

La Cuenca del Río Biobío

Historia Natural de un Ecosistema de uso Múltiple

Claudio Valdovinos & Oscar Parra
Centro de Ciencias Ambientales EULA
Universidad de Concepción

ANTECEDENTES GENERALES

El contenido de este documento fue estructurado en gran medida sobre la base de la información recopilada y generada por nuestro grupo de trabajo, de la Unidad de Sistemas Acuáticos del Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción, en los últimos 15 años. Parte de esta información fue obtenida a través del "Proyecto EULA", que fue un programa de cooperación internacional entre Italia y Chile llevado a cabo entre los años 1989 y 1993 y que fue el origen de nuestro centro de investigación.

El contenido del presente documento divulgativo, parte de la premisa que el análisis de un sistema, como es el caso del río Biobío, no puede hacerse sin considerar que él es parte de un sistema mayor, cual es su cuenca u hoya hidrográfica. En gran parte las características estructurales como de funcionamiento de un río pueden entenderse en la medida que se conozcan sus relaciones con los elementos que conforman su cuenca, tanto los elementos que integran el sistema físico natural, como los del sistema antrópico (económico, social y cultural). El río y el área de drenaje (cuenca) que lo influencia es una unidad sistémica, por lo tanto su análisis debe hacerse bajo el enfoque sistémico u holístico (considerar el "todo" como unidad, y los elementos de este todo, interactuando los unos con los otros). Este enfoque es el que hace posible establecer y entender las relaciones de causa-efecto que significan algunas acciones del hombre que generan efectos en el sistema (por ejemplo, la contaminación de las aguas del río) y sus causas (el uso de pesticidas por la agricultura o la actividad forestal).

El Biobío es un río histórico por excelencia, su presencia ha motivado hechos relevantes para la historia nacional y a su alrededor ha formado un espacio que, moldeado por el hombre, ha dado como resultado la formación de una cultura de choque, de encuentro y asimilaciones recíprocas entre la población indígena y la europea. El río es el elemento natural estructurante del paisaje regional, sin duda, el más importante factor de identidad regional. El ha condicionado la vida de los habitantes de la región, influyendo en múltiples aspectos, que van desde aquellos relacionados con la seguridad de los asentamientos urbanos y el crecimiento económico, hasta los que tienen que ver con las expresiones

artístico - culturales. La literatura hispano-colonial y posteriormente la nacional, muestran, en incontables ocasiones, la presencia de este elemento natural. Científicos de renombre mundial, Domeyko, Poeppig, Gay y el mismo Darwin, lo visitaron y dejaron testimonios de su admiración por su belleza. Pablo Neruda, tampoco escapó de la tentación de plasmarlo en El Canto General de Chile.

¿Cuál es el origen del nombre del río Biobío?

Según cronistas de los siglos XII y XVIII, las palabras "Bio-Bío" serían una alteración de "hui-hui" o de "Yyi-vyi", onomatopeya que habrían aludido al ruido "que hacen las olas mansas cuando se encrespan". Los indígenas llaman a este río Butalebu, que traducido al castellano significa río grande.



Capítulo 1

ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS ANTES DE COMENZAR

El concepto de ecosistema

Para comprender el significado de una cuenca hidrográfica y de un río, es necesario previamente considerar el concepto de ecosistema. En general este concepto se define como: "una unidad funcional de la naturaleza, el cual incluye tanto organismos o seres vivos y su entorno no vivo, cada uno de ellos interactuando con el otro e influenciándose entre ellos, siendo ambos necesarios para la mantención y desarrollo de los sistemas". Todo ecosistema ocupa espacio, y por lo tanto, tiene una ubicación en la superficie terrestre, que puede ser descrita en forma precisa por anotación de coordenadas geográficas. Por otra parte un ecosistema puede también ser visualizado como un conjunto de componentes, como poblaciones de especies vegetales y animales, disponibilidad de nutrientes, minerales primarios y secundarios y gases atmosféricos, unidos por cadenas tróficas, flujos de nutrientes y energía. El conocimiento de los componentes y las relaciones envueltas en un ecosistema permiten establecer cualitativamente y cuantitativamente las interacciones entre los diversos componentes o compartimentos de los sistemas sociales, económicos y naturales que integran a su vez los sistemas ambientales.

La cuenca hidrográfica como ecosistema acuático-terrestre

Una cuenca hidrográfica se define como un área específica de la superficie terrestre, que en un espacio y tiempo determinado, puede estar ocupada por poblaciones de especies vegetales y animales, incluyendo entre estos últimos al hombre y que interactúan con los componentes no vivos, de los compartimentos como el agua, suelo y aire. Este territorio contiene un área de drenaje, que esta delimitada, de cuencas adyacentes, por límites físicos más o menos definidos que reciben el nombre de líneas divisorias de aguas. Al comparar los elementos que conforman una cuenca con los de los ecosistemas, se observa que son similares, porque en el hecho la cuenca hidrográfica de un río o un lago es un ecosistema. Los elementos básicos que determinan el funcionamiento de una cuenca hidrográfica antropizada (con presencia del hombre y sus actividades) se muestran en el siguiente cuadro:

Elementos básicos de una cuenca antropizada	
Componentes o elementos naturales	
•	Agua
•	Suelo
•	Vegetación
•	Clima
Componentes o elementos humanos	
•	Socioeconómicos (infraestructura, tecnología, niveles de calidad de vida).
•	Jurídicos-institucionales (normas que regulan el uso de los recursos naturales, políticas de desarrollo e instituciones involucradas)

En consecuencia, el concepto de ecosistema y su teoría provee el marco conceptual para el manejo adecuado de nuestros recursos naturales, y por ende, de una cuenca u hoya hidrográfica. Desde una óptica más utilitaria, a una cuenca, la podemos considerar como un sistema integrado o máquina para transformar la radiación que viene del sol, precipitaciones y otros factores ambientales, que más el trabajo humano y la inversión de capital en productos forestales, agrícolas, vida silvestre, satisfacciones estéticas, recreacionales, producción de energía y agua para la población, la agricultura e industria. De tal modo, una cuenca es un ecosistema que da servicios a la sociedad.

Sistemas lóticos y lénticos

Existe una diversidad de ambientes acuáticos, que ha hecho necesario una clasificación. Un criterio general de clasificación ha sido el movimiento de las aguas, si éstas son empozadas o fluyentes. En relación a esto se han creado los términos léntico y lótico. El término léntico viene del latín "lentus" que significa lento, perezoso o calmo y corresponde a los cuerpos de aguas que llamamos normalmente como lagos, lagunas, pozas o charcos. En limnología¹, el término

¹ Rama de la ecología que se ocupa del estudio de los recursos hídricos continentales.

lótico indica cuerpos de aguas fluyentes, como los ríos, arroyos esteros y manantiales; el término lótico en latín "lotic" significa lavado.

Todos los cuerpos acuáticos, sean lénticos o lóticos, son parte de lo que hemos definido como cuenca u hoya hidrográfica. Todo lago, laguna o río son parte de una cuenca. En general los nombres de las cuencas los da el nombre del cuerpo de agua. Por ejemplo, en nuestra región la cuenca de la laguna Chica de San Pedro, la cuenca del río Duqueco, la cuenca del río Itata. En el caso de las cuencas de ríos, el nombre se lo da el último río del sistema fluvial, como es el caso de la del río Biobío, en la cual están contenidos otros ríos con sus respectivas cuencas o subcuencas, por ejemplo el río Laja y el río Duqueco, que son afluentes del río Biobío y sus respectivas cuencas son a su vez subcuencas de la cuenca del Biobío. Los ambientes lóticos pueden ser naturales o artificiales, como son los canales, zanjones o acequias de riego.

La estructura de los ríos

Un río es un curso natural, permanente, con lecho formado, de al menos cinco metros de ancho y que desagua en otro cuerpo de agua, el cual puede ser un lago, otro río o el mar; e incluso algunos pueden penetrar en el suelo y pasar a formar parte de las aguas subterráneas. Hay ríos de montaña, que se caracterizan por sus corrientes rápidas en lechos estrechos, de fuertes pendientes, aguas frías, transparentes y oxigenadas. En estos ríos su fondo es estable, generalmente conformados de cantos rodados donde crecen comunidades de organismos que se adosan fuertemente a estas rocas (organismos vegetales y animales microscópicos bentónicos) y algunas especies de peces que pueden crecer y reproducirse en estos ríos de fuerte corriente, como son las truchas salmonídeas. Distintos a estos ríos de montaña son aquellos que se llaman de llanura o áreas planas, que se caracterizan por presentar corrientes de baja velocidad, lechos anchos y escasa pendiente, aguas de mayor temperatura y en general más turbios, por el sedimento que arrastran. En general sus sedimentos de fondo son móviles y contienen una mayor proporción de materia orgánica. En este tipo de ríos las comunidades bentónicas (que habitan en el fondo), sean vegetales como animales son de composición muy diferentes a la de los ríos de montaña.

En términos más técnicos, los ríos de montaña son llamados rítrones y los de llanura, potamones. Un mismo río puede tener una parte de río de montaña y otra de llanura; en cambio otros pueden corresponder a una sola de estas categorías, En el caso del río Biobío como veremos más adelante, el curso principal corresponde a los dos tipos de ríos.

Los recursos acuáticos continentales chilenos

Chile es un país con abundantes recursos hídricos que se reparten irregularmente en su largo territorio. Estos recursos están conformados principalmente por hoyas hidrográficas de origen andino que se extienden desde la cordillera al mar y que se distribuyen paralelamente de Norte a Sur del territorio nacional.

Su uso está condicionado por la distribución que él tiene a lo largo del territorio. Las estimaciones de caudal teórico realizadas para los 36 ríos más grandes de Chile, indican que éste es de 445.000 millones de m³, que se distribuyen en 176.000 millones de m³, desde Llanquihue al Norte donde, a su vez, se concentra el 99,7% de la demanda del recurso. En cambio, desde Chiloé al Sur, el caudal de sus ríos es de 269.000 millones de m³, con una demanda de 0.3% del total nacional. Estas cifras indican una clara anomalía en cuanto a la distribución del recurso y uso de él, que es necesario tener en cuenta en la planificación de nuestro territorio.



Tributario de la parte alta de la cuenca hidrográfica del Biobío.

Otro concepto importante: Diversidad biológica

Diversidad biológica o biodiversidad se refiere a la variedad de las formas de vida: las diferentes plantas, animales y microorganismos, los genes que contienen y a los ecosistemas que ellos forman. Los procesos de evolución hacen que la diversidad biológica sea dinámica: a) Aumenta cuando se produce nueva variación genética, es creada una nueva especie o se forma un nuevo ecosistema, y b) decrece cuando la variación genética dentro de una especie disminuye, se extingue una especie o cuando se extingue un ecosistema.

La diversidad biológica se considera a tres niveles

Diversidad genética: Se refiere a la variedad de información genética contenida por las plantas, animales y microorganismos. La diversidad genética ocurre dentro y entre poblaciones de especies, así como entre especies.

Diversidad de especies: Se refiere a la variedad de las especies vivientes.

Diversidad de ecosistemas: Se relaciona con la variedad de hábitats, comunidades bióticas y procesos ecológicos, así como también en la gran diversidad presente entre ecosistemas, en términos de diferencias de hábitats y la variedad de procesos ecológicos.

¿Cuál es el número de especies del planeta?

Actualmente se conocen en el planeta 1.392.000 especies de animales, plantas y microorganismos. Sin embargo, estimaciones hechas por los científicos señalan que existirían más de 80 millones de ellas.

¿Por qué es importante la biodiversidad?

- El ser humano es dependiente para su sustento, existencia y salud, de los sistemas biológicos fundamentales y sus procesos.
- La humanidad deriva todo su alimento y muchos medicamentos y productos industriales de los componentes silvestres y domesticados de la diversidad biológica.
- A pesar que los beneficios de tales recursos son considerables, el valor de la diversidad biológica no está restringido a ellos. La enorme diversidad de la vida en sí misma tiene un valor crucial, ya que probablemente da mayor elasticidad a los ecosistemas y organismos.

¿Qué beneficios surgen de su protección?

Los beneficios que surgen de la conservación de los componentes de la diversidad biológica son innumerables, sin embargo, pueden ser considerados en tres grupos:

a) Servicios del ecosistema: Por ejemplo, la diversidad biológica ayuda a la formación y mantención de la estructura del suelo, la retención de humedad y el nivel de nutrientes. La pérdida del suelo, provocada por la remoción de la cubierta vegetal, contribuye a la salinización, lixiviación de nutrientes y aceleración de la erosión, reduciendo la productividad de los suelos. La mantención de la biodiversidad mantiene la capacidad productiva del suelo, previene los deslizamientos de tierra, disminuye la erosión y evita el embancamiento de los ríos.

b) Recursos biológicos: Por ejemplo, la mayor parte de las plantas que en la actualidad ocupan el 90% del alimento mundial, fueron domesticadas a partir de plantas en estado silvestre de los trópicos. Las especies existentes de plantas silvestres, en su mayor parte aún sin clasificar y evaluar, serán necesarias para los agrónomos e ingenieros genéticos para desarrollar nuevas variedades de cultivo, muchas de las cuales pueden convertirse en importantes fuentes de alimento. En la actualidad, la humanidad utiliza 4 especies vegetales fundamentales para su alimentación: trigo, arroz, maíz y la papa. Otro ejemplo corresponde a los recursos medicinales. Un 75% de la población mundial depende de plantas o de extractos de plantas como fuentes de medicamentos. La mitad de los fármacos que se utilizan en el mundo, contienen ingredientes activos extraídos de organismos en estado silvestre. Sólo se han buscado posibles usos médicos en unas 5.000 de las 250.000 especies vegetales que se estima existen en el mundo.

c) Beneficios sociales: Las culturas humanas evolucionan con su ambiente y la conservación de la biodiversidad es importante en mantener la identidad cultural de los pueblos. El ambiente natural ha sido fuente de inspiración, estética y esparcimiento de las personas, en la actualidad y en el futuro.

Otro beneficio de la conservación, son los costos evitados al prevenir antes que reparar el deterioro ambiental. De lo contrario se incurre en gastos para la restauración ambiental y en pérdidas de la productividad. La conservación de la biodiversidad se traduciría en un ahorro de divisas para el país, lo que permitiría utilizar estos recursos en otras áreas de interés, como son la inversión social o programas de desarrollo.

¿Cuál es la situación de la diversidad biológica?

Actualmente la sobre explotación de los bosques, la contaminación y la destrucción de los hábitats naturales, están causando la extinción de sobre 100 especies diarias. Miles de ellas desaparecen de la tierra antes que sus potenciales beneficios para la humanidad sean conocidos (medicinales, alimentación, etc.).

