande de San Pedro:** Se localiza en el sector noroccidental de la Cordillera de Nahuelbuta, al sur del río Bío-Bío, y a unos 5 km de la ciudad de Concepción. En el lado oriental se encuentra rodeada por un cordón montañoso que alcanza una altura de 350 m y del cual nacen pequeños valles y quebradas que se descuelgan hacia el cuerpo de agua. Presenta el mayor tamaño de todos los sistemas lénticos del Gran Concepción, con una superficie de 2.018.344 m<sup>2</sup> de área de lago, y un área del espejo de agua de 1.923.603 m<sup>2</sup>. Este lago posee una profundidad máxima de 13 m y un largo y un ancho máximo de 2.500 m y 1.375 m, respectivamente. Este humedal presenta características batimétricas similares a la Laguna Chica, con una sola cubeta de fondo plano, fuerte pendiente en los sectores este, sur, oeste y suave en el sector norte. La cobertura vegetal de los cordones de macrófitas acuáticas alcanza los 7,9% de la superficie.

**Laguna Chica de San Pedro:** Esta laguna se encuentra en las proximidades de la Laguna Grande de San Pedro (hacia el este). El cuerpo lacustre está compuesto por una sola gran cubeta, con fuertes pendientes en las riberas oeste, sur y este, mientras que hacia el sector norte la

<sup>71</sup> El nombre de la comuna de Penco viene de origen mapuche y significa "Agua de peumo".

<sup>72</sup> Las caracterizaciones morfométricas de lagos permanentes de agua dulce (> y < de 8 ha) están basadas fundamentalmente en: (a) Parra, O., C. Valdovinos, R. Urrutia, M. Cisternas, E. Habit y M. Mardones, 2002. "Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile central". *Limnetica*; y en González, A. 2002. "Relación entre características del hábitat y estructura comunitaria de aves acuáticas en sistemas lacustres urbanos". Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias mención Zoología, de la Universidad de Concepción, Chile. 100 pp.



## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

pendiente disminuye, registrándose una suave pendiente batimétrica<sup>73</sup>. Este sistema está conformado por un fondo plano que ocupa la mayor extensión en superficie, presentando la mayor profundidad en la parte oeste del sector central, con 18,0 m. El lago presenta una longitud máxima de 1,9 km y un área de 519.231 m<sup>2</sup>. La cobertura vegetal de los cordones de macrófitas acuáticas es inferior al de la Laguna Grande de San Pedro, alcanzando un 1,9% de la superficie.

**Laguna Verde:** Este sistema se ubica al noroeste de la ciudad de Concepción, a una mayor distancia que los anteriores del núcleo urbano. Presenta una superficie de 126.806 m<sup>2</sup>. A diferencia de los restantes ecosistemas lénticos del área, muestra marcadas variaciones en la mayoría de sus parámetros morfométricos, entre los períodos de primavera-verano y otoño-invierno. Esto se debe fundamentalmente a la gran variabilidad estacional en cobertura de formación de parches de vegetación emergente y flotante, los que alcanzan un 67% de su superficie.

### c) Pantanos, esteros y charcas permanentes de agua dulce (< 8 ha)

**Sistema lagunar: Redonda - Tres Pascualas - Lo Galindo - Lo Méndez - Lo Custodio - Price:** Este es un sistema lagunar inmerso en el área urbana de la comuna de Concepción, las cuales están separadas a una distancia inferior a 2.000 m. Las lagunas más próximas entre sí son Lo Galindo, Lo Méndez y Lo Custodio, las cuales se localizan en las cercanías del río Andalién. La más lejana es la laguna Price, que se localiza próxima al río Bío-Bío. Es difícil delimitar con exactitud los límites de las cuencas de estas lagunas, ya que en general se trata de terrenos de muy baja pendiente. La laguna Las Tres Pascualas es la de mayor tamaño, con una superficie de 77.642 m<sup>2</sup>; posee una forma arriñonada, con un largo de 431 m y un ancho de 277 m. Las lagunas con tamaños intermedios son Lo Méndez con una superficie de 44.880 m<sup>2</sup> (largo 351 m), Lo Galindo con 40.313 m<sup>2</sup> (largo 494 m) y Redonda con 29.275 m<sup>2</sup> (largo 208 m). Las lagunas de menor tamaño son Lo Custodio con una superficie de 3.420 m<sup>2</sup> (largo 80 m) y Price con 2.560 m<sup>2</sup> (largo 75 m), ambas con una forma subcircular y profundidades máximas inferiores a 1,5 m.

En este sistema lagunar existe una amplia variabilidad de la superficie ocupada por cordones de macrófitas acuáticas, las cuales van de 17% en la laguna Las Tres Pascualas a 1,8% en la laguna Lo Custodio; obviamente estos valores son fluctuantes de año a año y según la estacionalidad.

### d) Pantanos, esteros y charcas estacionales e intermitentes de agua dulce

En el área del Gran Concepción existen tres áreas principales correspondientes a esta categoría<sup>74</sup>. Estas son los pantanos de ciperáceas existentes en las zonas bajas de la comuna de Talcahuano

<sup>73</sup> Urrutia, R., M. Cisternas, A. Araneda, O. Retamal y O. Parra. 2000. "Caracterización morfométrica y sedimentológica de cinco lagos costeros de la VIII Región, Chile". *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 45: 7-24.

<sup>74</sup> Los humedales marinos de este tipo o marismas (e.g. Lenga, Rocuant - Andalién) no han sido incluidos en este capítulo.

(ca. 85 has), y en el humedal Los Batros, localizado en la comuna de San Pedro de La Paz (ca. 70 has)<sup>75</sup>.

### 7.2.3. Humedales y biodiversidad

En el área del Gran Concepción, además de existir una elevada biodiversidad a nivel de ecosistemas, también existe a nivel de especies. Con fines comparativos, en el presente capítulo se han considerado sólo tres componentes biológicos de los ecosistemas acuáticos, *i.e.* macroinvertebrados bentónicos, peces y aves. Sin embargo, ello no resta valor a otros componentes del ecosistema, tales como el fitoplancton<sup>76,77</sup>, zooplancton, fitobentos<sup>78</sup>, macrófitas (*e.g.* pantanos de ciperáceas), que también están presentes con elevadas diversidades en algunos de los humedales, pero que no se dispone de información de todos ellos.

