

INFORME FINAL
Licitación ID N° 1854-16-L109

Consultoría Técnica
Propuesta de Plan Integral de Restauración del
Humedal El Culebrón, Región de Coquimbo



Preparado para:
Comisión Nacional del Medio Ambiente
Región de Coquimbo

Equipo de trabajo
Luis Rivera V.
Sergio Quiroz J.
Javier Arancibia F.

La Serena
Noviembre 2009



**Propuesta de Plan Integral de Restauración del Humedal El Culebrón,
Región de Coquimbo**



Equipo de trabajo

Coordinador
Luis Rivera V.
Ing. Medio Ambiente y Recursos Naturales

Sergio Quiroz J.
Biólogo

Javier Arancibia F.
Botánico

La Serena
Noviembre 2009





ÍNDICE

Resumen Ejecutivo

Introducción	1
Preámbulo	2
Objetivos	2
Capítulo 1: Descripción del Humedal El Culebrón.	
Actividad n°1:.....	7
Capítulo 2: Actividades que se desarrollan en los márgenes del humedal y áreas de influencia y su impacto.	
Actividad n°1:.....	67
Capítulo 3: Amenazas en el humedal que modifican la estructura y funcionamiento del humedal.	
Actividad n°1:.....	76
Actividad n°2:.....	84
Actividad n°3:.....	92
Capítulo 4: Propuesta de programa de monitoreo de calidad ambiental del estero El Culebrón	
Actividad n°1:.....	102
Capítulo 5: Propuesta Plan de Restauración del Humedal El Culebrón	
Actividad n°1:.....	115
Actividad n°2:.....	124
Actividad n°3:.....	142
Capítulo 6: Estimación de los costos asociados a la implementación de las medidas de restauración propuestas	
Actividad n°1:.....	193
Recomendaciones finales	197
Conclusión	199
Bibliografía	201
Anexos	



Índice de figuras

Figura 1: Izquierda: Ubicación geográfica comuna y ciudad de Coquimbo a nivel regional. Derecha: Estero El Culebrón en el contexto comunal.....	7
Figura 2: Ubicación geográfica estero El Culebrón.....	9
Figura 3: Ubicación geográfica referencial de poblaciones cercanas al área de influencia.....	16
Figura 4: A la izquierda, vista panorámica sector Baquedano; a la derecha calle Maipú.....	17
Figura 5: A la izquierda, La Cantera Alto en sector cercano al Sifón; a la derecha vista de la Av. La Cantera.....	17
Figura 6: A la izquierda, vista panorámica sector San Juan.....	18
Figura 7: A la izquierda, vivienda de familia dedicada a la agricultura; a la derecha vista de una población ó villa..	18
Figura 8: A la izquierda, se aprecia recolección de residuos sólidos; a la derecha vista de la toma El Triángulo....	19
Figura 9: A la izquierda, acumulación de residuos sólidos; a la derecha vista vivienda básica ubicada en la ribera del estero.....	19
Figura 10: Ubicación geográfica estaciones de muestro.....	27
Figura 11: Diferencia altitudinal y distancia al mar de cada estación.....	29
Figura 12: Dendograma de las Comunidades presentes en las estaciones de estudio.....	45
Figura 13: Familias Hyalellidae y Chironomidae.....	50
Figura 14: Valores de Índice Biótico de Familia para el Estero El Culebrón.....	52
Figura 15: Tabla de campo de evaluación del Hábitat Fluvial.....	54
Figura 16: Valores obtenidos para IHF en el estero El Culebrón.....	57
Figura 17: Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales, Índice QBR.....	59
Figura 18: Valores obtenidos para el Índice QBR para el estero El Culebrón.....	62
Figura 19: Catastro microbasurales estero El Culebrón.....	66
Figura 20: Vista estero El Culebrón en Unidad Pan de Azúcar.....	69
Figura 21: Vista Unidad San Martín.....	70
Figura 22: Vistas Unidad Santa Filomena.....	71
Figura 23: Sub-unidades de análisis de unidad El Culebrón.....	71
Figura 24: Vistas Sub - Unidad La Cantera San Juan.....	72
Figura 25: Vista Sub-Unidad La Garza hacia el norte desde puente El Culebrón.....	73
Figura 26: Vistas Sub - Unidad La Garza hacia el sur desde puente de ferrocarril.....	73
Figura 27: Vista Sub - Unidad El Culebrón hacia el norte desde puente de ferrocarril.....	74
Figura 28: Vista Sub - Unidad El Culebrón hacia el sur desde puente Av. Costanera.....	74
Figura 29: Vista Sub - Unidad Playa Changa hacia norte desde puente Av. Costanera.....	75
Figura 30: A la izquierda cultivos en sector de Pan de Azúcar. A la derecha suelos arados cercanos a puente La Garza.....	77
Figura 31: Uso recreativo. A la izquierda, sector conocido como la cueva del chivato. A la derecha, Club de Campo Pan de Azúcar.....	79
Figura 32: Uso comercial. A la izquierda, Automotora Currifor. A la derecha, Centro Agrícola y Pesquero La Garza.....	79
Figura 33: Proyectos inmobiliarios en desarrollo.....	80
Figura 34: Uso minero. A la izquierda, deposito de mineral de hierro. A la derecha, línea ferroviaria de transporte de mineral de hierro.....	82
Figura 35: A la izquierda, operaciones de extracción de tierra dulce. A la derecha, operaciones de extracción de agua.....	83
Figura 36: A la izquierda, ruta 5 norte. A la derecha, puente sobre estero en Av. Costanera.....	83
Figura 37: Zonas contiguas al Estero El Culebrón.....	99
Figura 38: Mapa de susceptibilidad de flujos e inundaciones.....	101
Figura 39: Ubicación geográficas estaciones de monitoreo sistema léntico.....	106
Figura 40: Ubicación geográfica estaciones de monitoreo sistema lótico.....	110