La biodiversidad de la cuenca del Biobío según Pablo Neruda

Volví a mi tierra verde
y ya no estaba,
ya no
estaba
la tierra,
se había ido.
Con el agua hacia el mar
se había marchado.
Espesa
madre
mía,
trémulos, vastos bosques,
provincias montañosas,
tierra y fragancia y humus:
un pájaro que silba,
una gruesa gota
cae,
el viento
en su caballo
transparente,
maitenes, avellanos,
tempestuosos raulíes,
cipreses plateados,
laureles que en el cielo
desataron su aroma,
pájaros de plumaje
mojado por la lluvia
que un grito negro
daban
en la
fecundidad
de la espesura...



Capítulo 2

LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BIOBÍO COMO SISTEMA NATURAL

Los recursos acuáticos continentales de la región del Biobío

La Región del Biobío comprende una superficie de 36.007 km² que corresponde al 4.7% del territorio continental chileno, incluyendo las áreas insulares de las Islas Quiriquina, Santa María y Mocha. Los recursos hídricos de la región del Biobío están asociados a la presencia de dos grandes hoyas andinas, Biobío e Itata, y de algunas cuencas costeras de importante influencia en el área litoral, que alberga una gran concentración urbano-industrial. Estas cuencas costeras son las de los ríos Andalién, Carampangue, Paicaví y Lebu. Además de estos sistemas fluviales, la región del Biobío cuenta con importantes recursos hídricos lacustres, entre los cuales destacan los lagos Icalma y Galletué, lagos de origen del río Biobío, y el lago Laja, conocido también como la laguna del Laja. Esta masa de agua origina el sistema fluvial del río Laja.

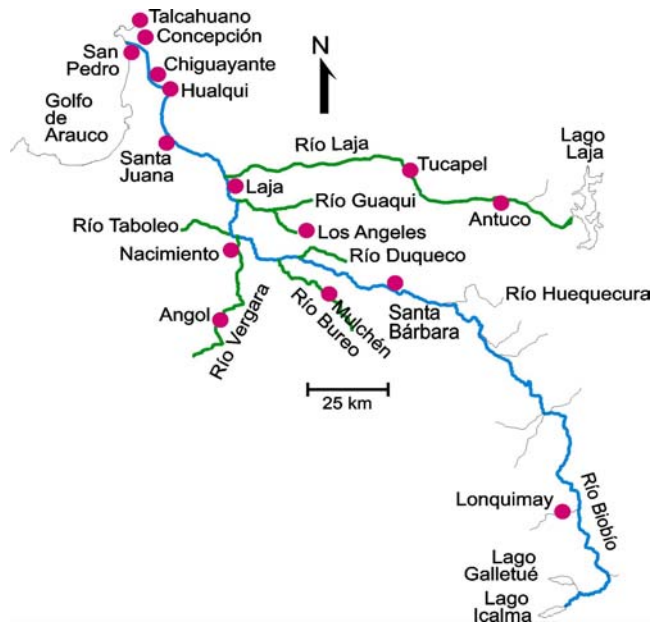
La cuenca hidrográfica del río Biobío

La hoya del río Biobío, es la tercera mas grande del país, después de las de los ríos Loa y Baker. Se extiende, entre los 36° 45' y los 39° de latitud sur, sobre un área de 24.260 km² que incluye parte de las VIII y IX regiones de Chile, conocidas como Región del Biobío y Región de la Frontera, respectivamente. Esta área corresponde aproximadamente al 3% de la superficie continental del país; el 72% de la superficie de la cuenca está ubicada dentro de la VIII Región, mientras el restante 28% se encuentra en la IX Región. La cuenca hidrográfica contiene 15 subcuencas menores, sometidas a la influencia de distintos ambientes y factores geográficos; por lo tanto, la dinámica del sistema es muy variable desde el inicio de su curso hasta su desembocadura. De estas subcuencas, las principales corresponden a las del Alto Biobío y las de los ríos Duqueco, Bureo, Vergara y Laja. El régimen hidrológico de la hoya en el alto Biobío es más bien nival, pero ya en el curso medio, al recibir aportes pluviales, pasa a régimen mixto.

Los principales lagos presentes en la cuenca del río Biobío

En la parte alta de la cuenca del río Biobío, se distinguen claramente tres cuerpos de aguas que dan origen al sistema fluvial del río Biobío, éstos son los lagos Galletué e Icalma, que son vertientes de origen del Biobío, y el lago o la Laguna Laja, que a su vez origina el río Laja, que corresponde al principal afluente del río Biobío. Estos tres cuerpos de aguas lacustres, son llamados vulgarmente como lagunas; pero en estricto rigor científico, corresponden a lagos, debido a que, entre otras características, éstos durante los periodos de primavera y verano sufren un proceso de estratificación térmica de la columna de

agua, como consecuencia del calentamiento superficial del cuerpo de agua por incremento de la temperatura estacional y por las profundidades que ellos poseen. Los tres lagos, Galletué, Icalma y Laja, por sus características físicas, químicas y biológicas son clasificados como lagos oligotróficos, es decir lagos con aguas de buena calidad, que presentan aguas con bajas temperaturas, transparentes, bajas concentraciones de fósforo y nitrógeno, baja densidad de poblaciones planctónicas (fitoplancton y zooplancton), fauna íctica con predominancia de especies nativas, entre ellas truchas salmonídeas.



Cuenca hidrográfica del río Biobío y sus principales centros poblados. En celeste se muestra el río Biobío y en verde sus principales afluentes.

a) El lago Laja

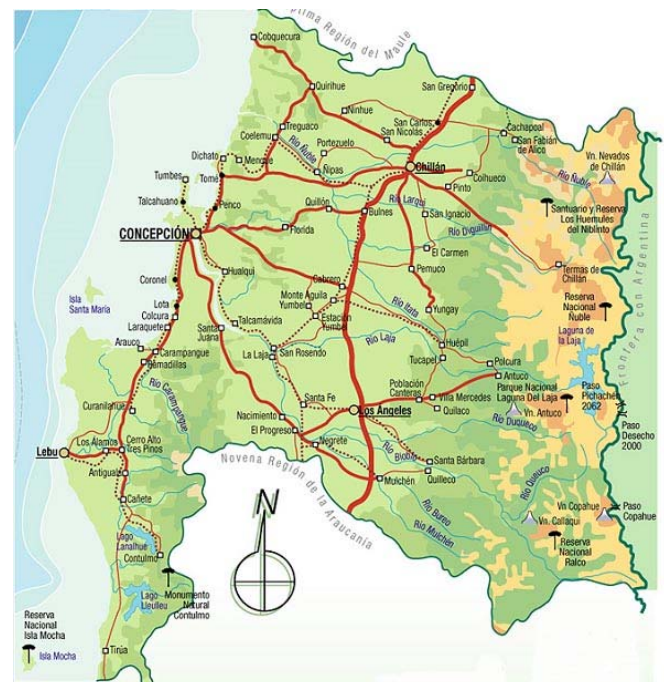
El lago (o laguna) de la Laja está ubicado en plena cordillera andina a 1.360 m.s.n.m. y tiene su origen en la acción del volcán Antuco con una superficie aproximada de 132 km². De este lago nace el río Laja, que corresponde al principal tributario del río Biobío. El vaso que ocupa actualmente este lago formaba parte del antiguo valle del río Laja, el que fue bloqueado hace unos doscientos mil años por flujos de lava provenientes de las erupciones de los volcanes predecesores del Antuco. Estos flujos formaron una verdadera presa de lava, tras la cual se embalsaron las aguas del río, dando así origen a un lago similar al actual, pero cuyo nivel era unos cien metros más alto. Con posterioridad, durante las épocas glaciales, los grandes ventisqueros que ocuparon este vaso erosionaron la presa de lava, rebajando su altura a una inferior a la que se observa en la actualidad. Finalmente, las erupciones del volcán Antuco, especialmente las de mediados del siglo pasado, la modelaron hasta dejarla con el aspecto que tiene en la actualidad. Debido a la naturaleza permeable propia de las lavas que forman esta presa natural, del orden del 40% de las aguas afluentes al lago Laja se filtran a través de ella para

aflorar varios kilómetros aguas abajo, en el lugar conocido como los "Ojos de Agua". Estas filtraciones, si bien dependen del nivel del lago, el cual, a su vez, está mejor influido por el tipo de año hidrológico que se trate, existen siempre y alimentan constantemente al río Laja, dándole una regularidad inusual a su caudal, característica que lo hace especialmente atractivo para su aprovechamiento en producción de energía hidroeléctrica. El volumen del lago se maneja artificialmente con el fin de producir energía eléctrica. Lo anterior es muy significativo en la gestión del Sistema Interconectado Central (SIC) que distribuye la energía eléctrica a lo largo del país.

b) Los lagos Galletué e Icalma

El lago Galletué es de origen glaciar y es el sitio donde nace el río Biobío. Se ubica casi por completo en la llanura de la zona fronteriza de Liucura, a 1.150 m.s.n.m. en el mismo meridiano del lago Icalma y unos pocos kilómetros más al Norte que éste. El Galletué posee una extensa área de drenaje (320 km²) representada por dos ríos principales que son el Ñirreco y el Miraflores (el Ñirreco resulta de la confluencia del río Zamueco con el Quinquén). Este lago tiene una superficie de 12,5 km² y una profundidad de ca. 50 m, con un volumen de 400·10⁶ m³. La ubicación del Galletué en la llanura del Liucura sería la causa de que su profundidad no sea tan alta como la del Icalma.

El lago Icalma, también de origen glaciar y se ubica en la cota 1.150 m.s.n.m. Tiene una superficie de 11,7 km², incluida la Laguna Chica de Icalma. El cuerpo principal tiene una superficie de 9,8 km², una profundidad máxima de 135 m, una profundidad media de 66 m y un volumen de 650·10⁶ m³. Su área de drenaje es de 150 km², y posee dos afluentes principales son el río Huillinco y el Icalma, de corta trayectoria (cerca de 14 km de largo). Su efluente, el río Rucanuco, entrega sus aguas al río Biobío aproximadamente 10 km aguas abajo de su nacimiento.



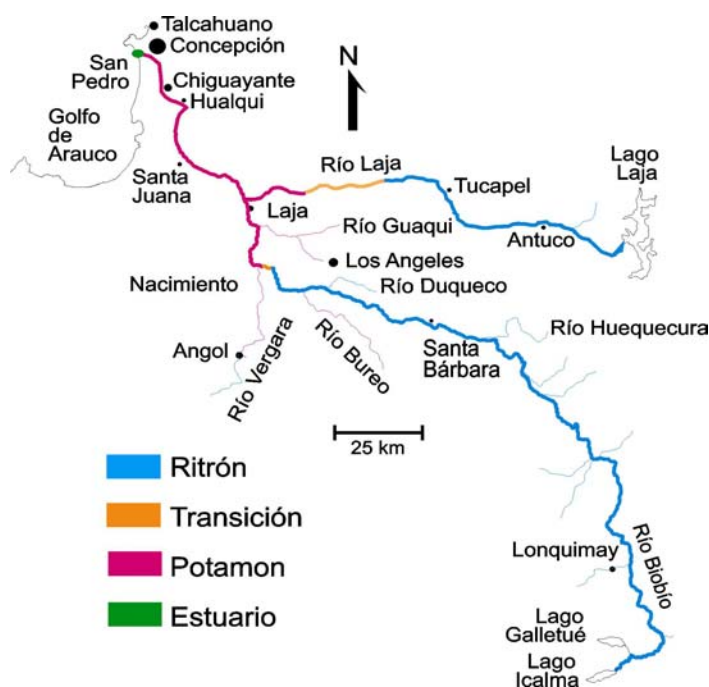
La cuenca hidrográfica del río Biobío es un elemento relevante de la VIII Región.

Estructura del ecosistema fluvial

1) Estructura física: Morfología e hidrología

La zonación longitudinal del río Biobío: Las áreas ritrales y potamales

En general, los ríos en Chile por las características morfológicas de su territorio, presentan una marcada curva cóncava con una pendiente superior y otra inferior. La parte superior corresponde a los ríos que tienen su origen en la cordillera y en la precordillera, y la parte inferior, a los ríos que atraviesan el Valle Central y llegan al mar. Dadas estas diferencias en la pendiente, las áreas ritrales (de gran pendiente) poseen aguas turbulentas de elevada velocidad, frías y ricas en oxígeno disuelto, que se deslizan sobre fondos rocosos, mientras que las áreas potamales (de baja pendiente), poseen flujos laminares de baja velocidad, más templadas y más pobres en oxígeno disuelto, que recorren fondos arenosos y fangosos. Este esquema es aplicable al río Biobío, siendo la parte superior del curso del río (aproximadamente desde Santa Bárbara hacia arriba) la correspondiente a ritrón y la parte inferior desde Nacimiento hasta su desembocadura la parte potamal. El segmento del río entre Santa Bárbara y Nacimiento, lo clasifica como un segmento de transición entre ambos sectores.



Principales zonas ecológicas acuáticas, en la cuenca del Biobío.

Fisiografía

Como se indicó, la hoya del río Biobío, corresponde a una hoya andina que recoge las aguas de más extensa zona cordillerana que abarca desde el paralelo 37° S al 39° S. El Biobío desde su nacimiento en el lago Galletué recorre un curso de 380 km con una dirección SE-NO, y desemboca en el lado norte del Golfo de Arauco en el Océano Pacífico. El curso superior del Biobío, considerado a partir de la cota de 200 m.s.n.m., presenta una pendiente media de 4,5%. En un trayecto algo más de 200 km a partir del lago Galletué a una altura de 1.150 m.s.n.m. A partir de aquí el Biobío va perdiendo altura, manteniendo en total un promedio bajo.

El río Biobío nace rodeado de relieves de alturas de más de 1900 m, en la laguna Galletué a una altitud de 1160 m.s.n.m. A unos 10 km aguas abajo, recibe el aporte de las aguas del lago Icalma, a través del río Rucanueo. En este primer tramo, el río drena una zona de estepa andina. En el sector de Liucura recorre la amplia depresión estructural del Lonquiniay, cuyos fondos aterrizados se presentan, por lo general, sometidos a un uso agropecuario extensivo. En su recorrido hasta la confluencia con el río Lomín, el Biobío atraviesa el piso boscoso andino poblado. Los ríos afluentes incorporados en este largo recorrido andino son por el lado oriental y norte, los ríos Liucura, Rahue, Ranquil, Lonún, Pangué, Queuco y Huequecura, y por el lado occidental y sur, los ríos Lonquimay, Lolco, Vinucura, Butaco y Lirquén. La mayor intensidad de las lluvias en el cordón limitrofe de la cuenca; hace que los afluentes del lado oriental sean más numerosos y caudalosos que los del lado occidental. Del río Rahue hasta su nacimiento en la laguna Galletué, el río Biobío discurre por un valle relativamente ancho; en cambio, hacia la depresión intermedia, lo hace muy encajonado y las aguas ganan gran velocidad con el aumento de pendiente. Es en este sector donde este río dispone de bellezas espectaculares y su mayor valor para el deporte del rafting, que alcanza fama mundial.