Con respecto a los mamíferos acuáticos propiamente tales, en estas áreas sólo se ha observado el "coipo" (*Myocastor coypus*), que es el roedor más grande del país. Dada la elevada degradación de los humedales del Gran Concepción, y en particular del relleno de los pantanos de ciperáceas, las poblaciones de esta especie se encuentran notablemente disminuidas y relegadas a algunas zonas ribereñas, especialmente de las lagunas Verde y Grande de San Pedro.

En general, los macroinvertebrados bentónicos presentan una baja diversidad en los ecosistemas lacustres del área, y una elevada en los ecosistemas fluviales. La máxima diversidad de estos organismos se observa en la parte media y alta del estero Nonguén, con valores superiores a 70 especies, todas nativas y la mayor parte endémicas de Chile central<sup>79</sup>. Un aspecto importante a destacar con respecto a la biodiversidad de estos esteros de la Cordillera de la Costa, es su elevada dependencia del bosque nativo ribereño<sup>80</sup>, especialmente como fuente de alimento (*e.g.* esteros Nonguén, Cárcamo, Penco, Lirquén). Con respecto a los peces, la diversidad de peces es proporcionalmente elevada en todos los ríos y esteros (a excepción del estero Cárcamo) y en los lagos de mayor tamaño (lagunas Grande y Chica de San Pedro). En las lagunas de pequeño tamaño (Lo Custodio, Price, Redonda, Lo Galindo, Lo Méndez, Las Tres Pascualas y Verde) no se han reportado especies nativas, existiendo sólo especies introducidas tales como: *Cyprinus carpio*, *Gambusia holbrooki* y *Cichlasoma facetum*. La máxima diversidad de peces nativos se observa en el curso

<sup>75</sup> Jiménez, M. 1999. *Evaluación del estado de conservación de las aves de humedal de la Región del Bío-Bío*. CONAMA Región del Bío-Bío, Unidad de Recursos Naturales. 39 pp.

<sup>76</sup> Ver: Parra, O., S. Basualto, R. Urrutia y C. Valdovinos. 1999. "Estudio comparativo de la diversidad fitoplanctónica de cinco lagos de diferentes niveles de eutroficación del área litoral de la Región del Bío-Bío (Chile)". *Gayana Bot.* 56(2): 93-108.

<sup>77</sup> De los datos que se disponen, se ha podido constatar que la máxima diversidad fitoplanctónica es observada en las lagunas Grande de San Pedro con 52 especies y Chica de San Pedro con 31 especies. Ver: Parra, O., R. Urrutia, C. Valdovinos y S. Basualto. (2005). "Biodiversidad fitoplanctónica en los lagos nahuelbutanos". En: Smith-Ramírez, C., J. Armesto y C. Valdovinos (Editores). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Cap. 7: 146-158.

<sup>78</sup> Parra, O., S. Basualto, R. Urrutia, D. Avilés y P. Rivera. 1993. *Composición taxonómica del fitoplancton y fitobentos del río Bío-Bío, Concepción, Chile*. Monografías Científicas EULA 12: 189-216.

<sup>79</sup> EULA. 2002. *Diagnóstico y zonificación del Parque Metropolitano Fundo Nonguén*. Informe Línea de Base, Oficina Asistencia Técnica, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 258 pp.

<sup>80</sup> Mayores antecedentes en: Valdovinos, C. 2001. "Riparian leaf litter processing by benthic macroinvertebrates in a woodland stream of central Chile". *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 341-349.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

inferior de los ríos Bío-Bío (11 especies) y Andalién (10 especies)<sup>81</sup>, y a lo largo del estero Nonguén (8 especies). En relación a la avifauna, la máxima diversidad se observa en los sistemas lacustres (a excepción de laguna Lo Custodio) y en el curso inferior de los ríos Bío-Bío y Andalién. Las máximas diversidades se observan en las lagunas Verde (21 especies), Grande de San Pedro (19 especies) y Chica de San Pedro (13 especies), y las más bajas en los esteros Cárcamo, Nonguén, Penco y Lirquén (< 2 especies). A continuación se hace una breve descripción de la composición de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos, peces y aves acuáticas presentes en los humedales del Gran Concepción.

**Macroinvertebrados bentónicos:** Debido a la inestabilidad de los fondos arenosos del curso del río Bío-Bío, los cuales son fuertemente transportados durante las crecidas invernales, y que quedan en gran parte secos durante el período de estiaje, la diversidad de macroinvertebrados bentónicos es relativamente baja. En este tramo del río se han registrado 42 especies pertenecientes a 32 familias. Dependiendo de la estacionalidad y de las características físicas del hábitat bentónico, los grupos taxonómicos que suelen ser co-dominantes son quironómidos (*Cryptochironomus* sp.), cladóceros (*Alona affinis* y *Ilyocriptus spinifer*), oligoquetos (*Nais pardalis*, *Dero furcatus* y *Tubifex* sp.), platelmintos (*Dugesia anceps*), anfípodos (*Cheus annae*) y gastrópodos (*Physa chilensis*, *Chilina*

en las lagunas Chica y Grande de San Pedro, con valores de 15 y 18 especies, respectivamente<sup>85</sup>. En términos de biomasa bentónica, los máximos valores registrados en el Gran Concepción son de 7 kg-húmedo/m<sup>3</sup> en la laguna Chica de San Pedro, debido a la presencia de bancos del bivalvo *Diplodon chilensis*<sup>86, 87</sup>. En los restantes humedales este bivalvo no se encuentra, aunque hay evidencias de su presencia en el pasado (e.g. Laguna Grande de San Pedro).