Figura 41: Factores que configuran los hábitats y comunidades biológicas de los ríos y esteros.	145
Figura 42: Zonas donde se aplicarán medidas intensivas. En la fotografía de la derecha es posible ver un relleno de aproximadamente 1 m por sobre el nivel natural del sistema.....	148
Figura 43: Izquierda, restos de tramo de alcantarillado. Derecha, plásticos y neumáticos.....	149
Figura 44: Residuos vegetales depositados en el sector.....	149
Figura 45: Izquierda, derrames de hidrocarburos. Derecha, elementos contaminados.....	150
Figura 46: Pasivo minero de mineral de hierro.....	151
Figura 47: Izquierda, elemento antrópico. Derecha: <i>Distichlis spicata</i>	152
Figura 48: Izquierda, talud de línea férrea. Derecha, talud de puente costanera.....	153
Figura 49: Laderas a revegetar.....	153
Figura 50: Resultado de la aplicación de medida de limpieza realizada por la I. Municipalidad de Coquimbo.....	155
Figura 51: <i>Eichornia crassipes</i> , conocida comúnmente como Jacinto de agua.....	155
Figura 52: Rápido crecimiento hidrófitas, en la izquierda se observa cobertura en el mes de agosto, a la derecha la cobertura del mes de noviembre.....	156
Figura 53: Izquierda, helófitas que serán relegadas hacia el este. Derecha. Presencia de antiguo nivel de la laguna, similar al que actualmente se observa en la orilla oeste.....	157
Figura 54: Izquierda, es posible observar un conjunto de eucaliptus ubicados en el borde del estero. Derecha, actual pantalla de eucaliptus a un costado de ruta 5 norte.....	158
Figura 55: Vistas del área donde se propone una pantalla vegetacional	159
Figura 56: Izquierda, vista del hábitat a simular. Derecha, aves descansando en isla.....	160
Figura 57: Erosión hídrica en playa.....	161
Figura 58: Relación de velocidad de terminal (ut) y la velocidad de flujo (uf) en sedimentación discreta	162
Figura 59: Humedal de flujo sub-superficial	163
Figura 60: Instalación del rollo de pasto.....	166
Figura 61: Vista lateral del rollo de pasto.....	166
Figura 62: Rollo de pasto.....	167
Figura 63: Vista lateral de la estructura.	168
Figura 64: Técnica aplicada al río Kenai.....	168
Figura 65: Técnica aplicada al río Kenai, Alaska. Tres semanas después de implementado.....	168
Figura 66: Metodología barrera de árboles, pasos del 1 al 3.....	170
Figura 67: Metodología barrera de árboles, pasos del 4 al 6.....	171
Figura 68: Técnica aplicada al río Kenai, Alaska.....	171
Figura 69: Deflector de un ala.....	173
Figura 70: Deflector de corriente de un ala protegido por una malla de alambre.....	174
Figura 71: Deflector de corriente de un ala protegido por troncos.....	174
Figura 72: Construcción paso a paso de deflector de un ala.....	175
Figura 73: Deflector de doble ala.....	176
Figura 74: Plantaciones de ramas de sauces en diferentes posiciones para estabilizar la orilla.....	181
Figura 75: Colocación de escollera en la base del talud del cauce, y estaquillado con ramas de sauce.....	181
Figura 76: Barreras formando una estructura de troncos dispuestos sobre el talud y anclados con ramas de sauces vivos introducidos en el suelo, sobre una base de piedras que da estabilidad a todo el conjunto.	181
Figura 77: Estructuras combinadas con piedras en la base del talud, y un entramado de troncos verticales y horizontales sobre los que se colocan las estacas del sauce, apropiadas para taludes de elevada pendiente.....	182
Figura 78: Faginas de ramas de sauces sueltas, sobre una base de escollera situada en la parte inferior del talud del cauce. Las faginas también se pueden entrecruzar con troncos verticales, formando barreras.....	182
Figura 79: Estructuras combinadas para taludes de mayor pendiente, ofreciendo una mayor resistencia a la erosión de la corriente.....	182
Figura 80: Trípode.....	183
Figura 81: Pasarela.....	184