Entre Santa Bárbara y Negrete, el Biobío recibe los aportes por el norte de la subcuenca del Duqueco, y por el sur, los aportes de las subcuencas de los ríos Bureo y Mulchén, a través de los ríos de los mismos nombres. El río Duqueco, se alimenta de la fusión de los glaciares de Sierra Velluda. En el sector de Nacimiento, que corresponde a su curso medio, recibe al río Vergara, que es su tributario meridional más importante; al cual a su vez, se le une el Malleco, el cual trae las aguas de las laderas occidentales de la Cordillera de Pemehue. Más al noroeste, el río Vergara, recibe al Renaico, que tiene la misma procedencia del río Malleco. La subcuenca del río Vergara, típicamente preandina y de alimentación fluvial, constituye un aporte importante para los gastos líquidos y sólidos del Biobío en su curso inferior.

El río Laja, corresponde al principal tributario del río Biobío, que como se indicó nace en la laguna del mismo nombre, está ubicada en plena cordillera andina, a más de 1360 m.s.n.m. Luego de la confluencia del río Laja con el río Biobío se encuentra la Cordillera de la Costa, modelada gracias a la acción que tuvo el Biobío en épocas geológicas pasadas. Estas serranías son de escasa altura, las que en general no sobrepasan los 330 m hasta llegar a la ciudad de Concepción, donde el río alcanza su ancho máximo, aproximadamente 2.300 m. En su paso por la

Cordillera de la Costa, el río Biobío recibe los drenes de este macizo entre los que destacan, por el lado oriental, los ríos Guaqui, Gomero, Estero Quilacoya y río Hualqui y por el lado occidental, el río Tavoleo y río Rele.

Entre San Rosendo y la desembocadura, el río Biobío recorre 80 km con una pendiente suave de apenas 0,05%, la cual favorece la formación de meandros y la sedimentación. Al final de su recorrido desemboca en el mar, al costado sur de las ciudades de Concepción y Talcahuano. En este lugar, una importante barra obtura la salida e impide la navegación de embarcaciones incluso de escaso calado.



Curso medio del río Biobío recorriendo la zona de transición ritrón – potamón. A la derecha se observa la ciudad de Negrete y el río Vergara.

Hidrología

El caudal promedio del Biobío en su nacimiento es de 30 m³/s. Después de discurrir 380 km el río alcanza el Golfo de Arauco, cerca de la ciudad de Concepción. El caudal medio anual en la desembocadura varía entre 300 y 900 m³/s. En su desembocadura suele presentar normalmente crecidas de hasta 8.000 m³/s. Pero se estima que podrían registrarse crecidas sobre los 17.000 m³/s, al menos, una vez cada cien años. La hidrología del cauce principal y de sus afluentes, sigue comportamientos diferentes debido a las distintas unidades morfológicas presentes (Cordillera de los Andes, Valle Central o Depresión Intemedía y Cordillera de la Costa) que influyen en la precipitación nival y/o pluvial, en toda la extensión de la cuenca. Además, las formaciones

geológicas existentes influyen de manera diversa en los aportes de aguas subterráneas a los cauces superficiales.

Tomando los caudales medios mensuales medidos en la estación Biobío en Desembocadura, perteneciente a la Dirección General de Aguas (DGA), se observa que el régimen del río es del tipo pluvio-nival, con un caudal máximo medio mensual de aproximadamente 2.200 m³/s en los meses de junio-julio, que corresponde a los meses de máximas precipitaciones en la cuenca. Los caudales mínimos medio mensuales se ubican en los meses de marzo-abril con valores cercanos a los 180 a 220 m³/s, cuando se termina el verano y aún no se registran las primeras precipitaciones. Este caudal mínimo se mantiene gracias a algunos aportes nivales remanentes y a la napa.

El río Laja en Tucapel, con una cuenca de 2.680 km², posee caudales medios anuales de 170 m³/s. El río Laja y el Biobío en el Alto Biobío presentan una alta correlación en sus caudales proporcionalmente a sus áreas, ya que en ambos casos sus cabeceras corresponden a zonas cordilleranas y ambas cuencas presentan un régimen pluvio-nival. Las precipitaciones, que se producen en las zonas que se originan sus ordenes jerárquicos inferiores (ríos de primer y segundo orden), son bastante similares. Si bien, la alta meseta de Lonquimay, en donde nace el Biobío, registra valores de precipitación bajo los 2.000 mm, el resto de su curso alto disminuye por sectores, con precipitaciones que suben hasta hacerse mayores a 4.000 mm anuales. En el caso del río Laja, las fuentes de origen de éste recogen las aguas de escorrentía de zonas con precipitaciones que sobrepasan los 4.000 mm anuales.

En resumen, la subcuenca central del Alto Biobío representa aproximadamente, el 65% del caudal total del Biobío en su desembocadura. El Laja aporta un 20% del caudal, correspondiendo el resto, de un 15% al Vergara y otros ríos menores. Se ha calculado que el sistema fluvial del río Biobío, estaría conformado por alrededor de 15.000 ríos de primer hasta el noveno orden, que corresponde al orden del curso principal. Cada uno de estos quince mil ríos tiene su propia cuenca.

Los sedimentos del lecho del río

A lo largo del curso principal del río Biobío, se distinguen dos grandes segmentos sedimentarios: a) el curso superior del río, con un sustrato formado, principalmente por clastos redondeados (bolones) y b) el curso inferior, dominado por arenas medias. Al comparar con otros ríos, es interesante la ausencia temporal de sedimentos de texturas finas (fango), que son importantes debido a las relaciones que tienen con los contaminantes, ya que sirven de transportadores de éstos, especialmente los de carácter hidrofóbico.

Los valores de gastos de sólidos por arrastre de fondo del río Biobío oscilan entre 9.70 y 15.78 millones de toneladas por año. En relación al gasto de sólidos por arrastre en suspensión, se estiman 5.94 millones de toneladas por año. Los datos de sólidos en el río Biobío entre los años 1964 y 1988 oscilan entre 3.58 a 33.75 millones de toneladas años. Estas cifras son elocuentes con respecto a la importancia del río como sistema evacuador de sólidos al Golfo de Arauco.

2) Estructura biológica: Biodiversidad del río Biobío y sus lagos cordilleranos

Tan importante como el estudio de los parámetros físicos y químicos que definen la calidad del agua del río, son las comunidades de organismos o biota que habitan el río. Existe una estrecha relación entre las condicionantes físico-químicas de las aguas y la biota animal o vegetal presente. A cada tipo de calidad de agua corresponde una biota específica. En general, el estudio de las poblaciones que conforman las diversas comunidades del río, entrega importante información sobre el grado de contaminación del río e incluso, los sistemas de clasificación de la calidad del agua basado sobre las poblaciones biológicas, se considera de mayor sensibilidad y exactitud. El estudio de los efectos de la contaminación sobre la biota acuática, permite hacer extrapolaciones a la población humana. De ahí, entonces, la importancia de los estudios que se realicen sobre las diversas comunidades a lo largo del río. Las comunidades acuáticas que se consideran en un sistema fluvial son las siguientes:

a) Macrófitas acuáticas

Dada la anatomía y fisiología de las macrófitas acuáticas, estas se desarrollan fundamentalmente en los sectores de baja velocidad de la corriente, tales como en algunos sectores de la parte baja del río Biobío, y en los lagos cordilleranos Galletué e Icalma. La zona litoral es una interfase entre la cuenca de drenaje y el sistema acuático. La flora litoral es la principal sintetizadora de materia orgánica contribuyendo significativamente a la productividad del ecosistema acuático y a la regulación del metabolismo de todo el sistema. Las plantas superiores evolucionaron en tierra firme, aunque posteriormente, algunas de ellas se adaptaron a vivir en los ríos, lagos y océanos. Algunas colonizaron aguas profundas y se enraizaron en los fondos lodosos. Otras viven en las orillas, mitad dentro y mitad fuera del agua. Unas pocas especies abandonaron la tierra por completo y viven flotando en el agua. Cada una de estas transiciones generaron cambios fascinantes en la anatomía de las plantas. Numerosas plantas acuáticas, también llamadas hidrófitas (hidro= agua, fita= planta), presentan el tallo fino y flexible así como las hojas acentuadas, lo que les permite soportar el empuje constante de las corrientes. Ciertas pequeñas hidrófitas flotantes carecen por completo de raíces y absorben el agua a través de las hojas. Las hidrófitas enraizadas en tierra poseen pequeñas cámaras de aire en el interior del tallo, que les permiten mantenerse derechas y flotar. Estos tallos y las hojas llenas de aire contribuyen además, a hacer llegar el oxígeno a las raíces.

Las hidrófitas sumergidas crecen bajo el agua, las plantas flotantes suspenden las hojas altas en la superficie y las emergentes parten del fondo y sobresalen por encima del agua. De la vegetación acuática uno de los rasgos más sobresalientes es la zonación de formas de vida que se visualizan paralelas a la ribera. En algunos sectores de la parte baja del río Biobío así como en los lagos Galletué e Icalma, se puede identificar una secuencia que es bastante

típica; las aguas costeras más profundas han sido invadidas por una población de *Egeria densa*, hidrófita sumergida, arraigadas al sustrato. Sucede a ellas especialmente en áreas menos profundas, una población de plantas de hojas flotantes constituidas por *Limnobium laevigatum*, *Hydrocotyle sp.*, *Ludwigia stolonifera*, *Azolla filiculoides* y como plantas emergentes, los junquillos, totorales y batros, *Scirpus californicus*, *Juncus sp.*, *Thypha domingensis*. Son precisamente estas áreas las que en forma más directa sufren del impacto de las perturbaciones causadas por el hombre.

b) El Plancton

El plancton es la comunidad acuática que vive suspendida en la columna de agua. En la cuenca hidrográfica del río Biobío estos organismos son abundantes en las aguas de baja velocidad de la corriente como en los lagos Laja, Galletué e Icalma, y en algunos sitios de remansos en el curso inferior del río Biobío. En las aguas turbulentas del curso superior y medio del Biobío este tipo de organismos son escasos. Los productores (el fitoplancton), constan de un conjunto de pequeñas microalgas con capacidad de locomoción restringida o nula y cuya distribución está más o menos sujeta a los movimientos de agua. A causa de que la fotosíntesis en el agua abierta es mantenida sólo por estos organismos, son la base energética de la que depende el resto de la vida acuática, especialmente en los sistemas lénticos.

Clasificación del plancton según el grupo que lo integra

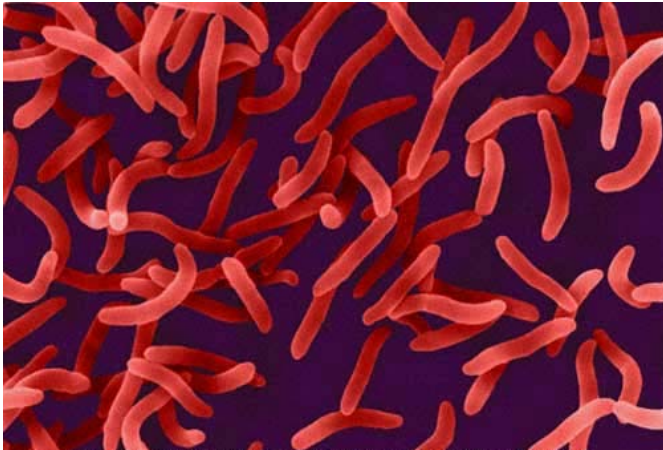
- Bacteriano (*bacterioplancton*) con cocos, bacilos, vibriones.
- Protista (*fitoplancton*) fundamentalmente representado por algas verdes-azules y diatomeas.
- Animal (*zooplancton*) sobre todo con rotíferos y copépodos.

Bacterioplancton

Uno de los mecanismos que utiliza el río para mantener la homeostasis (estabilidad) del sistema, es la capacidad asimilativa de la masa de agua. Esta actividad metabólica, propia de los ríos, es realizada en parte importante por las comunidades heterotróficas fúngicas (hongos) y bacterianas naturales, que degradan los compuestos químicos naturales del río y aquellos compuestos contaminantes incorporados por la actividad humana. Se sabe que importantes volúmenes de agua, tanto de desechos industriales como domésticos, se vierten directamente y usualmente, sin tratamiento previo a las aguas del río Biobío. Por esto, cuando el río se aproxima a los centros urbanos e industriales, las características de las comunidades bacterianas naturales son modificadas.

Las características del ambiente acuático están determinadas, en gran medida, por las propiedades y actividad de los microorganismos que proporcionan condiciones para la existencia de otras formas de vida. Por ello, cuando los ríos reciben efluentes municipales e industriales pueden introducir sustancias que modifican su condición natural y afectar la viabilidad y sobrevivencia de las bacterias y otros componentes de la biota acuática. Por otra parte, las bacterias alóctonas (que vienen desde afuera) constituyen uno de los contaminantes

biológicos más importantes de los sistemas acuáticos, y su incorporación a ellos se realiza principalmente por la descarga de desechos domésticos a través de los emisarios de alcantarillado. En el río Biobío se han demostrado los cambios que producen los afluentes de las industrias de celulosa en la biomasa, productividad y diversidad metabólica de las comunidades de bacterias heterotróficas aeróbicas y determinaron la población bacteriana del río Biobío. Con respecto a los índices de contaminación fecal, desde su curso medio superior hasta su desembocadura, los recuentos de bacterias indicadoras de contaminación fecal, se incrementan notablemente en la proximidad a la ciudad de Concepción.



Ejemplos de células que componen el bacterioplancton.

Fitoplancton

La característica primordial del fitoplancton es la coexistencia simultánea de numerosas poblaciones de especies en un mismo hábitat acuático. Todo el medio acuático se encuentra sustentado en parte por la importante biomasa fitoplanctónica, sobre la cual sustenta la vida animal (zooplancton, larvas de insectos, moluscos, peces, aves, etc.). Algunos de los grupos importantes que se encuentran en ecosistemas dulceacuicolas son los siguientes:

CYANOPHYCEAE: Esta división pertenece al Reino de los Procariotas (Monera), al igual que las bacterias. Sus células son de un color azul verdoso a violeta. Las células contienen sólo clorofila a. Las algas azules pueden ser unicelulares, formadoras de cenobios (o colonias) o filamentosas. No presentan ningún tipo de células flageladas. Las especies de esta división se encuentran distribuidas en todas partes y pueden habitar diferentes biotopos, ya sea en aguas continentales, marinas, tierra húmeda y biotopos de condiciones extremas (glaciares y termales). La mayoría de las especies son, sin embargo, de aguas dulces, principalmente de ambientes lénticos o de aguas que se mueven muy lentamente.