**Ictiofauna:** El curso inferior del río Bío-Bío que recorre el territorio del Gran Concepción, así como el tramo final del río Andalién, corresponden típicamente a zonas fluviales de potamón. Estas son las zonas de los ríos caracterizados por sus bajas pendientes, baja velocidad de la corriente y fondos arenosos o fangosos. En ambos ríos existe una proporcionalmente elevada biodiversidad, con respecto a otros ríos del norte y sur de Chile. De acuerdo a Campos *et al.* (1993)<sup>88</sup>, en el sector potamal del río Bío-Bío, en el tramo Chiguayante-Desembocadura, se encuentran once especies nativas (i.e. *Trichomycterus areolatus*, *Percichthys trucha*, *Percichthys melanops*, *Percilia irwini*, *Cauque mauleanum*, *Basilichthys australis*, *Bullockia maldonadoi*, *Cheirodon galusdae*, *Galaxias maculatus*, *Geotria australis*, *Nematogenys inermis*) y tres introducidas (i.e. *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Gambusia holbrooki*). En el curso inferior de la cuenca del Río Andalién, incluyendo sus principales tributarios localizados en el área del Gran Concepción (i.e. Nonguén y Queule), se ha registrado un total de diez especies nativas (i.e. *Trichomycterus areolatus*, *Trichomycterus chiltoni*, *Nematogenys inermis*, *Percichthys melanops*, *Percichthys trucha*, *Percilia irwini*, *Bullockia maldonadoi*, *Geotria australis*, *Cheirodon galusdae*, *Galaxias maculatus*), y cuatro especies introducidas (i.e. *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta*, *Gambusia holbrooki*, *Cichlasoma facetum*).

Dentro de la cuenca del río Andalién, el curso medio y superior del estero Nonguén<sup>89</sup> corresponden típicamente a una zona de ritrón. Estas zonas se caracterizan por estar conformadas por los ríos con elevada pendiente, alta velocidad de la corriente y fondo constituido por bolones. Este contraste entre las variables físicas del ritrón y potamón, dentro de la cuenca del río Andalién, también se ve reflejado en los patrones distribucionales de los peces a lo largo de la cuenca<sup>90</sup>. En términos de abundancia relativa, las especies dominantes por macrohábitat varían de *Oncorhynchus mykiss* en las zonas ritrales, a *Trichomycterus areolatus* en las zonas de transición y *Cheirodon galusdae* en el potamón. Las especies nativas de mayor abundancia que comparten el rango distribucional de *Oncorhynchus mykiss* a lo largo de la cuenca del Andalién son los siluriformes *Trichomycterus areolatus* y *Nematogenys inermis*. La distribución de la ictiofauna muestra una zonación, debido a la presen-

<sup>85</sup> Muñoz, S., G. Mendoza y C. Valdovinos. 2001. "Evaluación rápida de la biodiversidad de cinco lagos costeros de la VIII Región de Chile". *Gayana* (Chile) 65: 173-180.

<sup>86</sup> Valdovinos, C., R. Figueroa, H. Cid, O. Parra, E. Araya, S. Privitera y V. Olmos. 1998. "Transplante de organismos bentónicos entre sistemas lénticos: ¿Refleja la biodisponibilidad de metales traza en el ambiente?" *Boletín Sociedad Chilena de Química* 43: 467-475.

<sup>87</sup> Valdovinos, C. y R. Cuevas. 1996. "Tasas de aclarancia de *Diplodon chilensis* (Bivalvia, Hyriidae): Un suspensívoro bentónico dulceacuícola de Chile central". *Medio Ambiente* 13(1): 114-118.

<sup>88</sup> Campos, H., V.H. Ruiz, J.F. Gavilán y F. Alay. 1993. *Peces del río Bío-Bío*. Serie Publicaciones de Divulgación EULA, Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 100 pp.

<sup>89</sup> Habit, E., P. Victoriano y A. Rodríguez-Ruiz. 2003. "Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile". *Revista Chilena de Historia Natural* 76(1): 123-135.

<sup>90</sup> Ruiz, V.H. 1993. "Ictiofauna del río Andalién (Concepción, Chile)". *Gayana Zoología* (Chile) 57: 109-278.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

cia de especies de distribución longitudinal restringida (e.g. *Trichomycterus chiltoni*, *Cheirodon galusdae*, *Galaxias maculatus*) y a la distribución heterogénea de las abundancias de especies de amplia distribución (e.g. *Trichomycterus areolatus*). Este patrón concuerda con lo reportado para otros ríos, en que la riqueza de especies, diversidad y abundancia tienden al incremento en el sentido de la corriente. Las especies de mayor abundancia y distribución en la cuenca del río Andalién corresponden al bagre nativo *Trichomycterus areolatus* y al salmonídeo introducido *Oncorhynchus mykiss*. La tercera especie en abundancia fue *Cheirodon galusdae*, pero a diferencia de las dos anteriores sólo se encuentra presente en las zonas potamales.

Con respecto a los dos principales lagos del Gran Concepción<sup>91,92</sup>, la Laguna Chica de San Pedro posee nueve especies de peces (*Percilia irwini*, *Galaxias maculatus*, *Cheirodon galusdae*, *Nematogenis inermis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Odontesthes bonariensis*, *Cyprinus carpio*, *Gambusia holbrooki*, *Cichlasoma facetum*). La Laguna Grande de San Pedro posee 11 especies (las mismas existentes en la Laguna Chica de San Pedro, más *Percichthys trucha* y *Geotria australis*).

**Avifauna:** En los nueve ecosistemas lénticos<sup>93</sup>, en las zonas de pantanos de ciperáceas<sup>94</sup>, y en el curso inferior de los dos lóticos principales (Bío-Bío y Andalién)<sup>95</sup>, existe una importante biodiversidad en lo que respecta a avifauna de ambientes continentales. La composición de especies de aves está constituida tanto por especies netamente acuáticas como por aquéllas asociadas a zonas de pajonal. Entre las especies más comunes podemos nombrar a *Tachuris rubrigastra*, *Phleocryptes melanops*, *Vanellus chilensis* y *Cistothorus platensis*, mientras que entre las raras se encuentran *Hymenops perspicillatus*, *Ardea cocoi*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Nycticorax nycticorax* y *Anas cyanoptera*. En el conjunto de sistemas lénticos, en general, se observa un total de 26 especies, pertenecientes a los órdenes Podicipediformes (*Rollandia rolland*, *Podiceps major*, *Podylimbus podiceps*), Pelecaniformes (*Phalacrocorax brasilianus*), Ciconiformes (*Ixobrychus involucris*, *Ardea cocoi*, *Casmerodius albus*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax*), Anseriformes (*Cygnus melanocorypha*, *Anas sibilatrix*, *Anas georgica*, *Anas cyanoptera*, *Netta peposaca*), Gruiformes (*Pardirallus sanguinolentus*, *Gallinula melanops*, *Fulica armillata*, *Fulica leucoptera*, *Fulica ruffifrons*), Caradriformes (*Vanellus chilensis*) y Passeriformes (*Cistothorus platensis*, *Cinclodes patagonicus*, *Phleocryptes melanops*, *Hymenops perspicillatus*, *Trachuris rubrigastra*, *Agelaius thilius*). Normalmente, las especies más abundantes en los humedales del Gran Concepción son *Fulica armillata*, *Fulica ruffifrons* y *Fulica leucoptera*. Estas especies por lo general representan alrededor del 45% del número total de individuos observados.