Figura 82: Pasarelas con señalética.....	185
Figura 83: Estructura de un Lunkers.....	185
Figura 84: Esquema de un lunker.....	186
Figura 85: (A) Vista lateral de la construcción de un LUNKER y (B) Ubicación del LUNKERS.....	186
Figura 86: Capa de bolones sobre el Lunkers.....	187
Figura 87: Instalación de barras de refuerzo.....	187
Figura 88: Plantación con vegetación de ribera propia del lugar.....	187
Figura 89: Señalética a partir de madera.....	189
Figura 90: Señalética construida de metal.....	189
Figura 91: Señalética de monitoreo de aguas.....	189

Índice de gráficos

Gráfico 1: Caudales promedio anual.....	9
Gráfico 2: Caudales promedio mensual.....	9
Gráfico 3: Relación entre agua caída y caudal del estero El Culebrón.....	10
Gráfico 4: Evolución de la pobreza e indigencia en la región de Coquimbo.....	13
Gráfico 5: Espectro biológico. Porcentajes de formas de vida.....	36
Gráfico 6: Gráfico de origen de las especies vegetales.....	37
Gráfico 7: Riqueza de especies por clase sistemática, registrada en la zona de estudio.....	43
Gráfico 8: Cuantificación de especies en estado de conservación.....	45
Gráfico 9: Abundancias de individuos de las familias de macroinvertebrados.....	50

Índice de tablas

Tabla 1: Distribución de las principales actividades económicas de la ciudad de Coquimbo.....	13
Tabla 2: Proyección del crecimiento de la población para la ciudad de Coquimbo.....	14
Tabla 3: Proyección porcentual de la distribución etárea de la población de la ciudad de Coquimbo.....	14
Tabla 4: Ubicación geográfica estaciones de muestro.....	26
Tabla 5: Parámetros físicos y químicos.....	27
Tabla 6: Tipos de substratos presentes en cuerpos de aguas superficiales.....	27
Tabla 7: Descripción física del cauce.....	28
Tabla 8: Criterios utilizados para determinar la cobertura de especie por parcela.....	31
Tabla 9: Catálogo florístico del área de estudio.....	32
Tabla 10: Información taxonómica de las especies vegetales.....	36
Tabla 11: Formas de vida de las especies vegetales.....	36
Tabla 12: Origen de las especies vegetales.....	37
Tabla 13: Estados de conservación de las especies vegetales.....	37
Tabla 14: Frecuencia y abundancia de las especies vegetales en las estaciones de trabajo.....	37
Tabla 15: Especies y su presencia en las seis estaciones/matriz para el cálculo de Jaccard.....	43
Tabla 16: Valores de Índice de Shannon.....	44
Tabla 17: Listado de las especies de vertebrados registrados en las seis estaciones de estudio. Clasificación sistemática y estado de conservación.....	46
Tabla 18: Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF).....	48
Tabla 19: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación de Índice Biótico de Familias (IBF).....	49
Tabla 20: Familias de macroinvertebrados. Puntuación Índice Biótico de Familia.....	59
Tabla 21: Calidad del agua de cada estación.....	59
Tabla 22: Bloques de Índice de hábitat fluvial.....	53
Tabla 23: Rangos IHF.....	55
Tabla 24: Los rangos de calidad del Índice QBR.....	61
Tabla 25: Valores QBR obtenidos en terreno para cada criterio.....	61
Tabla 26: Catastro microbasurales y basurales clandestinos estero El Culebrón.....	65
Tabla 27: Delimitaciones geográficas.....	68