CHRYSOPHYCEAE: Las especies de esta división pertenecen al reino de los Protistas. Son organismos flagelados, unicelulares o formadores de colonias. Los

cloroplastos son de un color amarillo dorado o café debido a que la clorofila (a y c) está enmascarada por un pigmento accesorio, la fucoxantina. En su mayoría son algas dulceacuicolas, aunque pueden estar presentes en aguas salobres y marinas. Este grupo asume un rol importante en la composición del nanoplancton, el cual es importante en la producción primaria de algunos cuerpos de agua.

CRYPTOPHYCEAE: Su estructura unicelular posee dos flagelos, ambos emergen de la base del reservorio. El cloroplasto puede ser azul, azul verdoso, rojizo, café rojizo, verde oliva, café o amarillo café. El color es consecuencia del enmascaramiento de la clorofila por diferentes pigmentos accesorios, los que se encuentran en diferentes proporciones. Junto a la clorofila a, puede existir clorofila c; pero nunca clorofila b. Casi todas las Cryptophyceae son flageladas unicelulares, de las cuales algunas pueden formar estados capsales.

EUGLENOPHYCEAE: Presentan casi siempre dos flagelos, de los cuales uno es muy corto y permanece totalmente en el interior de la ampolla (invaginación en forma de botella que se encuentran en la parte anterior de las células). Son principalmente de agua dulce. Sus células están construidas espiralmente. Debido a que las clorofilas no están enmascaradas por los pigmentos accesorios, los cloroplastos son de color verde. Los cloroplastos contienen clorofila a y b.

BACILLARIOPHYCEAE: También de la división *Chrysophytas* y comúnmente llamadas diatomeas. La mayoría son unicelulares solitarios, pero algunos forman colonias. Ellas se encuentran en el mar, en aguas dulces y en tierra húmeda o seca. En las aguas continentales, las diatomeas son importantes componentes del fitoplancton. Para las formas planctónicas, la relación superficie-masa corporal es a menudo muy grande, lo cual favorece su flotabilidad.



Diatomea, un componente importante del fitoplancton y fitobentos.

DINOPHYCEAE: Las microalgas de este grupo poseen 2 flagelos, uno transversal que se movilizan un plano perpendicular al eje longitudinal orientado hacia atrás. El flagelo transversal lleva una hilera de pelos y el longitudinal dos. Ambos flagelos emergen generalmente de la pared ventral de la célula.

En la línea ecuatorial de la célula se encuentra un surco transversal (cíngulo) en donde va el flagelo transversal. En la parte ventral; se encuentra un surco longitudinal (sulcus) donde yace el flagelo longitudinal. Los cloroplastos son generalmente café ya que la clorofila está enmascarada por los pigmentos accesorios café, y amarillo. A veces los cloroplastos también pueden ser de color verde. La clorofila *a* es para este grupo la más importante. La clorofila *c* está presente en algunas especies. La mayoría de las Dinofíceas son flagelados unicelulares.

CHLOROPHYCEAE: Las células flageladas, presentan sus flagelos estructuralmente iguales. Las células biflageladas tienen en general simetría bilateral. Existen células que poseen varios flagelos alrededor de la célula y son radialmente simétricas. Incluyen formas unicelulares coloniales y multicelulares, de agua dulce y marinas. La clorofila presente en el cloroplasto, no está enmascarada por pigmentos; se encuentran clorofila *a* y *b*.

Zooplankton

En la cuenca hidrográfica del río Biobío, el zooplankton consta de unas pocas especies de copépodos, cladóceros y rotíferos, los cuales son de gran importancia. Estos organismos obtienen materia y energía del fitoplancton, de bacterias y del detritus orgánico. La comunidad zooplanktónica puede considerarse como un componente pivote porque constituye un paso obligado de la energía desde los productores primarios hacia los eslabones superiores (especialmente para los primeros estados del desarrollo de los peces), los que a su vez son importantes como reguladores del ecosistema. Los principales grupos presentes son los siguientes:

COPEPODOS: Se caracterizan por tener un cuerpo alargado, cilíndrico y claramente segmentado, dividido en cabeza, tórax y abdomen. La región torácica comprende siete segmentos, y el abdomen posee generalmente cuatro segmentos. El último segmento torácico (genital) se encuentra unido al primero abdominal. Por lo general se divide el cuerpo en dos regiones: metasoma (cabeza y tórax) y urosoma (abdomen). Se alimentan por filtración del plancton, en donde combinan su alimentación por captura de presa y por filtración. La mayoría de los ciclopoideos son más bien carnívoros, aunque existen especies que incluyen en su dieta materia orgánica particulada. Las principales especies presentes pertenecen al Suborden Cyclopoida.

CLADOCEROS: El cuerpo de los organismos de este orden, no se encuentran claramente segmentados y en la mayoría de ellos, la región torácica y abdominal se encuentran cubiertas por un caparazón bivalvo. En la superficie de las valvas existen numerosos tipos de marcas, tales como reticulaciones, estriaciones, etc.; en muchas especies el extremo posterior de las valvas posee una espínula o espina. Los cladóceros poseen 5 ó 6 pares de patas torácicas lobadas con numerosas sedas y pelos. El verdadero abdomen está suprimido, pero existe un gran postabdomen en el extremo posterior del cuerpo.



Microcrustáceo que forma parte importante del zooplankton.

La mayoría de los cladóceros son herbívoros, usando sus patas torácicas para producir corrientes constantes de agua entre las valvas, de manera de filtrar las partículas de alimento provenientes del ambiente. Las familias y especies más comunes en la cuenca son las siguientes: *Daphnia ambigua* (Familia Daphnidae), *Cerodaphnia dubia* (Familia Daphnidae), *Eubosmina hagmanni* (Familia Bosminidae), *Alona guttata* (Familia Chydoridae) y *Chydorus sphaericus* (Familia Chydoridae).

c) Bentos

Las comunidades bentónicas son aquellas que viven asociadas al sustrato de fondo (rocas, fango, troncos, otros organismos, etc.). El bentos vegetal se denomina fotobentos o perifiton y el bentos animal zoobentos.

Fitobentos

Las microalgas pueden agruparse en dos grandes comunidades o complejos de comunidades: el fitoplancton (ya descrito), que es la comunidad de organismos libre flotantes, errantes y el fitobentos, término colectivo que incluye a todas las asociaciones de algas que no están flotando libremente en las aguas, es decir, están fijos a un sustrato natural o artificial o bien se movilizan sobre él. Un término que comúnmente se confunde con fitobentos es el de perifiton, que algunos ficólogos, lo utilizan sólo para referirse a organismos algales que crecen sobre sustratos artificiales. Las microalgas bentónicas que habitan en los ríos son las responsables de la producción primaria, es decir los organismos que realizan el proceso de la fotosíntesis y constituyen el primer eslabón de las cadenas tróficas en el ambiente acuático. Lo anterior es particularmente importante en las aguas turbulentas donde el fitoplancton es escaso. Los ríos que están sujetos a una fuerte presión de usos (hidroeléctrico, riego, industrial, urbano, etc.), como es el caso del Biobío, exhiben muchas modificaciones de las características físicas y

químicas que influyen a tu vez fuertemente sobre las comunidades algales, fundamentalmente en la composición taxonómica, abundancia y distribución espacial y temporal de las especies, lo cual repercute directamente sobre otros organismos que habitan en los ríos, tales como macroinvertebrados y peces.

Las algas más importantes, como componentes del fitobentos del río Biobío, pertenecen generalmente a las clases *Bacillariophyceae* (diatomeas), *Chlorophyceae* (algas verdes) y *Cyanophyceae* (algas verde azules). Las comunidades de algas bénticas son importantes productores primarios, particularmente en hábitats poco profundos.

En el río Biobío se ha identificado un total de 252 taxa de fitoplancton y fitobentos, de las cuales las *Bacillariophyceae* constituyeron el grupo de mayor riqueza específica con 115 especies, seguidas por las *Chlorophyceae* con 104; *Cyanophyceae* con 22, *Cryptophyceae* con 4, *Euglenophyceae* con 4, *Chrysophyceae* con 2 y *Xanthophyceae* con 1. La mayoría de las diatomeas se encuentran habitando en el fitobentos y el fitoplancton; no ocurre lo mismo con los otros grupos taxonómicos que aparecen más selectivos. Las características de las microalgas del río Biobío pueden ser resumidas como sigue:

- El componente fotoautotrófico (fitobentos) del río Biobío presenta una importante riqueza específica.
- Las diatomeas constituyen el grupo con el mayor número de especies, seguido de las algas verdes y las algas verde azules.
- La mayoría de las especies de fitoplancton, particularmente las diatomeas, están también presentes en el fitobentos tanto de la parte rítral como potamal del río.
- Los efluentes urbanos e industriales afectan la composición, abundancia y distribución de algunas especies de microalgas, constituyendo estos organismos importantes elementos indicativos de contaminación.

Zoobentos

En las aguas corrientes, como los ríos, los organismos que mejor reflejan la calidad del agua son los que mantienen su posición física en el río. Estas son las comunidades bénticas que viven directamente en, o sobre el fondo, sujetos a objetos fijos como las plantas u otros organismos y sustratos no vivos naturales o artificiales. El estudio de las comunidades bénticas, en especial aquellos referidos al macrozoobentos son de gran utilidad para la clasificación de la calidad de las aguas y para el monitoreo y control de la contaminación acuática. Esto es debido a: (i) son organismos susceptibles de ser afectados por la actividad humana, (ii) son importantes como eslabones en la cadena trófica, (iii) son organismos sedentarios, (iv) presentan una distribución relativamente homogénea a una mesoescala espacial, (v) los organismos que lo componen tienen una relativamente alta longevidad, lo que les permite acumular efectos de contaminación a lo largo del tiempo. Existen dos tipos de factores que determinan la presencia y abundancia de las

especies o poblaciones que integran el zoobentos, aquellos que determinan la calidad del agua y aquellos que no la determinan. Entre los primeros están: seston o sólidos suspendidos, color, turbidez, nutrientes y enriquecimiento orgánico, oxígeno disuelto, temperatura, pH, dureza y sustancias tóxicas producto de las actividades humanas. En cambio, factores como la luz, profundidad de la columna de agua, velocidad de la corriente no son parámetros que determinen su calidad. La mayoría de estos factores interactúan en mayor o menor grado, o tienen efectos directos notorios sobre la composición y la abundancia del bentos. Para el río Biobío se han descrito 89 especies de macroinvertebrados bénticos, la mayor parte de los cuales corresponde a estados inmaduros de insectos acuáticos. Los órdenes dominantes dentro de los insectos, son los *Plecoptera* con 16 especies, *Diptera* con 15 especies, *Trichoptera* con 14 especies, *Ephemeroptera* con 12 especies y *Coleoptera* con 12 especies. En la distribución del zoobentos, en el curso principal del río Biobío, se pueden distinguir tres sectores en base a especies que muestran una distribución muy restringida a estos sectores. Sin embargo, existen otras que muestran una amplia distribución a lo largo del río. La distribución de la mayoría de las especies, aparece ligada a factores tales como tipo de sustrato, grado de exposición a la radiación solar y tipo de entorno de los segmentos del río estudiados. Las especies asociadas al sector medio alto del río, son las más sensibles a los cambios ambientales provocados por los efluentes industriales y urbanos. En la parte baja del río, fuera de los efectos de los factores anteriores, el sustrato (arenas móviles) es la limitante más seria para la existencia de esta comunidad en la parte inferior del río. Entre algunas de las características más relevantes de los grupos de zoobentos encontrado en el río Biobío, destacan las siguientes:

Crustáceos

Los crustáceos reúnen más de 30.000 especies y son unos de los grupos animales más diversos en el mundo, existiendo una gran variedad en formas y tamaños. Los crustáceos pertenecen a la clase Artrópodos (seres provistos de patas articuladas), lo mismo que los insectos y los arácnidos. Un crustáceo acuático típico, tiene el cuerpo cubierto por un duro exoesqueleto compuesto por proteínas y quitina y endurecido con sales calcáreas, aunque la metamerización del tórax está a menudo oculta por una placa esquelética única, el caparazón. Cada segmento cefálico y somático de un crustáceo tiene un par de patas u otros apéndices. Estos apéndices se han modificado para realizar diferentes funciones. En la cabeza, por ejemplo, los apéndices típicos son las primeras y segundas antenas, que son órganos receptores, y las mandíbulas y las primeras y segundas maxilas, utilizadas para tomar y fragmentar el alimento. El tórax lleva tres pares de maxilípidos, que también dirigen la comida hacia la boca, las quelas o patas con pinzas para capturar alimento y cuatro pares de patas marchadoras. El abdomen va provisto de cinco pares de apéndices, denominados pleópodos, que se utilizan para la natación, aunque algunos intervienen en las funciones reproductoras. El abdomen de los crustáceos termina en un par de apéndices conocidos con el nombre de urópodos; éstos, en unión con el extremo del esqueleto abdominal (el telson), forman una cola que sirve de timón en la natación o de remo cuando los músculos del abdomen se curvan violentamente, impulsando al

animal hacia atrás en situaciones de peligro. La mayoría no necesita nadar para respirar, extraen el oxígeno del agua bombeándola a través de las branquias o a través de la mayor parte de la superficie corporal, a excepción de las cochinillas de humedad y de las formas parásitas extremas.



Los crustáceos del género Aegla son un componente relevante del bentos del río Biobío.