<sup>91</sup> Scasso, F. y H. Campos. 1999. "Comparison of two populations of silverside (*Odontesthes bonariensis*) in Eutrophic lakes of Central Chile". *Journal of Freshwater Ecology* 14 :61-70.

<sup>92</sup> Parra, O., C. Valdovinos, R. Urrutia, M. Cisternas, E. Habit y M. Mardones, 2002. "Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile central". *Limnetica* 22 (1-2): 51-83.

<sup>93</sup> González, A. 2002. "Relación entre características del hábitat y estructura comunitaria de aves acuáticas en sistemas lacustres urbanos". Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias mención Zoología, de la Universidad de Concepción, Chile. 100 pp.

<sup>94</sup> Jiménez, M. 1999. *Evaluación del estado de conservación de las aves de humedal de la Región del Bío-Bío*. CONAMA Región del Bío-Bío, Unidad de Recursos Naturales. 39 pp.

<sup>95</sup> Quezada, A., H. Oyarzo y V.H. Ruiz. 1986. "Distribución de la avifauna en los distintos 'hábitat' del estuario Andalién, bahía de Concepción, Concepción, Chile". *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 21: 197-206.

En términos de riqueza específica, las máximas diversidades de aves se observan en la laguna Verde y Grande de San Pedro, con valores entre 15 y 22 especies. La mínima diversidad de aves se observa en la laguna Lo Custodio con valores inferiores a 3 especies. Las restantes lagunas Redonda, Las Tres Pascualas, Lo Méndez, Lo Galindo, Chica de San Pedro y Price presentan diversidades intermedias, con valores entre 4 y 10 especies.

Del conjunto de especies de agua dulce presentes en los humedales, hay dos que pueden ser consideradas "especies emblemáticas" para el área, ya sea por su singularidad, estado crítico de conservación y por su nombre (científico o vernacular), asociado directamente al Gran Concepción. Estas son el cangrejo de Concepción o tigre (*Aegla concepcionensis*) y el pez llamado carmelita de Concepción (*Percilia irwini*), las cuales representan un patrimonio único del área estudiada.

En los humedales del Gran Concepción se encuentran nueve especies que están clasificadas a nivel nacional dentro de las categorías En Peligro de Extinción. El estado de conservación de estas especies al interior de estos humedales puede ser considerado en seria amenaza, debido principalmente al grave deterioro de las cuencas de drenaje, alteraciones físicas y químicas en el medio acuático, y al efecto negativo de especies exóticas invasoras. Existen las siguientes cuatro especies de crustáceos que están dentro de esta categoría<sup>96, 97</sup>: Cangrejo de Concepción o tigre (*Aegla concepcionensis*), cangrejo expandido (*Aegla expansa*), cangrejo de Bahamonde (*Aegla bahamondei*) y camarón araucano (*Virilastacus araucanius*). Del cangrejo de Concepción se conoce sólo una población (a nivel mundial) en la parte alta de la cuenca del estero Cárcamo, al interior del campus de la Universidad de Concepción. Además de los crustáceos, existen cinco especies de peces que están a nivel nacional dentro de la categoría En Peligro de Extinción<sup>98, 99</sup>: bagre grande (*Nematogenys inermis*), bagre (*Bullockia maldonadoi*), bagrecito (*Trichomycterus chiltoni*), trucha negra (*Percichthys melanops*) y carmelita de Concepción (*Percilia irwini*). Las aves y mamíferos presentes en los humedales del Gran Concepción no están dentro de la categoría En Peligro de Extinción<sup>100, 101</sup>. Sin embargo, varias de ellas son claramente vulnerables en el área, tales como las especies: Garza cuca (*Ardea cocoi*), siete colores (*Trachuris rubrigastra*), huairavo (*Nycticorax nycticorax*) y el coipo (*Myocastor coypus*). Lo mismo ocurre con chorito de agua dulce (*Diplodon chilensis*), el cual se ha extinguido localmente de todas las lagunas, a excepción de la Laguna Chica de San Pedro.

<sup>96</sup> Bahamonde, N., A. Carvacho, C. Jara, M. López, F. Ponce, M. A. Retamal y E. Rudolph. 1998. "Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile". *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.* (Chile) 47: 91-100.

<sup>97</sup> Jara, C. 2005. "Crustáceos del género *Aegla* (Decapada : Anomura) en la Cordillera de la Costa: Su importancia para la conservación de la biodiversidad de aguas continentales en Chile". En: Smith-Ramírez, C., J. Armesto y C. Valdovinos (Editores). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Cap. 16: 307-323.

<sup>98</sup> Campos, H., G. Dazarola, B. Dyer, L. Fuentes, J.F. Gavilán, L. Huaquín, G. Martínez, R. Meléndez, G. Pequeño, F. Ponce, V.H. Ruiz, W. Siefeld, D. Soto, R. Vega e I. Vila. 1998. "Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile". *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47: 101-122.

<sup>99</sup> Habit, E. y P. Victoriano. 2005. "Peces de agua dulce de la Cordillera de la Costa". En: Smith-Ramírez, C., J. Armesto y C. Valdovinos (Editores). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Cap. 21: 392-406.

<sup>100</sup> Glade, A. 1993. *Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. CONAF. 2<sup>a</sup> edición. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 68 pp.