Tabla 28: descripción de criterios de evaluación.....	85
Tabla 29: Rangos de jerarquización de impactos ambientales.....	86
Tabla 30: Evaluación de impactos generados por la actividad agropecuaria.....	87
Tabla 31: Evaluación de impactos generados por la actividad recreativa.....	88
Tabla 32: Evaluación de impactos generados por la actividad comercial.....	89
Tabla 33: Evaluación de impactos generados por la actividad inmobiliaria.....	89
Tabla 34: Evaluación de impactos generados por la actividad minera.....	89
Tabla 35: Evaluación de impactos generados por las actividades de extracción.....	90
Tabla 36: Evaluación de impactos generados por el uso vial.....	90
Tabla 37: Evaluación de impactos generados por el crecimiento urbano.....	91
Tabla 38: Ubicación geográfica estaciones de monitoreo sistema léntico.....	106
Tabla 39: Variables abióticas sistema léntico.....	107
Tabla 40: Variables bióticas sistema léntico.....	107
Tabla 41: Ubicación geográficas estaciones de monitoreo sistema lótico.....	111
Tabla 42: Variables abióticas sistema lótico.....	111
Tabla 43: Variables biológicas sistema lótico.....	112
Tabla 44: Resultados zonas críticas o sensibles.....	117
Tabla 45: Resultados zonas críticas o sensibles.....	119
Tabla 46: Clasificación de las unidades y sub-unidades.....	123
Tabla 47: Metodologías de recolección.....	147
Tabla 48: Resumen de aplicación de medidas.....	192
Tabla 49: Costos asociados a medidas de mejoras.....	194
Tabla 50: Costos asociados al programa de restauración.....	196
Tabla 51: Costos anuales asociados al programa de monitoreo.....	196

Anexos

- Anexo 1: Parámetros de calidad de agua, valores promedio y desviación estándar.
- Anexo 2: Características morfológicas de terrazas marinas sector La Serena-Coquimbo.
- Anexo 3: Gráficos sobre encuesta de percepción ciudadana.
- Anexo 4: Evolución territorial de la ciudad de Coquimbo.
- Anexo 5: Fotografías aéreas Humedal El Culebrón.
- Anexo 6: Perfiles de fondo de cada estación.
- Anexo 7: Censo de aves.
- Anexo 8: Macroinvertebrados Estero El Culebrón.
- Anexo 9: Aspectos ambientales descriptivos por unidad.
- Anexo 10: Evolución territorial de la ciudad de Coquimbo.



Resumen Ejecutivo

Existe una creciente preocupación por la pérdida de espacios naturales a nivel mundial sobre todo de sistemas únicos como lo son los humedales, es por ello que a nivel internacional se realizan esfuerzos para lograr su recuperación con la finalidad de asegurar su existencia y la de toda la vida que albergan.

Siguiendo esta dirección y reconociendo el deterioro ambiental del cual es víctima el humedal El Culebrón es que se ha realizado un análisis de la calidad ambiental a nivel de la cuenca de Pan de Azúcar, con la finalidad de determinar los impactos que afectan la calidad del estero El Culebrón y la de su laguna estuarina y desembocadura.