Insectos

Las condiciones en el agua son evidentemente diferentes de las existentes sobre la tierra o en el suelo. Allí no existe el problema de la humedad y de la evaporación, el único problema crítico en el medio terrestre. En su lugar, el oxígeno y la respiración son los problemas críticos complementarios de los insectos acuáticos, y muchas características del medio acuático son importantes porque tienen una influencia directa sobre éstos. En otras palabras, para los insectos que viven en el aire, el agua es el problema principal; para los que viven en el agua, el problema es el aire. La respiración de los insectos acuáticos es muy especial, algunas especies poseen tubos respiratorios extensibles que alcanzan la superficie, o los individuos van periódicamente a la superficie para respirar; otros, al sumergirse llevan con ellos una burbuja o película de aire, cubriendo a la superficie para rellenarla de aire de vez en cuando. Los insectos acuáticos que carecen de modificaciones para conseguir un contacto directo con el aire dependen para la respiración del oxígeno del agua. Para algunos insectos la vegetación acuática es en primer lugar alimento; para otros es un refugio. La vegetación subacuática proporciona cobijo y seguridad, especialmente estimables para las especies que son presa de otros animales o que carecen de adaptación especial para la natación. Pocos insectos lacustres se mueven libremente por el agua; suelen permanecer sobre el fondo y en los lechos de hierbas la mayor parte del tiempo. Los que se trasladan libremente por el agua hacen esto sólo al anochecer o durante la noche, ocultándose en el fondo durante el día. Algunos de los grupos más comunes en el área son:

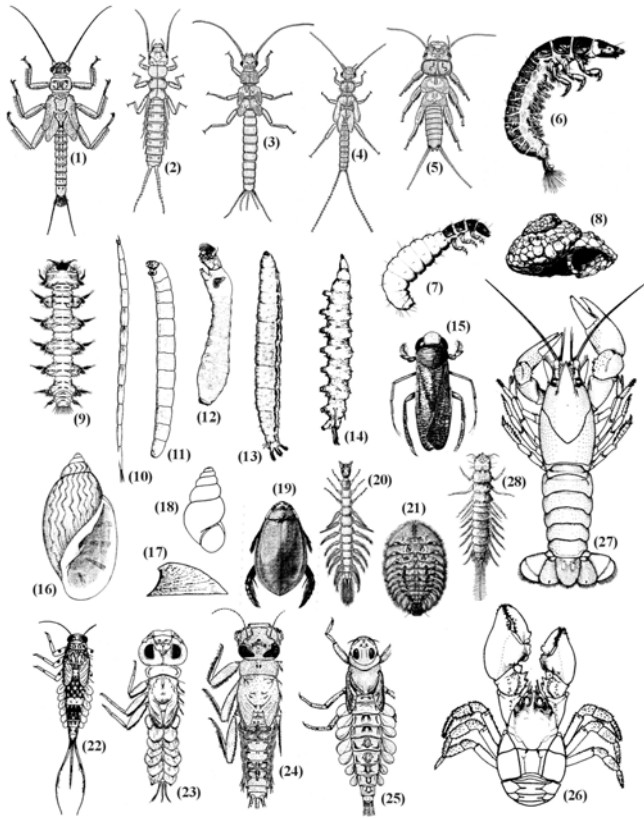
DIPTEROS: Los dípteros más representativos pertenecen a la familia Chironomidae, estos son pequeños, delicados, con una apariencia semejante a los mosquitos, y los machos usualmente tienen antenas muy plumosas. Todos carecen de patas, sin embargo, se pueden desarrollar pseudópodos sobre el tórax o el abdomen. La mayoría de las larvas de quironómidos son acuáticas, y unas pocas son encontradas en materias en descomposición, bajo cortezas o en suelos húmedos. Se desplazan mediante una serie de movimientos corporales semejantes a un látigo. Estas larvas son unos de los principales alimentos de muchos peces y otros organismos.

PLECOPTEROS: Son malos voladores y rara vez se encuentran lejos del agua. La mayoría de las especies presenta cuatro alas membranosas. Sus antenas son largas, delgadas y formadas por numerosos segmentos. Sus estados ninfales son acuáticos. Las ninfas de plecópteros presentan largas antenas y branquias ramificadas sobre el tórax y alrededor de la base de las patas. Se parecen a las ninfas de efemerópteros, pero a diferencia de éstas sólo presentan dos filamentos caudales. Evitan los fondos completamente fangosos, pero a menudo son numerosos sobre troncos cubiertos por fango. Algunas especies son herbívoras en estado ninfal, y otras pueden ser predatoras u omnívoras.

TRICÓPTEROS: Forman casas en forma de tubos, los cuales son propios de cada grupo, son agregaciones de arena, de palitos u otros materiales. Sus larvas son esencialmente parecidas a un gusano. Los tricópteros son muy tolerantes a los cambios ambientales. Presentan una cabeza bien desarrollada, patas torácicas, y un par de apéndices con forma de garfio al final del abdomen. Cada especie construye un tipo de casa muy característico, e incluso en algunas especies la forma de la casa varía entre los estados larvales tempranos y tardíos. Estas larvas presentan un tipo de alimentación herbívora.

EFEMERÓPTEROS: Los adultos tienen alas membranosas con numerosas venas, las alas anteriores son grandes y triangulares, y las posteriores son pequeñas y redondeadas, en algunas especies este último puede no estar. Las ninfas de efemerópteros se pueden distinguir fácilmente del resto de los insectos acuáticos por la presencia de branquias plumosas o en forma de hoja a lo largo del abdomen, y por sus largos tres apéndices caudales. Los efemerópteros son los únicos insectos que mudan después de que las alas han llegado a ser funcionales.

COLEÓPTEROS: Los coleópteros acuáticos más característicos pertenecen a la familia Dytiscidae. Uno o más estados de especies de muchas familias de este grupo son acuáticas o semiacuáticas. El cuerpo es oval y muy duro, y las patas posteriores son aplanadas y provistas de largos pelos que les dan aspecto y función de remos. Los ditiscidos obtienen aire en la superficie del agua, pero pueden permanecer sumergidos por largo tiempo, gracias al aire que guardan en una cámara ubicada bajo los élitros. Los adultos y las larvas de ditiscidos son altamente depredadores, y se alimentan de una variedad de animales acuáticos, incluyendo pequeños peces, por lo que se les llama a menudo "tigres de agua".



Algunas familias de macroinvertebrados representativos del río Biobío. 1-5 Plecoptera (1) Gripopterygidae, 2) Eustheniidae, 3) Austroperlidae, 4) Notonemouridae, 5) Perlidae; 6-8 Trichoptera (6) Hydropsychidae, 7) Hydroptylidae, 8) Helicopsychidae); 9-14 Diptera (9) Blephariceridae, 10) Ceratopogonidae, 11) Chironomidae, 12) Simuliidae, 13) Tipulidae, 14) Athericidae); 15 Hemiptera (Corixidae); 16-18 Gastropoda (16) Chiliniidae, 17) Ancylidae, 18) Amnicolidae); 19-21 Coleoptera (19) Dytiscidae, 20) Gyrinidae, 21) Psephenidae); 22-25 Ephemeroptera (22) Baetidae, 23) Ameletopsidae, 24) Leptophlebiidae, 25) Siphonouridae); 26-27 Crustacea (26) Aeglidae, 27) Parastacidae); 28 Megaloptera (Sialidae).

Moluscos

Las conchas de los moluscos les sirven de protección. Están formadas principalmente por carbonato de calcio. La secreta una estructura llamada manto, que está adherida al interior de la concha. Las conchas de los moluscos de agua dulce están hechas principalmente de minerales que contienen carbonato de calcio. Para fabricar su concha, el animal tiene que tomar minerales del agua en la que vive. En general, los moluscos son más abundantes en las zonas de aguas duras, es decir, las que contienen más minerales en disolución, los caracoles y las lapas se alimentan de hierbas acuáticas y algas, aunque algunas especies se alimentan filtrando el agua y aprovechando las partículas alimenticias que contienen.

Los moluscos, de los que se conocen más de 100.000 especies, son un grupo de gran diversidad que reúne animales muy diferentes, entre caracoles y almejas. Los moluscos o animales provistos de conchas se subdividen en siete grupos importantes (Solenogastres, Placophora, Galeroconcha, Gastrópoda, Bivalvia, Scaphopoda, Siphonopoda), pero todos los miembros del grupo conservan la organización básica de los moluscos.

Sólo la clase Gastrópoda (caracoles) y Bivalvia (almejas) han logrado colonizar los ambientes dulceacuícolas. Los gastrópodos son univalvos y se caracterizan por el desarrollo del pie, que les sirve de aparato locomotor. Son tanto fluviales, marinos como terrestres. (Las babosas carecen de concha, experimentaron una regresión evolutiva). En esencia, los moluscos son animales de cuerpo blando, con una masa visceral de órganos como los aparatos digestivo y reproductor, cubierta por una capa de tejido llamada manto. La capa de tejido que cubre la superficie exterior del manto, el epitelio segrega la concha, en general calcárea y que es uno de los caracteres distintivos del grupo. Bajo la masa visceral se encuentra el pie, órgano musculoso relacionado a menudo con la locomoción. Para que algunos caracoles pudiesen vivir en tierra firme, debían experimentar un extraordinario proceso evolutivo, perdiendo las branquias que les permitían respirar bajo el agua y desarrollando pulmones capaces de extraer el oxígeno directamente de la atmósfera. En un caracol que va avanzando sobre un trozo de vidrio, se puede observar como una serie de contracciones musculares, que parecen ondas, recorren toda la superficie inferior del pie desde la parte posterior, en la que se originan hasta la anterior. Una abundante secreción mucosa lubrica sin cesar la superficie del pie; de este modo, el caracol facilita su avance y mejora su adherencia al sustrato. La mayoría de los gastrópodos presenta este sistema de locomoción.

Los bivalvos tienen conchas duras y calcáreas como los gastrópodos; pero en vez de ser una pieza y espiraladas, están divididas en dos, derecha e izquierda. Se caracterizan por sus branquias hojosas o laminares y por no tener cabeza. Las dos valvas se articulan a lo largo de su borde dorsal, con una bisagra córnea o charnela. Mientras el animal se alimenta o está relajado, las dos valvas permanecen entreabiertas; pero cuando se siente amenazado, dos poderosos músculos, insertos en las valvas, se contraen y las cierran herméticamente. La mayor parte del cuerpo de los bivalvos está cerca de la charnela, cubierta por una formación llamada manto. Crece hacia el borde a cada lado del cuerpo y forma un revestimiento del interior de ambas valvas. El tejido epitelial del manto segrega las sustancias que forman la concha. Un pie musculoso se proyecta desde el cuerpo hacia la cavidad paleal, separando las dos partes del manto. Los bivalvos son filtradores, se alimentan de organismos microscópicos y de partículas orgánicas que existen dispersos en el agua. Sus branquias cumplen una doble función: respiratoria y alimentaria. Los alimentos retenidos en las branquias son arrastrados hacia la boca por cilios vibrátiles.



El caracol Chilina, uno de los moluscos más comunes en el río Biobío.

e) Necton

Corresponde a los organismos que nadan libremente en la columna de agua, y pueden desplazarse a voluntad. Este es el caso de los peces que son tal vez los vertebrados que han logrado adaptarse mejor al medio acuático. Los peces presentan una gran diversidad de formas y conductas: han explotado hábitats marinos como dulceacuícolas, mientras unos viven en las profundidades, otros nadan cerca de la superficie; se alimentan de algas, plancton o de invertebrados marinos, pero no faltan los predadores, que capturan otros peces, anfibios y hasta animales terrestres. Preparados para la vida bajo el agua, los peces nadan gracias a poderosos músculos que flexionan lateralmente el cuerpo, transmitiendo un movimiento a la cola que impulsa al pez hacia adelante. Las aletas se utilizan principalmente para equilibrar, girar y frenar. Para la propulsión, los peces presentan una serie de aletas, la caudal (cola), una o más aletas dorsales (dorso), 2 aletas pectorales (laterales), 2 aletas pélvicas o ventrales (vientre), una o más aletas anales (ventral, tras el ano). La aleta caudal es propulsora, las dorsales y anales permiten el giro lateral, y las pectorales y ventrales permiten subir o bajar. En el río Biobío existen 22 especies de peces, de las cuales 19 son autóctonas o nativas y cuatro introducidas al sistema fluvial. En el tramo superior que corresponde desde los lagos Icalma, Galletué, Laja hasta Callaqui, la fauna está representada por especies que también aparecen en los tramos inferiores, ellos son: *Percichthys trucha*, *Trychomycterus areolatus*, *Diplomystes nahuelbutensis*, *Geotria australis* y *Percilia iriwini*. La única especie, probablemente propia de estos lagos, es *Aplochiton zebra*. En el tramo inferior se encuentra *Cauque mauleanum*, *Cheirodon galusdae*, *Galaxias maculatus* y *Bullockia maldonadoi*. En el curso principal, en los sectores de Nacimiento, Negrete, Callaqui, Santa Bárbara, Hualqui y Santa Juana, se registra un mayor número de especies con una mayor representación en la abundancia de las especies *Percichthys trucha*, *Basilichthys australis*, *Cauque mauleanum*, *Oncorhynchus mykiss* y *Percichthys melanops*.

Las especies salmonídeas introducidas están distribuidas en todo el río, y una, *Cyprinus carpio*, se encuentra preferentemente en el sector potamal, siendo muy abundante en la parte terminal del río donde se encuentran los principales emisarios que descargan aguas servidas y efluentes industriales. Esta situación también se repite en la parte terminal del río Vergara, fuertemente contaminado por efluentes industriales y aguas servidas. La "carpa", como se conoce vulgarmente esta especie, es muy resistente a la contaminación. Algunas características de mayor relevancia especies que son más comunes de encontrar en la cuenca del río Biobío son las siguientes:

Pocha (*Cheirodon galusdae*): Es endémica de Chile. Su coloración es oscura en el dorso, de flancos amarillentos, una franja longitudinal plateada que va desde la cabeza a la cola. Habita preferentemente bajo la vegetación subacuática o troncos caídos, sobre fango, arena fina y gruesa, como también sobre gravilla, grava, ripio y entre rocas grandes. Se alimenta de larvas de insectos acuáticos y de pequeños gusanos por lo que parecen eminentemente carnívoros.

Bagre grande (*Nematogenys inermis*): Se caracteriza por una boca redondeada con seis barbillas. Su color es gris negruzco, y su cabeza de un tinte azul pizarra. Es considerada como endémica para nuestro país y en peligro de extinción. Prefiere hábitats de aguas limpias con corrientes rápidas y vegetación sumergida donde buscan su refugio. Se alimenta de invertebrados como crustáceos, larvas de insectos acuáticos y anélidos.

Carmelita de Concepción (*Percilla irwini*): Es una especie endémica. Sus dos aletas dorsales son continuas, en donde es característica de la primera aleta dorsal su forma aserrada. Su coloración es naranja amarillenta brillante. Habita preferentemente los fondos, en donde se alimenta especialmente de crustáceos e insectos, predominando con más del 80% como especie insectívora.

Tollo (*Diplomystes nahuelbutaensis*): Este bagre es una especie de gran valor por ser endémica, muy primitiva, con una baja fecundidad y distribución geográfica restringida a Chile central. Es una especie considerada en peligro de extinción.



El tolo Diplomystes nahuelbutaensis, una de las especies más valiosas del río Biobío que está en peligro de extinción.