<sup>101</sup> Jiménez, M. 1999. *Evaluación del estado de conservación de las aves de humedal de la Región del Bío-Bío*. CONAMA Región del Bío-Bío, Unidad de Recursos Naturales. 39 pp.

## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

Como se mencionó anteriormente, uno de los factores que inciden negativamente en la conservación de las especies nativas presentes en los humedales del Gran Concepción es la presencia de especies exóticas invasoras. La mayor parte de estas especies han sido introducidas accidentalmente en el área (e.g. por acuaristas), mientras que otras han sido diseminadas en el país con fines de pesca deportiva u otros.

Dentro de las especies invasoras más conspicuas por su cobertura espacial en las lagunas, son las plantas acuáticas luchecillo (*Egeria densa*) y jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*). Estas dos especies han sido claramente favorecidas por los serios problemas de eutrofización que afecta la mayor parte de los humedales lénticos del Gran Concepción<sup>102</sup>. Dentro de la fauna de invertebrados está la medusa de los lagos (*Craspedacusta sowerbyi*), que presenta crecimientos explosivos en la Laguna Grande de San Pedro, especialmente en algunos momentos estivales. Dentro de las especies de peces están: pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*), carpa (*Cyprinus carpio*), gambusia (*Gambusia holbrooki*), ciclosoma o chanchito (*Cichlasoma fascetum*), trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta*).

### 7.2.4. Servicios ecosistémicos de los humedales del Gran Concepción

Los humedales integrados al ecosistema urbano del Gran Concepción proporcionan variados y relevantes servicios ecosistémicos, entre los que destacan los siguientes: a) conservación de la biodiversidad acuática, en especial de la fauna endémica de invertebrados, peces, anfibios y aves, muchas de las cuales se encuentran con problemas de conservación a nivel nacional; b) mantenimiento de la conectividad ecosistémica entre las zonas montañosas de la Cordillera de la Costa y las llanuras; c) diversidad paisajística y embellecimiento escénico del Gran Concepción (i.e. lagunas Las Tres Pascualas, Lo Galindo, Lo Méndez, Grande y Chica de San Pedro y río Bío-Bío); d) oferta para la recreación pasiva y la educación ambiental (i.e. estero Nonguén y lagunas mencionadas anteriormente); e) amortiguación hidráulica de las crecidas invernales, previniendo o minimizando inundaciones; f) recarga de las napas subterráneas que son empleadas para el abastecimiento de agua potable (i.e. San Pedro); g) trampa de materiales escurridos al río o retención de sedimentos.

Los humedales del Gran Concepción concentran una proporción significativa de biodiversidad regional y nacional, representada en sus componentes flora y fauna, propias de estos ecosistemas. Igualmente, muchos de ellos son hábitat relevantes para la avifauna migratoria (i.e. curso inferior del río Bío-Bío). Por lo anterior, las funciones ecológicas y ambientales de los humedales del Gran Concepción representan numerosos beneficios para la sociedad. La valoración de humedales tradicionalmente considera aspectos tales como atributos, productos y funciones. Considerando de manera conjunta la diversidad de humedales de Concepción, las principales características de estas categorías son las siguientes:

<sup>102</sup> Sorensen, H. 1996. "Managing urban lakes: An integrating experience". *Water Resources Development* 12(4): 437-446.

- a) **Atributos:** Diversidad biológica (a nivel de ecosistemas, especies y probablemente genética), importancia cultural e histórica (e.g. mitos y leyendas de la laguna Las Tres Pascualas).
- b) **Productos:** Recursos de vida silvestre, pesquería deportiva (e.g. trucha café y arcoiris), pesquería comercial (aunque incipiente del camarón de vega *Parastacus pugnax*), fuentes de agua para consumo humano (e.g. río Bío-Bío (Planta La Mochita) y estero Nonguén), fuentes de áridos para la construcción (e.g. areneras localizadas en la ribera norte del río Bío-Bío).
- c) **Funciones:** Hábitat para vida silvestre, soporte de cadenas tróficas, retención de nutrientes, retención de sedimentos y tóxicos, recarga de acuíferos, control de flujo y recreación.

En la Tabla 27 se resumen los servicios ecosistémicos y usos más relevantes de los humedales lóticos (ríos y esteros) y lénticos (lagos y lagunas) del área del Gran Concepción. En esta tabla, para el caso de los ríos Bío-Bío y Andalién, sólo se consideran aquéllos existentes en el área del Gran Concepción y no los que se localizan aguas arriba (como por ejemplo, la producción hidroeléctrica). En la tabla, los servicios ecosistémicos y usos han sido ordenados de mayor a menor importancia relativa, según el número de humedales en que están presentes. Por ejemplo, los más frecuentes son: conservación de la biodiversidad acuática (100%), diversidad paisajística y embellecimiento escénico (100%) y localización de zonas urbanas ribereñas (80%). Muchos de los otros servicios o usos, aunque menos frecuentes, pueden tener una gran relevancia ambiental. Por ejemplo, la conservación de especies singulares con un serio peligro de extinción se presenta en sólo un 26,7% de los humedales; sin embargo, es una situación de gran relevancia para la región y el país.

Con respecto a los humedales que prestan una mayor diversidad de servicios ecosistémicos y usos, destaca claramente el río Bío-Bío, en el cual existen 15 de los 22 tipos considerados (68,2%). Los humedales que le siguen en jerarquía son el estero Nonguén, las lagunas Grande y Chica de San Pedro y el río Andalién, con un 40-46% de servicios ecosistémicos y usos. Los humedales con una menor diversidad de usos son la Laguna Verde y Price, con valores de 13,6% y 9,1%, respectivamente. Los restantes humedales presentan una diversidad de usos que varían entre 31,8% y 22,7%.

#### 7.2.5. Estado de conservación de los humedales del Gran Concepción

A pesar de los importantes servicios ecosistémicos de los humedales del Gran Concepción, la incompreensión de la estructura y función de los ecosistemas los han llevado a un deterioro histórico muy avanzado. Aunque los ecosistemas boscosos han ido ganando en la percepción y valoración que la sociedad tiene de ellos, como elementos naturales del paisaje urbano y suburbano, el proceso de asimilación cultural ha sido mucho más lento en el caso de los humedales y áreas pantanosas, los cuales continúan siendo percibidos como espacios inhóspitos, asociados a preconcepciones negativas.