El Estero El Culebrón se ubica en la ciudad de Coquimbo, geográficamente se encuentra en el extremo sur-oeste de la bahía del mismo nombre y formaba parte de un ecosistema húmedo de vegas existente en toda la línea costera de la bahía, la que en pro del progreso de las ciudades de Coquimbo y de La Serena, fue desecado durante la década de los cincuenta con la construcción de obras civiles que drenaron estas zonas y permitieron poblar y construir en estos lugares.

El estero corresponde al principal flujo hídrico superficial natural de la microcuenca de Pan de Azúcar y desemboca en el Océano Pacífico en el sector de Playa Changa. La cuenca es del tipo preandina exorreica con régimen pluvial. Su uso principal es el agrícola. Su caudal promedio es de 0,38 m³/s y recibe aportes naturales desde una serie de quebradas y de manera artificial recibe los excedentes de riego del Canal Bellavista, este último conduce aguas desde el Río Elqui hacia el sector de Pan de Azúcar.

La zona baja del estero recibe aportes de intrusiones salinas, tanto para los depósitos de playa, como para el acuífero fluvial en las inmediaciones de la desembocadura. Influenciado directamente por la dinámica de mareas en el área estuarina. Es posible observar en esta zona la formación de una laguna costera atrapada entre la barrera costera y el siguiente nivel de terraza. Este humedal es del tipo "estuarino" con un subsistema del tipo intermareal, de la clase espejo de agua con vegetación emergente y arena cuyo régimen de agua es permanente. Su condición permite un intercambio dinámico de flujos entre aportes de agua salada y dulce.

Desde el punto de vista social, es posible ver viviendas en gran parte de la ribera del Estero y en las áreas cercanas. Comenzando desde este a oeste, en la parte alta de la microcuenca, en el sector de Pan de Azúcar se presentan comunidades agrícolas. Aguas abajo, al este del Estero se encuentra el sector La Cantera, al oeste la población San Juan. En la primera terraza de la bahía de Coquimbo, a un costado del humedal se encuentra el sector denominado Baquedano, conformado por viviendas antiguas, este sector comparte usos habitacionales con el funcionamiento de talleres mecánicos.

Dentro de las instituciones y organismos que influyen sobre el futuro del humedal se han reconocido los siguientes actores relevantes: Ilustre Municipalidad de Coquimbo. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Bienes Nacionales, CONAF, Algueros de Playa Changa, Privados, Movimiento Ciudadano por Coquimbo, Compañía Minera del Pacífico, Compañía Minera Carmen de Andacollo, CAACH, Comunidad, CEAZA y Universidades.

Se realizó una campaña de terreno, que contó con 6 estaciones de monitoreo (7 para flora), que determinó parámetros físicos y químicos, donde se pudo observar como la conductividad eléctrica (promedio 0,97 mS/cm) y los sólidos disueltos (promedio 0,48 ppt) aumentan al acercarse al mar, temperatura y pH se comportan según las condiciones de flujo del caudal. Todo el estero se ve dominado por una granulometría de fondo correspondiente a fango, en algunos casos en conjunto con gravilla o bolones. Los valores promedios de velocidad, profundidad, ancho y caudal son 0,26 m/s, 0,28 m, 13,35 m y 0,48 m³/s respectivamente.



En cuanto a la flora se registraron 75 especies con mayor porcentaje de advenas (53,5%) y predominio de las hierbas perennes y anuales (Hemicriptófitos 28,1% y Terófitos 21,3%). Las plantas macrófitas, Hidrófilos y Helófitos suman un 24,2%. Se registraron 7 especies con problemas de conservación, de las cuales 1 es Vulnerable y 6 Insuficientemente conocidas pudiendo estar con vulnerabilidad. La estación 6 correspondiente a la desembocadura presenta la mayor riqueza de especies (s=45) y en ella se encuentran todas las especies con problemas de conservación, por lo que sería el lugar más importante desde el punto de vista florístico.