Puye (*Galaxias maculatus*): Es una especie diadrómica, es decir, puede vivir en aguas salobres, saladas y agua dulce. Puzo autóctono, aunque se ha descrito también para Australia y Nueva Zelanda. Su coloración en los adultos es de una tonalidad amarillenta, con grandes manchas en los flancos. En la etapa juvenil se alimenta de zooplancton y en su fase adulta cambia a animales bentónicos y alóctonos, larvas de insectos acuáticos, pequeños crustáceos y oligoquetos.

Pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*): Presenta dos aletas dorsales posteriores, separadas y de pequeño tamaño. Su color es plateado, con una estola gris en los flancos. Introducida en nuestro país. Su alimentación es insectívora y herbívora.

Gambusia (*Gambusia affinis holbrooki*). Es originaria de EEUU. Las gambusias son pequeños peces, que por lo general miden menos de 50 mm. Es de color pardo-oliva, con el dorso y flancos reticulados. La principal característica de esta especie es su marcado dimorfismo sexual, observado en el mayor tamaño de las hembras y su aleta anal lobulada, mientras que los machos de menor talla, presentan la aleta anal transformada en un órgano copulador. Además cumplen un importante rol ambiental al combatir las plagas de zancudos en algunas zonas del país, por el hábito larvívoro que tiene esta especie.

Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*): Es una especie introducida, originaria de Norteamérica. Los adultos son reconocidos por una estola rojiza que se extiende a lo largo de los flancos desde el ojo a la base de la aleta caudal. El dorso es de color negruzco a verdoso, cubierta con motas negras pequeñas que se observan en el opérculo, en las aletas dorsales, caudal y anal. Su alimentación es en base a invertebrados, crustáceos como cangrejos, algunos peces y todo lo que le sea posible comer, incluso pequeños roedores.

Carpa (*Cyprinus carpio*): Es una especie introducida desde Alemania a nuestro país. Los adultos de esta especie, presentan un cuerpo robusto lo que lo hace inconfundible al de otra especie. Se caracteriza por presentar en la comisura de su boca dos barbillas, una a cada lado de ésta. Su alimentación es de tipo omnívora, y se puede encontrar preferentemente donde existan plantas acuáticas. Su color es verdoso, con flancos verde amarillento y de vientre blanquecino.

FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL

a) Procesos geológicos: Evolución del curso inferior del río

La evolución del curso inferior del río Biobío (delta del Biobío) fue determinada principalmente por dos factores: (a) sedimentológicos y (b) factores dinámicos. El factor sedimentológico se refiere a las arenas que constituyen la llanura de Concepción que fueron transportadas por el río

Biobío y su origen está vinculado al intenso volcanismo andino desarrollado en el alto valle del Laja, en la fase de retroceso de la última glaciación. La depositación deltaica ha sido rápida y en ella han influido factores que facilitaron la sedimentación y progresión del delta. Por una parte, la fisiografía del área que, constituida por un conjunto de bloques tectónicos, contribuyó a disminuir la energía del mar. Por otra parte, cambios de nivel del mar que redistribuyeron los sedimentos hacia la costa, aumentaron así su concentración. Finalmente, completando estas circunstancias, el grueso aporte aluvial que transportaba el río Biobío permitió aumentar la progresión deltaica. A lo anterior se agrega las características del transporte que se realizó a expensas de grandes volúmenes de agua, provenientes de la fusión violenta de los últimos glaciares y de las sucesivas descargas lacustres de la Laguna Laja. Sólo bajo estas condiciones se puede dar cuenta de la excepcional carga de sedimentos del río Biobío, que le permitió a los primeros momentos asegurar la alimentación de arenas sobrepasando las fuerzas de los factores erosivos del mar. Otro factor sedimentológico que ayudó a la conformación del actual cauce inferior del río fue la rápida saturación por sedimentos de las bahías de Concepción y San Vicente, dando con ello más posibilidad de entregar la carga sólida del río en la actual salida, es decir, a mar abierto. La existencia de factores dinámicos direccionales junto con la protección que a éstos presentó la península de Tumbes, orientaron el curso principal del río Biobío hacia la bahía de Concepción. El viento dominante del sur oeste es probablemente el factor dinámico más importante que, además, condicionó todo el mecanismo de los procesos litorales, vale decir, dirección de las olas, corrientes costeras y deriva litoral.



La carpa es una especie introducida que normalmente habita en áreas ricas en materia orgánica y pobres en oxígeno.



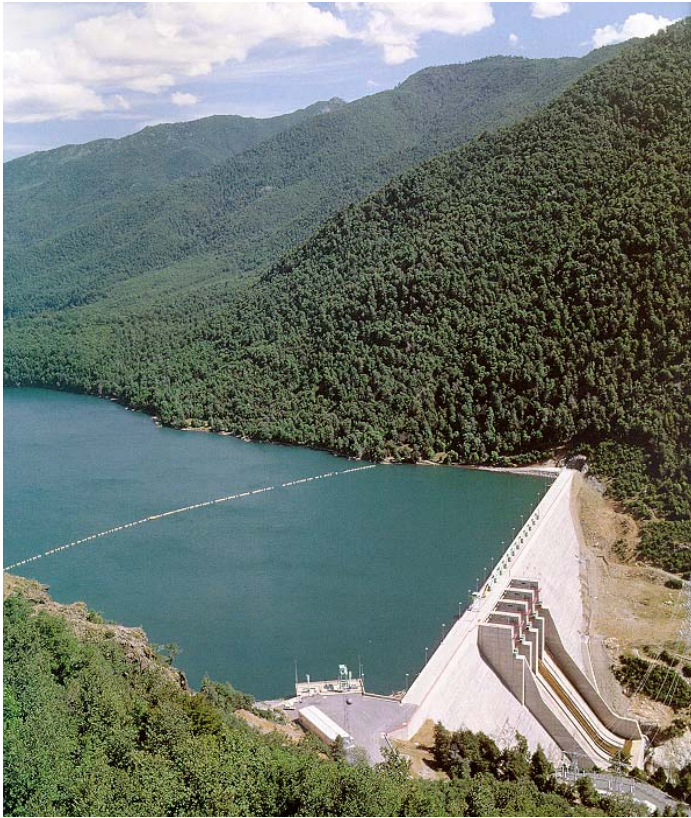
La trucha arcoiris es una especie exótica que constituye una amenaza para los peces dulceacuícolas chilenos, con los cueles compite y depreda.

Es factible suponer que la actual desembocadura del Biobío hubiera estado bloqueada, en parte, por los factores dinámicos señalados o, por lo menos, impedida de extender su sedimentación en esa dirección por ser más dificultosa. Por otra parte, y por las mismas razones, el río Biobío desarrolló otros cauces secundarios, algunos de los cuales lo conectaron con el río Andalién. Manteniendo el postulado de los factores dinámicos, se puede establecer la siguiente relación: los cambios de curso del río Biobío y, por ende, la evolución deltaica, están estrechamente vinculadas con el crecimiento y desarrollo de la llanura San Pedro Coronel. Es posible sustentar que este crecimiento contribuyó a disminuir el efecto direccional de los factores dinámicos sobre el río y, de este modo, se comenzó a insinuar gradualmente su actual trazado, pero manteniendo aún sus antiguos cursos de inundación. Simultáneamente, en el río Biobío se habría entallado una amplia terraza de inundación, a través de la cual se comunicó con San Vicente. La existencia de una serie de lagunas y sectores pantanosos actualmente presentes en las comunas de Concepción y Talcahuano, testimonian estos antiguos pasajes o áreas de inundación del río Biobío. Al respecto, es importante considerar la evolución

morfológica del río, en especial para la prevención de inundaciones por las crecidas del río que pudieran eventualmente generar problemas en áreas habitacionales o de instalaciones industriales.

b) Procesos ecológicos: El continuo fluvial

En los primeros estudios sobre la ecología de los ríos se tenía el concepto de regionalización o zonificación; es decir, que había zonas independientes a lo largo de los ríos, por ejemplo que la parte de montaña era independiente de la parte de llanura. Posteriormente se desarrolló el concepto del "river continuum" (el río como una continuidad), que está basado en la hipótesis demostrada que las comunidades biológicas de aguas abajo dependen de los procesos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan aguas arriba. Esto constituye un elemento de referencia esencial para analizar las consecuencias de actividades que se hacen en la parte alta de una cuenca y sus efectos aguas abajo, incluyendo si es del caso, los efectos sobre el sistema marino receptor de las aguas de los ríos, como son los casos del río Biobío y del Golfo de Arauco que constituyen una sola unidad ambiental.



*Central hidroeléctrica en el curso superior del río Biobío.
Estas meg estructuras afectan el proceso del continuo
fluvial.*

El concepto clásico de ecosistema, es de poca utilidad en el caso de los ríos. Este concepto se adapta muy bien al caso de los lagos, considerados tradicionalmente como conjuntos funcionales unitarios, relativamente bien delimitados. El flujo de energía solar permite, gracias a los elementos nutritivos presentes, producir materia vegetal viva, consumida asimismo por los animales, y ambos ser reciclados por los descomponedores, ¿pero cómo definir un conjunto unitario a lo largo de un río como el Biobío que, en 380 kilómetros que separan sus fuentes de su desembocadura en el Golfo de Arauco, atraviesa zonas climáticas muy distintas? Esta pregunta se plantea también en muchos otros ríos, incluidos los de longitudes más modestas. En realidad, el concepto clásico de ecosistema tiene mala aplicación a los sistemas fluviales, alargados en el espacio y a lo largo de los cuales se hacen y se deshacen las relaciones más variadas entre los medios acuáticos y terrestres más o menos interconectados. Estos no pueden considerarse como simples canales longitudinales destinados a dejar correr las aguas; se trata de sistemas complejos que interaccionan con el conjunto de sus cuencas de escurrimiento y especialmente con sus llanuras de inundación. También son sistemas en contacto íntimo con los acuíferos subterráneos, por ejemplo a través de las capas freáticas del subsuelo aluvial.

En la década de los años 80 se desarrolló el concepto de «continuo fluvial» para relacionar la estructura y el

funcionamiento de las comunidades que viven en aguas corrientes, con los procesos de hidrología y de geomorfología fluvial, y así describir los cambios ecológicos que se pueden observar, en los climas templados, a lo largo de las redes hidrográficas. De este concepto de continuo fluvial se desprende que los torrentes y los ríos constituyen sistemas longitudinales solidarios, en los que, debido a la circulación de las aguas, *la dinámica de los sistemas situados aguas abajo depende de los procesos físico-químicos y biológicos que se desarrollan aguas arriba*. Otra idea expresada por este concepto es que el medio terrestre ejerce una profunda influencia en el funcionamiento ecológico de las aguas corrientes. Esta influencia reviste distintos aspectos a lo largo de las redes hidrográficas.

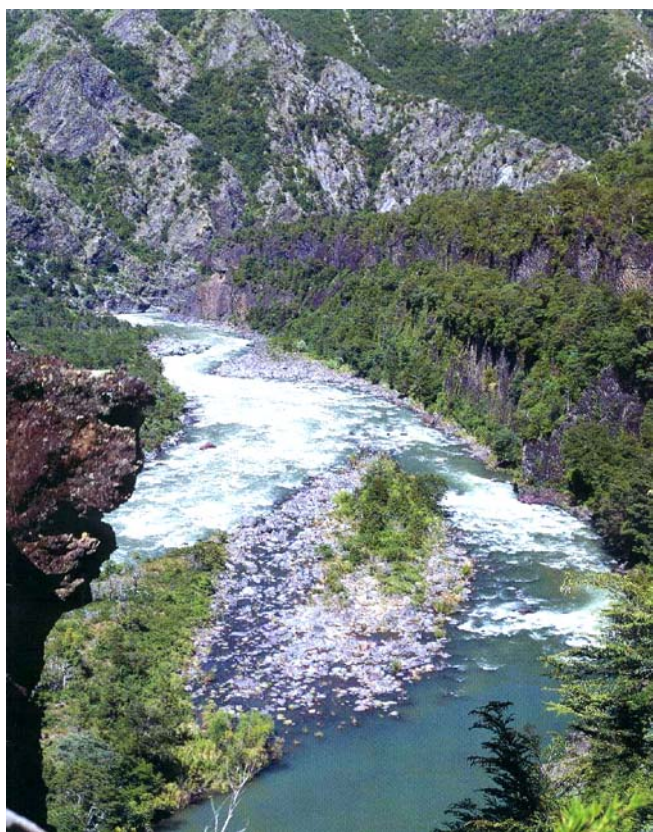
La mayoría de los cursos superiores del río Biobío están prácticamente recubiertos por el bosque de las riberas. Esta sombra de ribera limita intensamente la producción primaria acuática autóctona durante el verano, al tiempo que entran grandes cantidades de residuos vegetales desde las orillas al medio acuático. Estos restos vegetales, especialmente hojas, aunque también ramas y troncos de árboles muertos, aportan desde el medio terrestre vecino, la mayor parte del alimento de los seres vivos que viven sobre el fondo de los torrentes forestales. A estos sistemas se les denomina heterótrofos para señalar que la mayoría de sus recursos alimentarios proceden de medios que les son exteriores.

Sin embargo, este papel de la vegetación ribereña (ripariana) disminuye en los ríos de tamaño medio que, al ser más anchos, se benefician de mejores condiciones de radiación solar: en su interior puede desarrollarse una producción vegetal autóctona. Los sistemas fluviales pasan de la heterotrofia en los cursos altos, a la autotrofia, es decir, que la mayoría de sus recursos nutritivos se producen en el mismo río. A los residuos vegetales aportados por la corriente río arriba se van añadiendo progresivamente otras materias orgánicas en proceso de descomposición, de diversos orígenes, autóctonas y alóctonas. Este conjunto de partículas orgánicas, cuyo tamaño varía entre 25 y 50 micras, se encuentra en suspensión en el agua. En los grandes ríos, este hecho implica un aumento de la turbidez de las aguas, que rápidamente atenúa la intensidad de la luz en profundidad y dificulta de nuevo el desarrollo de la producción primaria autóctona. Por tanto se llega de nuevo a unas condiciones de heterotrofia parecidas a las de los riachuelos de la cabecera. Estos cambios sucesivos (*heterotrofia, autotrofia, de nuevo heterotrofia*) desde el curso superior hacia los cursos inferiores caracteriza a los medios fluviales de las regiones boscosas como es el caso del río Biobío.