Las principales causas que se asocian a la degradación de los humedales del Gran Concepción son las siguientes: a) la ignorancia sobre la composición, función y valor del humedal, acompañada de una concepción errónea negativa de estos sistemas, como insalubres, peligrosos y opuestos al desarrollo; b) la tendencia general a la degradación de las cuencas hidrográficas, acelerando el transporte de nutrientes y sedimentos aguas abajo (causando serios problemas de eutroficación y



## 7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

sedimentación<sup>103</sup>). A lo anterior se suma la concentración de vertimientos y residuos propia de las concentraciones humanas; c) el costo de oportunidad del suelo frente a la demanda de espacio para vivienda. El marginamiento social y cultural de los humedales refuerza su condición de suelo de bajo costo para usos marginales y habitación de sectores sociales marginados. Ello refuerza su degradación ambiental y retroalimenta la percepción social negativa del humedal; d) la concepción tradicional de "urbanizar" como construcción de viviendas, opuesta a la concepción integral de "construir ciudad", involucrando todos los elementos artificiales, naturales, públicos y privados que componen un hábitat urbano balanceado.

Entre los estresores o factores de deterioro severos que afectan a los humedales del Gran Concepción (que provocan alteraciones drásticas, aceleradas y difícilmente reversibles), se encuentran los siguientes: a) destrucción de la vegetación nativa, b) incremento de las tasas de sedimentación por incremento de la erosión en la cuenca, c) introducción intencional de flora exótica (*i.e.* especies desecantes como pinos y eucaliptos), d) alteración hidráulica (pérdida del ritmo de inundaciones por obras de regulación, tales como las centrales hidroeléctricas Ralco y Pangué, en el alto Bío-Bío), e) fragmentación y desaparición de los corredores boscosos nativos que originalmente conectaban los sectores elevados de la Cordillera de la Costa con los humedales de llanura, f) relleno sistemático con basuras y escombros de los márgenes de los ríos y lagos (*i.e.* Laguna Lo Custodio), g) vertimientos de aguas servidas domésticas (tratadas y no tratadas) y residuos industriales líquidos (*e.g.* plantas de celulosa, fábricas de papel, refinerías de petróleo, en el río Bío-Bío)<sup>104</sup>, h) contaminación difusa con sustancias derivadas de la agricultura y silvicultura (*i.e.* biocidas, PCBs, etc.), i) urbanización de las cuencas y márgenes de los humedales, j) destrucción directa del hábitat de fauna acuática (*i.e.* alteración de riberas por construcción de muros y enrocados), k) cacería furtiva (especialmente de aves acuáticas y mamíferos como el "coipo") y depredación de fauna nativa por animales domésticos u otros asociados al hombre, y l) perturbación de la avifauna por el ruido (*e.g.* tráfico de vehículos terrestres, aviones).

El régimen de estresores que históricamente ha afectado a los humedales del Gran Concepción, y que se ha intensificado desde los años 30, determina el avanzado estado de degradación de estos ecosistemas, y en muchos casos terminal (*i.e.* estero Cárcamo, laguna Lo Custodio)<sup>105</sup>. En este momento, todos ellos requieren acciones urgentes de restauración ecológica, considerando técnicas de ingeniería ambiental. En la Tabla 28 se presentan indicadores cualitativos del estado de conservación de los humedales del Gran Concepción, clasificados en tres categorías (1=bueno, 2=regular y 3=malo). Estos indicadores de mayor relevancia fueron seleccionados del análisis de 16 parámetros contenidos en las bases de datos del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, de la Universidad de Concepción. Aquellos parámetros de menor relevancia ambiental para el conjunto específico de humedales analizados (*e.g.* pH, silicatos, alcalinidad, dureza), así como

<sup>103</sup> Ver: Parra, O. 1989. "La eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro: Un caso de estudio". *Ambiente y desarrollo* 5: 117-136.

<sup>104</sup> Parra, O., C. Valdovinos, E. Habit y R. Figueroa. 2004. "Programa de monitoreo de la calidad del agua del sistema río Bío-Bío: 1994-2004". 31 pp.

<sup>105</sup> Parra, O., C. Jara y L. Guzmán. 1989. "Las lagunas intraurbanas de Concepción: Estado actual y perspectivas de recuperación y uso". *Actas del III Encuentro Nacional del Medio Ambiente*: 301-313.

aquéllos con un cierto grado de redundancia (e.g. sólidos suspendidos totales y transparencia, con la variable turbidez), fueron excluidos del análisis.

En esta tabla se aprecia que, de los ocho indicadores ambientales cuantificados en el conjunto de humedales, los que presentan condiciones más críticas (categoría 3) son el fósforo total presente en la columna de agua y contenido de materia orgánica en los sedimentos del fondo (ambos en un 60% de los humedales), asociados al elevado grado de eutrofización. Entre un 46,7% y un 53,5% de los humedales presentan serios problemas debido a la drástica modificación del hábitat físico ribereño (e.g. muros en la Laguna Chica de San Pedro; rellenos del fondo en la laguna Lo Custodio), alta densidad de cordones de macrófitas acuáticas, que en algunos casos puede superar el 70% de la superficie del cuerpo acuático (e.g. *Egeria densa* y *Eichornia crassipes*), y bajos niveles de oxígeno en las aguas de fondo, asociado a la descomposición de grandes cantidades de materia orgánica derivada de procesos de eutrofización. Las variables coliformes fecales, turbidez y nitrógeno, todas presentes en la columna de agua, presentan valores críticos en un menor número de humedales (13,2 - 20% de ellos).