Para la fauna se obtuvo un registro de un total de 40 especies. Del total, cinco corresponden a peces (12,5 %), una a anfibios (2,5 %), tres a reptiles, 25 a aves (62,5 %) y seis a mamíferos (15%). Estableciendo las comunidades existentes en el área de estudio, se observa la constitución de dos grupos conformando un dendrograma en forma de escala: estación 1-(2,3,4,5,6) a un 28% de similitud y el grupo interno 5-6, con un 56,9 % de similitud. Siendo este último grupo el de mayor importancia, dada la riqueza de especies que la conforman (66 %). De las 40 especies detectadas durante la campaña de terreno, sólo el 17,5% (Siete especies) se encuentran en estado de conservación, del total el 85,7% (seis especies) se encuentra vulnerables (*Mugil cephalus*, *Pleurodema thaul*, *Liolaemus kuhlmani*, *Liolaemus lemniscatus*, *Liolaemus tenuis* y *Myocastor coypus*) y sólo el 14% como rara (*Ardea cocoi*).

Se aplicaron índices bióticos para conocer la condición de ciertas características del estero:

El Índice Biótico de Familia IBF, que establece la calidad de las aguas según la presencia de especies de macroinvertebrados que la habitan, determina dos estaciones de muy mala calidad, dos estaciones de mala calidad y una de calidad relativamente mala.

El Índice de hábitat Fluvial IHF, establece la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada, considerando que un hábitat heterogéneo es capaz de albergar mayor diversidad de comunidades biológicas. Acá se han reconocidos tres estaciones con un hábitat homogéneo, una con un hábitat muy homogéneo y una con una hábitat relativamente heterogéneo.

El Índice de Bosque de Ribera, evalúa las características del sistema de ribera, como la calidad de su cobertura, la naturalidad del canal fluvial entre otros aspectos. Aquí es posible reconocer 4 estaciones de mala calidad y una de calidad pésima.

Además se realizó un catastro de microbasurales, donde se reconoce que la zona más afectada es la zona baja con la presencia de rellenos de material, residuos peligrosos, y residuos domiciliarios que afecta una superficie mayor a las 4 hectáreas.

Los límites geográficos de las zonas a estudiar en cuanto a los impactos fueron 4 definidos en la siguiente tabla:

Unidad	Sub-unidad	Cód.	Límites
Unidad Pan de Azúcar		PA	Desde El Sauce hasta antes de la entrada de canal de excedentes de regadío a la altura de Club de Campo Pan de Azúcar-
Unidad San Martín		SM	Desde la entrada del canal con excedentes de regadío hasta cruce de camino de acceso a loteo Las Pircas.
Unidad Santa Filomena		SF	Desde camino acceso loteo las pircas hasta canchas de tierra.
Unidad El Culebrón	Unidad la Cantera- San Juan	EC-1	Desde canchas de tierra hasta panamericana
	Unidad La Garza	EC-2	Desde panamericana hasta línea férrea.
	Unidad Laguna El Culebrón	EC-3	Desde línea férrea hasta puente Av. Costanera.



Los impactos que se suscitan están directamente relacionados con los usos. Las zonas altas y bajas del estero son las que presentan mayor variedad de usos, la zona media solo presenta aptitudes para usos recreativos debido al alto grado de saturación de agua del suelo. La zona baja se ubica dentro de los límites urbanos por lo que es el área con mayor cantidad de usos.

El uso agrícola es el uso principal de la microcuenca, se encuentra concentrado en el sector de Pan de Azúcar, con 6.500 ha de cultivo (gore, 2008) y se abastece de agua de riego desde el canal Bellavista y por la extracción de aguas subterráneas del acuífero El Culebrón. El uso recreativo se da principalmente en la zona baja, el que es representado principalmente por el baño. Se reconoce un uso comercial que ha generado grandes impactos en la conformación morfológica del río, entiendo a este último que no solo lo conforma su zona húmeda, sino que también su zona de crecidas, conocida como ribera. El uso turístico ha ido en un sostenido incremento en los últimos años, este uso se da principalmente en el borde costero, ligado netamente a las actividades estivales realizadas en las playas. El uso inmobiliario es el que ejerce la mayor presión sobre el humedal y donde ya ha comenzado a ocupar sus terrenos (extremo oeste). El uso educativo, no ha sido potenciado actualmente y es uno de los usos que mayores beneficios generará en la población. El uso minero se ve reflejado por la presencia de un acopio de mineral de hierro, siendo este uno de los impactos más visibles. El uso extractivo incluye la extracción de agua, de camarón de río y de tierra dulce, todas actividades que no se encuentran reguladas. El uso vial se observa en las zonas cercanas a la laguna, presenta uno de los mayores impactos, la fragmentación del hábitat.