La estrecha dependencia de los tramos inferiores de la parte alta del río

Una segunda idea que se desprende de este concepto es que las comunidades animales se ajustan permanentemente a las condiciones de vida que acabamos de describir, se transforman de forma más o menos continua, de los cursos superiores a los inferiores según un perfil longitudinal del Biobío. De esta manera, distintos tipos de invertebrados, especialmente larvas de insectos (*detritívoros, filtradores y raspadores*) dominan alternativamente a lo largo de las redes fluviales en función de

las posibilidades alimentarlas. Los detritívoros son los primeros en atacar las hojas de árboles recién caídas en el agua. Se alimentan a partir de la materia orgánica que compone una hojarasca aún poco fragmentada, a la que se encuentra asociada una importante biomasa microbiana. Estos detritívoros dominan en los riachuelos forestales después de la caída de las hojas en otoño y durante el invierno. Al fragmentar la materia orgánica, producen partículas más finas que derivan a la corriente o se acumulan en el fondo en algunos puntos. Por su parte, los invertebrados del grupo de los filtradores, filtran estas partículas así como la biomasa microbiana asociada a ella para alimentarse. Estos animales pueden dominar en los riachuelos de la cabecera junto a los detritívoros, pero esta dominancia se afirma especialmente en la parte baja de los grandes ríos por la abundancia de las partículas orgánicas de pequeño tamaño. En este tramo proliferan los organismos que tan bien conocen los pescadores: larvas de dípteros, gusanos oligoquetos, almejas de agua dulce enterrados en la arena y fango (*Diplodon chilensis* y *Piscidium chilense*), etc. Los raspadores, finalmente, dominan en los ríos de mediano tamaño en los que puede desarrollarse en el fondo una producción vegetal autóctona: algas que recubren los bolones, las rocas o los vegetales enraizados. Entre los más frecuentes de estos invertebrados raspadores figuran una multitud de efemerópteros, tricópteros y dípteros de las formas más diversas y con los comportamientos más variados.



Rápidos en el curso superior del río Biobío. Existe una estrecha relación entre los bosques de ribera y la biodiversidad acuática.

En todas las situaciones, otros invertebrados predadores participan en este conjunto de especies dentro de redes tróficas muy complejas. En cuanto a las poblaciones de peces, se suceden a lo largo de las redes hidrográficas, al mismo tiempo que se diversifican, pasando, por ejemplo, de zonas de salmónidos (Trucha arco iris y Trucha café) a las zonas de los ciprinidos (Carpa) que caracterizan al río Biobío al igual que muchos ríos europeos.

Esta estrecha dependencia entre el curso superior y los cursos inferiores vuelve a presentarse en el estudio del reciclaje de los elementos nutritivos en los sistemas fluviales. La materia orgánica, una vez ha entrado en el curso de agua, sufre distintas transformaciones en las que participan muy activamente los microorganismos (bacterias sobre todo, aunque también los hongos) y las comunidades de invertebrados (larvas de insectos, crustáceos, gusanos, moluscos, etc.) que se desarrollan en el fondo. Como se ha visto anteriormente, una fragmentación cada vez más fina de esta materia orgánica provoca una estructuración de estas comunidades. Los fragmentos que escapan a los detritívoros son utilizados por individuos más pequeños y después por los filtradores de partículas cada vez más finas. Los productos fecales, capturados alternativamente, ahora por unos después por otros, probablemente desempeñan un papel importante en la cohesión de esta red trófica. A medida que se realiza su transporte río abajo, la presente ingerida, expulsada, oxidada, ingerida de nuevo, con detenciones en las zonas más calmadas y arrastre en el momento de las crecidas. Un mismo elemento nutritivo (carbono, nitrógeno, fósforo) se va encontrando progresivamente en una forma mineral, o incorporado a la materia viva durante su transporte río abajo. Este reciclaje “en hélice” (algunos lo denominan en espiral) de la materia orgánica, refuerza la dependencia de las comunidades de los cursos inferiores respecto a las del curso superior.

El concepto de reciclaje en hélice

La originalidad de este tipo de reciclaje de elementos nutritivos ha dado lugar a un concepto complementario al de Continuo Fluvial: el concepto de “spiraling” o “flujo en hélice” de los elementos nutritivos. Este flujo en hélice combina de hecho dos procesos: el empleo del material orgánico en deriva por los organismos fijados en el fondo del curso de agua, y la reutilización de este material río abajo después de la muerte de estos organismos. De esta manera podemos definir unas distancias para las cuales se puede realizar el ciclo completo. Cuanto más corta sea la distancia, un elemento nutritivo podrá ser utilizado un mayor número de veces en un sector fluvial dado, y más productivo será este sector. De aquí el interés de los sistemas de retención (acumulación de árboles, zonas calmas, divertículos) que, en la parte alta de las redes hidrográficas reducen la velocidad de entrada de materiales hacia la corriente de agua, de lo cual se desprende también el interés de las zonas ribereñas de retención del material orgánico en los grandes ríos. Este concepto, hace posible, al menos en teoría, prever qué la estabilidad de un sistema fluvial determinado podrá oponerse, por ejemplo, al aporte exagerado de materiales nutritivos.

El concepto de continuo fluvial, satisfactorio en apariencia para los riachuelos y los ríos de pequeñas dimensiones, rápidamente

mostró ser poco adecuado cuando se trata de describir las condiciones que se dan en los grandes ríos o de prever su evolución debido a cambios, ya sean naturales o provocados por el hombre. Por esta razón es indispensable tener en cuenta el conjunto del sistema formado por la llanura inundable, con sus medios acuáticos, semiacuáticos y terrestres, para comprender el funcionamiento de los sistemas fluviales. Hay que entender como llanura inundable, el conjunto de terrenos susceptibles de verse sumergidos a consecuencia de las crecidas (con frecuencias anuales, de décadas o siglos).

Un sistema fluvial no puede reducirse a un canal único de flujo. Los tipos fluviales clásicos, a parte de sus sinuosidades, presentan un carácter común, el de distribuirse transversalmente en la llanura inundable. Esta distribución de los medios acuáticos repercute sobre las condiciones ecológicas ofrecidas a los peces. Los distintos brazos laterales, aguas muertas, afluentes, etc, todos más o menos ligados al canal axial según el caudal, constituyen otras tantas zonas de refugio propicias a la reproducción, el crecimiento de los alevines, etc. Permiten también, por ejemplo, evitar por un tiempo la elevada turbiedad del curso principal.

Esta presencia de brazos laterales e islotes, numerosos en algunos sectores, aumenta la longitud de las orillas y, con ello la diversidad de los hábitats de ribera, susceptibles de proteger a los peces. El aumento de la longitud de las orillas, incrementa las posibilidades de aportes alóctonos: la totalidad de los peces se alimentan de especies (crustáceos y peces pequeños, principalmente) cuya subsistencia depende de las hojas caídas de los árboles. Se encuentran en forma de pasadizos fluviales o bien que se distribuyan formando verdaderos bosques aluviales, los bosques ribereños aportan enormes cantidades de materia orgánica a los medios acuáticos.



Capítulo 3

LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BIOBÍO COMO SISTEMA ANTROPIZADO

La sociedad humana y los ríos

La historia nos ha enseñado que las más importantes civilizaciones nacieron asociadas a grandes sistemas fluviales, como por ejemplo, Mesopotamia al río Eufrates, Egipto al río Nilo, Roma al río Tíber. Así, tanto en la antigüedad como en los tiempos modernos, los ríos y sus recursos han constituido la base de sustentación de las economías de los territorios adyacentes a éstos. El río y su cuenca constituyen un ecosistema, el cual puede prestar una gran variedad de servicios al hombre y la sociedad. Existen ríos, como es el caso del Biobío, que por sus características

naturales pueden proveer gran diversidad de usos. En este caso, se habla de ríos de uso múltiple, que por su naturaleza y variedad de usos, su gestión en un contexto de desarrollo sustentable es compleja y delicada. Entre algunos de estos servicios destacan los siguientes:

Principales servicios ecosistémicos del río Biobío

- Aprovechamiento de agua potable
- Aprovechamiento de agua industrial
- Aprovechamiento de agua de riego
- Aprovechamiento de áridos
- Operaciones industriales
- Receptor de efluentes industriales
- Receptor de efluentes urbanos
- Generación hidroeléctrica
- Recarga de aguas subterráneas
- Recreación primaria
- Recreación secundaria
- Paisaje
- Áreas de preservación
- Propagación de peces y biota nativa
- Piscicultura
- Navegación

El pueblo originario de la parte alta de la cuenca: Los pehuenches

Los pehuenches u "hombres del piñón", corresponden a una etnia que subsistía como recolectores, y que aún hoy, su alimento básico lo constituye el piñón. Esta población indígena representada por 19 comunidades pehuenches, esta radicada en el área preandina de la VIII y IX regiones, que corresponde en parte importante a la parte alta de la cuenca del río Biobío. Sus tierras se encuentran en lugares escarpados de la Cordillera de los Andes, en las riberas del Biobío y de muchos de sus afluentes. Todas estas tierras, corresponden a la cuenca del Alto Biobío, en particular de las comunas de Santa Bárbara y de Lonquimay. Los pehuenches de la comuna de Santa Bárbara son aproximadamente 3.350 personas y los de la comuna de Lonquimay alrededor de 4.300 personas. La etnia Pehuenche representa un patrimonio cultural muy importante de la región y se encuentra bajo una situación de extrema pobreza. Este patrimonio cultural se destaca por valores como: vida en comunidad, solidaridad, respeto mutuo, reciprocidad y armonía con su entorno natural.

La "conquista" española del Biobío

El río Biobío y el territorio de su cuenca hidrográfica ofrecieron a los conquistadores toda su variedad de espacios y recursos naturales y particularmente su generosa provisión de aguas para el desarrollo de los primeros asentamientos humanos, así como elementos de protección contra el ataque de la población indígena. Los primeros fuertes, villas o ciudades, fueron fundados a orillas de algún río del sistema fluvial del Biobío, en lugares donde el clima y las condiciones de defensa fueran favorables a las personas y a la crianza de animales. Ello no era

una mera costumbre, las leyes de Indias lo establecían así desde los primeros tiempos de la Conquista. En estas leyes se estipulaban las normas que debían observarse para aprovechar el agua, la leña, los pastos y demás recursos en cada asentamiento urbano que los españoles fundaren. Todas las ventajas y desventajas de estos enclaves, que hoy son nuestros pueblos o ciudades, tienen en parte importante su explicación en la toma de decisiones realizadas hace siglos y en la continuidad histórica que llega hasta nuestros días.

El uso actual del suelo de la cuenca del río Biobío

En las 2.402.900 hectáreas de suelo de la cuenca, el uso del suelo se distribuye de la siguiente forma: a) Suelos de riego: 182.477 ha. (7,6%), b) Suelos cultivables de secano de las clases III y IV: 351.980 ha. (14,7%), c) Suelos de clase VI y VII de aptitud forestal: 1.291.179 ha. (53,7%) y d) Suelos de clase VIII - de suelos sin uso: 577.321 ha. (24,0%)

La destrucción del bosque nativo de la cuenca del río Biobío

Los bosques nativos se concentran en la parte media y alta de la Cordillera Andina, cubren 317.500 ha. (13% de la superficie total de la cuenca) y se caracterizan por presentar un estado de degradación muy acentuado y que ha mermado su potencial productivo de materia prima. Su importancia productiva se limita al abastecimiento de astillas para la exportación. El rol estructurante y funcional del bosque nativo en la cuenca es relevante; además de su potencial productivo, el bosque nativo como ecosistema y como parte de un ecosistema mayor, que es la cuenca, presta servicios como reserva y protección hídrica, reserva de biodiversidad, hábitat para la fauna asociada, calidad del paisaje, identidad local, patrimonio cultural con funciones en la investigación científica y en la educación en general.

Áreas silvestres protegidas de la cuenca del río Biobío

Existe un total 100.334 ha. de la cuenca hidrográfica del río Biobío pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). De estas, 11.600 corresponden al Parque Nacional Laguna del Laja, 12.591 al Parque Nacional Ralco, 645 ha. al Monumento Natural Contulmo, 25.499 ha. a la Reserva Nacional Alto Biobío y 35.000 ha. a la Reserva Nacional Valle del Quinquén.

El uso del territorio y la calidad del agua del río Biobío

Los estudios sobre calidad de agua han permitido concluir que la parte alta del río Biobío, la mayor parte de los parámetros de base corresponden a la clasificación A-B. Esto significa que las características naturales de las aguas del río son de muy buena calidad, es decir, apropiadas para todos

los diversos usos y para el mantenimiento de una comunidad acuática con alta exigencia ecológica. Sin embargo, en la zona media y baja del río, aparecen alteraciones evidentes en algunos parámetros tales como sólidos suspendidos, nutrientes (fósforo y nitrógeno) y bacterias fecales, que son indicativos de situaciones de contaminación moderada a severa.

Los índices de contaminación fecal registrados en el curso del río Biobío, se incrementan con el descenso del río y con su aproximación a zonas con mayor actividad antrópica. En varios sectores, los recuentos de bacterias, indicadoras de contaminación fecal, superan los valores permitidos por la norma chilena para aguas recreacionales y de regadío (1.000 coliformes fecales por 100 ml de agua), por lo que la utilización de las aguas del río Biobío, sin tratamiento previo, constituye un riesgo para la salud de la población. Esta situación es explicada por las evacuaciones de aguas servidas, de los asentamientos urbanos que se localizan en la cuenca y que no reciben tratamiento alguno.

Principales amenazas que atentan con la calidad del agua del río Biobío

Entre las principales amenazas que atentan con la calidad del agua del río Biobío y la biodiversidad del ecosistema fluvial, destacan las siguientes:

a) Las plantaciones forestales

La VIII Región tiene 1.493.600 ha. de suelos de aptitud preferentemente forestal que equivalen al 51% de la tierra regional productiva y al 12,6% de los suelos forestales del país. La conjugación de las favorables condiciones edafoclimáticas con un entorno económico apropiado y una agresiva gestión empresarial, ha determinado un masivo establecimiento de bosques productivos, constituidos principalmente por *Pinus radiata* y, en menor proporción, por *Eucalyptus globulus*. En la cuenca existen ca. de 700.000 há de plantaciones, que representan el 46% del total nacional. Estas plantaciones son la base de la actividad industrial que aprovecha la materia prima como base de sus procesos productivos. La relevancia de esta situación se expresa tanto a nivel de la economía regional como nacional. En el hecho en la región del Biobío se genera el 62% de la celulosa, el 100% del papel, el 38% de la madera aserrada y el 82% de los tableros del total nacional. Además, los bosques de la cuenca producen madera rolliza (66% del total nacional) y astillas (42% del total nacional) para la exportación.

b) El uso del territorio y la erosión

Una superficie de 1.153.031 ha. (48%), de un total de 2.402.900 ha. en la cuenca, exhiben daños moderados a muy severos de erosión hídrica. La superficie total afectada por erosión severa a muy severa, es de 847.734 ha. (35%). En el sector de secano interior y sector oriental de la Cordillera de la Costa incluida en la cuenca, 488.040 ha. de un total de 531.043 ha. (92%), se clasifican con erosión moderada a muy severa. Estos suelos llegaron a la actual condición, por el cultivo del trigo practicado por largos años. Estos suelos de las series "Cauquenes", "San

Esteban" y "Nahuelbuta", en casi un 90% corresponden a las clases VIe y VIIe de capacidad de uso, vale decir, suelos con exclusiva aptitud forestal y ganadera. Al daño ocasionado en los recursos de la Cordillera de la Costa, se ha venido a sumar durante estos últimos 100 años, el daño por erosión que experimentan los suelos de lomajes de la Depresión Intermedia y trumaos de la Precordillera andina. El embancamiento del río Biobío, en su parte media y terminal, es consecuencia del proceso de erosión de su cuenca.

c) La población urbana y descarga de residuos domésticos al río

Se estima la población de la cuenca en más de un millón de habitantes. La conurbación Concepción-Talcahuano, representa el 48% de la población total y la población urbana corresponde a un 78% de la población de la cuenca, y sólo el 22% corresponde a población rural. Administrativamente, la cuenca hidrográfica del río Biobío comprende el territorio de 31 comunas, distribuidas en 4 provincias de la VIII y IX regiones de Chile, Ñuble, Los Angeles y Concepción en la Octava Región y Malleco en la Novena Región. La distribución de la población, en urbana y rural, es ambientalmente relevante ya que guarda directa relación con la influencia de la población humana y sus actividades sobre la calidad del agua del río Biobío y sus afluentes.