Los humedales que presentan una condición más crítica con respecto a estos indicadores ambientales son las lagunas Lo Custodio, Lo Galindo, Lo Méndez y Las Tres Pascualas, con un 75% de los indicadores ambientales con clase 3. Le siguen las lagunas Grande de San Pedro, Verde y Price, y los esteros Penco y Lirquén, con la mitad de los indicadores en clase 3. Las lagunas Redonda y Chica de San Pedro, y los ríos Andalién y Bío-Bío tienen una calidad moderada, entre 12,5-37% en clase 3 y 50-62,5% en clase 2. Los humedales que presentan una mejor condición ambiental en el área del Gran Concepción son, en primer lugar, el estero Cárcamo (localizado en el campus de la Universidad de Concepción) y, en segundo lugar, la parte alta del estero Nonguén, y en especial sus tributarios, los esteros Compuy y Manquimávida. Es importante aclarar que la excelente condición ambiental de estos dos esteros sólo se observa en la parte alta de sus cuencas. La parte media y baja de ellas se encuentra fuertemente alterada, ya sea por canalización y transformación de una alcantarilla, como es el caso del estero Cárcamo, y por contaminación de aguas servidas domésticas en el curso medio y bajo del estero Nonguén.

En el caso específico de las cuencas de los ríos Bío-Bío y Andalién, la actividad humana ha generado riesgos para la conservación del medio ambiente acuático, así como para la preservación de la naturaleza asociada a dicho territorio. Algunas actividades humanas que han producido efectos son, entre otras, las intervenciones a nivel de la cuenca, cambios de usos del suelo, la deforestación de las laderas, la erosión y pérdida de suelo, la extracción de áridos, abastecimiento para riego y las fuentes difusas y puntuales que vierten a los cuerpos receptores de la cuenca, además de cambios del régimen de caudal e interrupción del continuo fluvial para la generación hidroeléctrica, el caso específico de la cuenca del río Bío-Bío. Sin perjuicio de lo anterior, a la fecha se encuentran en desarrollo actividades tendientes a revertir de algún modo el daño producido en el tiempo. De esta manera se está desarrollando un plan de saneamiento en toda la cuenca del río Bío-Bío por parte de la empresa sanitaria y las principales actividades industriales que descargan sus aguas residuales a los cursos de agua que la conforman, debido a que se encuentran elaborando los respectivos planes de cumplimiento del Decreto Supremo N° 90/00 del MINSEGPRES, el cual entrará en vigencia el año 2006. En este contexto, para seguir adelante en este proceso se hace necesario contar con una Norma Secundaria de Calidad de Aguas Continentales Superficiales

en la Cuenca Hidrográfica de los ríos del Gran Concepción, capaz de establecer objetivos de calidad, maximizando los beneficios sociales, económicos y medioambientales.

La intensa urbanización de las llanuras de inundación y modificación de los márgenes de los ríos Bío-Bío y Andalién (*e.g.* rellenos, deforestación), se ha traducido en una pérdida sustancial de uno de los servicios ecosistémicos de mayor relevancia, que corresponde a la amortiguación de inundaciones (invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un flujo fluvial debido a una crecida)<sup>106</sup>. Como señalan Mardones y Vidal (2001)<sup>107</sup>, en Concepción las inundaciones son los desastres más frecuentes, siendo entre los factores que explican la ocurrencia de inundaciones, la topografía y morfometría de pendientes, características geomorfológicas y sedimentológicas del entorno del lecho que sufre la crecida, influencia antrópica en las riberas del río y factores externos, como intensidad de lluvia, características hidrológicas y estado del suelo y de la vegetación de la cuenca de drenaje. En el área de Concepción están expuestas a riesgo de inundación todas las áreas ribereñas cuya altitud es inferior a 8 m s.n.m., cota que corresponde a la altitud máxima alcanzada por el borde del cauce. La morfología ribereña puede facilitar el encauzamiento del flujo desbordado; la modificación antrópica de la morfología ribereña puede reforzar o disminuir la acción de los factores naturales; por ejemplo, la ruptura de dunas que permiten la canalización natural del flujo, incrementa el riesgo de inundación. Es el caso de los sectores de dunas bordadas de la ribera norte del Bío-Bío, que están siendo explotadas por empresas areneras, lo que ha aumentado considerablemente el riesgo de inundación en la última década, principalmente en la comuna de Talcahuano.

Las mismas autoras señalan que las áreas expuestas a riesgos de inundación son bastante limitadas en la ciudad de Concepción; se emplazan preferentemente en las cercanías del río Andalién (Universidad del Bío-Bío), riberas del estero Nonguén y ribera del Bío-Bío al este del Puente Viejo (sector Pedro de Valdivia Bajo). El manejo reciente de la ribera norte del Bío-Bío ha disminuido notablemente el riesgo de inundaciones estacionales para caudales "peak" de cinco años. El riesgo extremo y alto se presenta en áreas ribereñas, donde la geomorfología y topografía dificultan el escurrimiento. La cobertura vegetal es un factor que regula el régimen hidrológico, controlando la infiltración y el escurrimiento superficial de aguas-lluvia, y protegiendo el suelo contra la erosión. La falta de cobertura aumenta la escorrentía superficial, intensifica la erosión del suelo y los sedimentos erosionados pasan a formar parte del flujo fluvial. Mientras mayor sea la carga sólida de un río, mayor será el riesgo de crecida con el mismo monto de precipitaciones, ya que los sedimentos tienden a elevar el fondo de los lechos y con ello el espejo de agua del curso. En los ríos Bío-Bío y Andalién se ha constatado, especialmente en la segunda mitad del siglo XX, un aumento notable del transporte de sólidos<sup>108</sup>. Este último asienta su cabecera en una de las comunas más afectadas por erosión en manto y cárcava de nuestro país: la comuna de Florida. Por su parte, el Bío-Bío se nutre de sólidos en suspensión a través de las cuencas afluentes costeras (*e.g.* Hualqui, Santa

<sup>106</sup> Aros, V., J. Vargas y M. Condemarín. 1995. "Rastreo de crecidas en el bajo Bío-Bío. Aplicación a problemas de inundación". Memorias XII Congreso de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Santiago. 2(1): 257-271.

<sup>107</sup> Mardones, M. y C. Vidal. 2001. "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: Un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción". *Eure* 27(81): 97-122.

<sup>108</sup> Parra, O. 1994. *Caracterización física y química y evaluación de la calidad para uso múltiple del agua del río Bío-Bío (Chile central)*. Serie Monografías Científicas EULA, 12: 15-159.