El uso doméstico representa uno de los usos de las aguas del río Biobío más importantes. Los caudales domésticos (captación) se cuantifican en 46.000.000 m³/año y se ha estimado su distribución de la siguiente manera: a) un 63% en la zona de la Cordillera de la Costa y zona costera, b) un 30% en el Valle Central y c) un 7% en el sector andino y preandino. Gran parte de los centros urbanos localizados en la Depresión Central de la cuenca son abastecidos por aguas subterráneas. Un 72% del agua potable producida en la cuenca corresponde a fuentes superficiales y un 28% a fuentes subterráneas. En las localidades ubicadas en la provincia de Concepción, un 84% del agua potable producida (1,6 m³/s) proviene de fuentes superficiales, que casi en su totalidad corresponden a aguas del río Biobío y un 16% (0,3 m³/s) a captaciones subterráneas. Pero estas aguas subterráneas, corresponden a punteras instaladas en el lecho del río, por lo tanto son aguas también de este sistema. En cuanto al uso minero del recurso hídrico, se conoce que los derechos de aguas otorgados son 800 l/s, y que las empresas más importantes en cuanto a este uso, corresponden a aquellas relacionadas con lavaderos de oro ubicados en la zona alta del río Biobío.

d) La actividad industrial en la cuenca

El uso industrial es otro de los sectores importante en cuanto al uso del recurso hídrico. De los caudales del río Biobío captados por el sector industrial, cerca del 95% se consumen en la zona ubicada entre la cordillera de la Costa y la zona costera y el 5% restante se consume en el valle central o depresión intermedia. Referente al uso industrial, es necesario hacer presente que las descargas industriales

representan otro uso importante de este recurso y de efectos ambientales muy negativos, todavía no suficientemente evaluados. Gran parte de la industria capta aguas del sistema fluvial Biobío (curso principal o tributarios), a través de captaciones propias, sean éstas superficiales o subterráneas. La actual situación legislativa deja bastantes espacios ventajosos al sector industrial respecto al uso de este recurso. Las plantas de celulosa tienen un consumo de agua que varían entre 59 a 127 m³/ton de producto. Si se compara con los límites impuestos en el hemisferio norte a este mismo tipo de unidades productivas, estos varían entre 50 a 70 m³/ton de producto.



Puentes sobre el río Biobío en el área de Concepción.

El aporte de contaminante industrial se estima en cerca de 10 veces el aporte de tipo civil o urbano (en términos de la demanda química de oxígeno). Además la industria es responsable de las emisiones de contaminantes tóxicos, persistentes y difícilmente removibles como son por ejemplo los microcontaminantes orgánicos (organoclorados entre otros). Por lo tanto, la reducción de la contaminación del agua por el uso industrial (es decir usar el sistema acuático como receptor de las descargas industriales) es una de las metas que se deben establecer con una determinada prioridad. De las comunas que forman parte de la cuenca las que concentran el mayor número de industrias son Concepción, Talcahuano y Los Ángeles. Además, existe un número importante de industrias ligadas al sector forestal distribuidas en el área de la Depresión Central, principalmente en las comunas de Cabrero, Laja, Nacimiento y Los Ángeles. Cabe destacar que si consideramos el límite físico de la cuenca solamente están contenidas en esta área el 35% de las industrias ya que en sentido estricto, sólo el 50% de la comuna de Concepción y sólo un 25% de la comuna de Talcahuano están contenidas en la cuenca.



Río Biobío en la confluencia con el río Laja (sector izquierdo). La mancha oscura muestra la influencia de las descargas industriales al Biobío.



Turbiedad de las aguas del río Biobío causada por la masiva erosión de la cuenca asociada a la pérdida de bosque nativo.

e) La actividad hidroeléctrica

Parte importante de la cuenca del río Biobío se encuentra en la región andina, donde las pendientes del cauce y de sus afluentes son comparativamente fuertes. Debido a que el río posee un régimen hidrológico pluvio - nival, al ser alimentado tanto por las aguas lluvias en invierno como por las provenientes del derretimiento de nieves en primavera y verano, su caudal en la parte alta es relativamente poco variable, mostrando un período de estiaje sólo entre el término del verano y el inicio del otoño. Esta característica lo hace particularmente interesante como fuente de energía hidroeléctrica.

En el río Laja, se han construido tres centrales hidroeléctricas y otras obras complementarias que permiten hacer uso del lago Laja como embalse, para regular en forma interanual las aguas necesarias tanto para la producción de energía eléctrica, como para el riego de parte de los terrenos agrícolas de la región. Este embalse natural, con sus 5.000 millones de m³ de volumen útil, permite transferir agua de los años lluviosos a los secos, con lo cual las centrales que usan sus aguas pueden aumentar su producción en los años de escasez hídrica y compensar así el déficit de generación que se observa en esos períodos en las restantes centrales hidráulicas que abastecen al Sistema Interconectado Central (sistema de transmisión eléctrica que abastece gran parte del

territorio chileno). El referido desarrollo hidroeléctrico aporta al Sistema Interconectado Central una potencia de 836 MW y una producción anual que, en promedio, es de 3.810 GWh.

f) La agricultura y ganadería

El río Biobío corresponde a la principal fuente de abastecimiento de agua para los asentamientos urbanos e industriales de la VIII Región. Por otro lado la cuenca posee en el área de la Depresión Central una extensa e importante superficie agrícola con riego. La agricultura representa el más importante usuario al utilizar los mayores volúmenes de agua del río Biobío. Los caudales de riego alcanzan a 171 m³/s durante los siete meses de la temporada de riego, lo que equivale a un volumen anual de 3.125 millones de metros cúbicos. El uso del agua para riego, implica al mismo tiempo un riesgo amplio de contaminación del resto del sistema fluvial, ya que las aguas de riego transportan una parte importante de las sustancias químicas que utiliza la agricultura para aumentar la eficiencia de los cultivos (fertilizantes, pesticidas, plaguicidas etc.). Lo mismo ocurre con la enorme cantidad de sustancia química, algunas de ellas muy tóxicas, a veces esparcidas por el aire (fumigación aérea) usadas por la actividad forestal que llegan por escorrentía superficial o a través de las aguas subterráneas al río.

La agricultura en la cuenca del Biobío se caracteriza por presentar dos clases de actividades perfectamente diferenciadas: los cultivos de riego y los cultivos de secano, determinados por las condiciones edáficas. El área de riego de la cuenca esta comprendida fundamentalmente en la Depresión Central. En la cuenca existen aproximadamente 182.477 ha. bajo riego, mediante diversos sistemas estatales y particulares. Esta superficie representa cerca del 14% del total regado del país (1.250.000 ha.) y el 76% de la superficie total de la cuenca. Corresponde al área más productiva del sector agrícola, debido a que minimizan el grave problema de los períodos secos estivales (4 a 6 meses al año). Se destinan al riego los suelos de mayor productividad, donde es posible realizar rotaciones más amplias, que le permiten a los agricultores tener mayores alternativas de cultivos. En la agricultura de riego es posible distinguir una de carácter tradicional, que es la que ocupa mayor espacio del territorio y otra moderna, de carácter intensivo. Este sector agrícola está experimentando cambios en el uso del suelo hacia el forestal intensivo con *Eucaliptus*, como está sucediendo especialmente en la comuna de Mulchén. Un caso similar ocurrió en la comuna de Cabrero, donde se estableciera plantaciones de *Pinus radiata* en más de un 50% de la superficie regada.

En la actualidad, ya se encuentra en operación el mayor proyecto de riego de la cuenca, que se conoce como Proyecto Laja-Diguillín. El área contemplada se encuentra ubicada en la provincia de Ñuble, VIII Región, y que permitió la incorporación a riego seguro de casi 60.000 há, en las comunas de San Ignacio, El Carmen, Bulnes, Pemuco y Yungay.

Los suelos agrícolas de secano cultivable se encuentran ubicados en las tres unidades geomorfológicas de la cuenca: la Cordillera Andina, la Depresión Central y la Cordillera de la Costa. Los cultivos que se realizan en el sector de secano, se caracterizan por ser extensivos y de baja rentabilidad. Entre los factores

ambientales que han determinado este tipo de agricultura, se encuentran las condiciones climáticas, particularmente la distribución de las lluvias. A lo anterior se suman diversas limitantes del suelo, como la erosión, texturas extremas, suelos delgados, problemas de inundaciones, etc. El principal cultivo que se realiza es el trigo de invierno, que forma parte de la rotación que incluye avena, raps y praderas naturales.

Las praderas de la cuenca están concentradas en gran parte al área de la provincia del Biobío. Las praderas de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa (secano interior) son naturales con un crecimiento muy estacional y la producción está concentrada en primavera. En la Depresión Intermedia se encuentran las praderas artificiales de buena calidad, usadas especialmente por planteles lecheros. En la Precordillera andina predominan las praderas naturales, con un marcado crecimiento estacional, donde el 70 al 80% de la producción se genera en primavera.

El área de influencia del río Biobío se encuentra circunscrita fundamentalmente al sector costero comprendido entre Punta Lobos, en el extremo norte de la Bahía de San Vicente (36°42'S; 73° 10'W) y Punta Lavapié, ubicada en el área sur del Golfo de Arauco (37° 09'S; 73° 35'W). Este sector, corresponde al área de influencia directa de las aguas continentales drenadas desde la Cuenca Hidrográfica del río Biobío. Las aguas superficiales del área costera-marina, pueden ser modificadas localmente debido a la mezcla y dilución con aguas continentales, aportadas principalmente por el río Biobío durante el invierno, produciendo en algunas áreas restringidas, condiciones de tipo estuarinas. Las aguas subantárticas que penetran en el Golfo de Arauco, sufren una fuerte dilución en el período invernal, por el efecto del mayor caudal del río Biobío, llegando a afectar el estrato superficial hasta cerca de 20 m de profundidad. Esto es de particular importancia desde el punto de vista ambiental, especialmente porque determina la entrada de nutrientes y otros componentes de origen terrígeno y antrópico a la zona costera, y porque las condiciones estuarinas generadas, afectan los patrones de abundancia y distribución espacial de muchos organismos pelágicos.

El problema de la contaminación de las aguas y de los fondos sublitorales de la VIII Región, ha sido enfrentado sólo en años recientes, y con particular atención en las zonas involucradas directamente con focos de polución. Más que en la columna de agua, las investigaciones se han centrado especialmente en los sedimentos, debido a su moderada variabilidad temporal. Un estudio preliminar, realizado en los sedimentos superficiales del Golfo de Arauco y Bahía de San Vicente, mostró que estas áreas poseen bajos niveles de

concentraciones de metales pesados. Resulta interesante tomar en cuenta que el Golfo de Arauco tendría potencialmente una importante capacidad asimilativa de las aguas del río Biobío y de las sustancias contaminantes que éste transporta, disueltas o ligadas a material particulado. Esto se deduce considerando que los aportes de agua dulce del río Biobío al Golfo de Arauco, son proporcionalmente moderado en términos cuantitativos.

El cañón submarino del Biobío

El cañón del Biobío está orientado, aproximadamente EW y su morfología corresponde a un surco estrecho, sin divagaciones de importancia, que interrumpe la continuidad de la plataforma continental, relativamente ancha en esta zona. Su cabecera se ubica a menos de 500 m de la costa y afecta a la isóbata de los 20 m. La isóbata de los 100 m se sitúa, aproximadamente, a 1.200 m de la desembocadura del río Biobío. La morfología del cañón del Biobío, puede ser descrita subdividiéndola en dos sectores. Al Oeste de los 73°14' W, se reconoce un surco relativamente amplio en forma de "U", que posiblemente corresponde a una antigua cabecera del cañón. Al este del límite anterior, se reconoce un curso estrecho, con una sección en "V", típica de la zona en erosión y profundización. Presenta un talud que alcanza 240 m de profundidad a unos 3 Km de la costa.

La distribución de los sedimentos en la zona de la desembocadura del río Biobío, se debe, en gran parte, a la presencia del cañón submarino y a las descargas del río. La batimetría y la distribución de los sedimentos, ponen en evidencia la existencia de un delta sumergido, centrado más al Sur de la actual Boca Sur, constituido por arenas, producto de las descargas del río. Este delta es actualmente inactivo y, en parte, destruido por el retroceso de la cabecera del cañón. El cañón submarino del Biobío corresponde a una estructura activa, de gran importancia en la configuración morfológica y en los procesos sedimentológicos actuales del litoral, debido a la proximidad de su cabecera al sector de la desembocadura. Existe una acumulación progresiva de sedimentos en la cabecera del cañón, los cuales, por pérdida de estabilidad producen esporádicamente, flujos gravitacionales y éstos, a su vez, corrientes de turbidez. El transporte de sedimentos en el fondo del cañón se alterna con períodos de sedimentación normal.

El cañón submarino se encuentra en una fase de erosión, la cual produce una migración de su cabecera hacia tierra, que pone en peligro el actual equilibrio sedimentación-erosión en la desembocadura del río y en la playa Escuadrón. Esta playa es alimentada por las arenas aportadas por el río Biobío y transportadas hacia el sur por deriva costera, de tal manera que, si la cabecera del cañón se aproxima cada vez más, ésta actuaría como trampa de sedimentos.



Desembocadura del río Biobío al mar, en el extremo norte del Golfo de Arauco. La macha en el mar corresponde al sedimento transportado por el río producto de la masiva erosión de la cuenca.