Juana, Quilacoya) y de aquellas que drenan el borde occidental de la depresión central (i.e. Vergara, Tavoleo, Río Claro). Un factor detonante de las inundaciones es la intensidad diaria de las lluvias locales y a nivel de la cuenca. Se estima que en el área del Gran Concepción las inundaciones se relacionan principalmente con ciclos de tres días de lluvia consecutiva, y umbrales de intensidad semejantes a los calculados para los anegamientos ( $> 140$  mm en 72 horas), para caudales máximos con períodos de retorno de 5 años<sup>109</sup>. Teniendo como constante este caudal máximo, las zonas expuestas a alto riesgo de inundación son las siguientes: terraza inferior del Bío-Bío que ha sido sólo parcialmente rellenada (sector Pedro de Valdivia) y llanuras aladañas al estero Nonguén y río Andalién.

<sup>109</sup> Aros, V., J. Vargas y M. Condemarín. 1995. "Rastreo de crecidas en el bajo Bío-Bío. Aplicación a problemas de inundación". *Memorias XII Congreso de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica*, Santiago. 2(1): 257-271.

7. Calidad de vida, biodiversidad y medio ambiente

Tabla 27. Servicios ecosistémicos y usos más relevantes, de los humedales dulceacuícolas del Gran Concepción (para el caso de los ríos Bio-Bío y Andalién, sólo se consideran aquellos existentes en el área del Gran Concepción y no los que se localizan aguas arriba).

	Río Bio-Bío	Estero Nonguén	Laguna Chica de San Pedro	Laguna Grande de San Pedro	Río Andalién	Estero Cárcamo	Laguna Las Tres Pascualas	Laguna Lo Méndez	Laguna Lo Galindo	Laguna Redonda	Estero Penco	Estero Lirquén	Laguna Lo Custodio	Laguna Verde	Laguna Price	% de humedales
<b>Servicios ecosistémicos y usos de los humedales</b>																
Conservación de la biodiversidad acuática	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	100,0
Diversidad paisajística y embellecimiento escénico	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	100,0
Zona de localización de áreas urbanas ribereñas	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	80,0
Educación ambiental	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	60,0
Zona de localización de parques ribereños	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	60,0
Recreación pasiva	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	53,3
Mantenimiento de la conectividad ecosistémica	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	40,0
Amortiguación hidráulica para crecidas invernales	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	40,0
Conservación especies singulares en peligro de extinción	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26,7
Cuerpo receptor de efluentes domiciliarios (descargas clandestinas no tratadas)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26,7
Extracción de recursos hidrobiológicos de importancia comercial	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	20,0
Abastecimiento de agua potable desde aguas superficiales	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13,3
Pesca recreativa (especialmente de pejerrey argentino)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13,3
Deportes náuticos (e.g. navegación a vela, remo).	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13,3
Zona de localización de restaurantes ribereños	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13,3
Recreación con contacto directo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Área silvestre con algún grado de protección	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Cuerpo receptor de efluentes domiciliarios (descargas tratadas)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Cuerpo receptor de efluentes industriales	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Recarga napas subterráneas empleadas en abastec. de agua potable	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Riego de parques y jardines (e.g. Universidad de Concepción)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
Extracción de áridos (arenas para la construcción)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6,7
<b>% de servicios ecosistémicos de un total de 22 más relevantes</b>	<b>58,2</b>	<b>45,5</b>	<b>45,5</b>	<b>40,9</b>	<b>40,9</b>	<b>31,8</b>	<b>31,8</b>	<b>27,3</b>	<b>27,3</b>	<b>27,3</b>	<b>27,3</b>	<b>27,3</b>	<b>22,7</b>	<b>13,6</b>	<b>9,1</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28.** Indicadores cualitativos del estado de conservación de los humedales, clasificados en una escala de 1 a 3 (φ = bueno, κ = regular, ω = malo). Para cada humedal se ha calculado el % de cada una de las tres categorías con el objeto de tener una calificación global del estado del sistema; con este valor, los humedales se ordenaron en un gradiente de mayor a menor calidad ambiental. Los indicadores ambientales están ordenados de mayor a menor relevancia según el porcentaje de humedales que tienen escala 3 para determinado indicador ambiental.

Indicador ambiental	Estero Cárcamo	Estero Nonguén	Río Bio-Bio	Río Andalién	Laguna Chica de San Pedro	Laguna Redonda	Estero Lirquén	Estero Penco	Laguna Verde	Laguna Grande de San Pedro	Laguna Price	Laguna Las Tres Pascualas	Laguna Lo Méndez	Laguna Lo Galindo	Laguna Lo Custodio	% de humedales en escala 3
Fósforo total de la columna de agua	φ	φ	κ	κ	φ	φ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	60,0
Contenido de materia orgánica en los sedimentos del fondo	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	60,0
Condición natural del hábitat físico ribereño	κ	κ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	φ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	53,3
Cordones de macrofitas acuáticas	φ	φ	φ	φ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	46,7
Oxígeno en aguas del fondo	φ	φ	φ	φ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	46,7
Coliformes fecales de la columna de agua	φ	κ	κ	ω	φ	φ	ω	ω	φ	φ	φ	κ	κ	κ	κ	20,0
Turbidez de la columna de agua	φ	φ	κ	κ	κ	κ	ω	ω	κ	κ	κ	κ	κ	κ	κ	13,3
Nitrógeno total de la columna de agua	φ	φ	κ	κ	κ	κ	ω	ω	κ	κ	κ	φ	φ	φ	φ	13,3
% de indicadores en categoría 1 (bueno)	87,5	75,0	37,5	37,5	12,5	12,5	37,5	37,5	25,0	12,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
% de indicadores en categoría 2 (regular)	12,5	25,0	62,5	50,0	50,0	50,0	12,5	12,5	25,0	37,5	37,5	25,0	25,0	25,0	25,0	
% de indicadores en categoría 3 (malo)	0,0	0,0	0,0	12,5	37,5	37,5	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	75,0	75,0	75,0	75,0	

Fuente: Elaboración propia. Clasificación basada en la información existente en las bases de datos del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, de la Universidad de Concepción.