Se ha utilizado la metodología de la matriz de Leopold, para evaluar los impactos que se observan dentro de la cuenca, estableciendo una matriz de causa y efecto entre los componentes ambientales. En cuanto a los impactos producidos por la actividad agropecuaria, estos se dan principalmente en la parte alta de la cuenca y los más relevantes tienen que ver con el efecto sobre la cantidad y calidad de las aguas. Las actividades recreativas destacan por sus impactos positivos. La actividad comercial, representada únicamente por la feria agrícola pesquera La Garza muestra sólo impactos negativos, siendo el principal la alteración del cauce. La actividad inmobiliaria genera impactos negativos, y como impacto positivo el aumento de la plusvalía en el sector. Todos los impactos generados por la actividad minera son de carácter negativo. En el caso de las actividades de extracción la compactación del suelo por el paso de camiones y la erosión del suelo por trabajos en laderas son los impactos más relevantes. El principal impacto en el uso vial es la alteración física del cauce, limitando los bordes del estero cada vez que es atravesado por una obra de arte. También destaca impactos como degradación del paisaje natural y la fragmentación de hábitats.

Los impactos generados por el crecimiento urbano se analizaron del PRCC, donde el humedal se encuentra dentro de los nuevos límites de expansión urbana de la ciudad. Viéndose afectado un lugar que mantiene una alta biodiversidad y que será impactado por el aumento del flujo vehicular y de personas, la alteración del cauce (gaviones y canalizaciones) la degradación del paisaje natural, junto con la destrucción de vegetación, y de hábitats.

Al analizar las amenazas actuales el humedal se ve afectado principalmente por la falta de cuidado, el vertido de rellenos de material, escombros y residuos sólidos domiciliarios, han alterado grandes superficies que en algún momento correspondieron a zonas húmedas. Especies invasoras como *Eicchornia crassipes* provocan cambios graves sobre las condiciones naturales. La construcción de defensas fluviales en el sector alto de cuenca provocará cambios en el paisaje natural – agrícola de Pan de Azúcar. Considerado una de las mayores amenazas actuales es la falta de información por parte de la población, la que no valoriza el patrimonio natural que posee su ciudad. También, la alta carga de sedimento que arrastra el estero y la ausencia de crecidas estacionales pone en peligro la existencia de la laguna, la que puede llegar a colmatarse.



Dentro de las amenazas futuras se realiza un análisis del Plan Regulador Comuna de Coquimbo, donde preocupante es ver que gran parte de la zona baja del estero, desde la línea ferroviaria hacia el mar, se establece como una zona de expansión urbana que permite un uso de tipo residencial con una densidad bruta máxima de 1.600 hab/ha, la que terminará ahogando al sistema natural.

Para realizar un seguimiento de la calidad ambiental se ha planteado un programa de monitoreo y seguimiento ambiental, el cual plantea 4 muestreos estacionales, con el reconocimiento de parámetros bióticos, abióticos e índices biológicos.

Además, se han reconocidas las zonas críticas o sensibles en base a los antecedentes conocidos, de ellos se ha determinado que toda la zona baja es una zona crítica en cuanto a que su condición natural ha sido afectada gravemente hasta la fecha y se encuentra fuertemente amenazada por la expansión urbana de la ciudad. Preocupante es su situación y se requiere de una gran campaña de apoyo técnico, en cuanto que no sólo es necesario aplicar mejoras sobre el ecosistema, sino que de igual importancia es la educación de la población para lograr la valoración y cuidado del patrimonio ambiental de la ciudad, considerando al humedal El Culebrón como el humedal más importante de la región por su cercanía física con la población, el que puede ser destacado entre los otros como un humedal urbano.

Las zonas sensibles, aún no sufren en demasía la presión de la ciudad y se reconocen ambientes naturales de calidad los que deben ser reconocidos y valorados por la población, tal es el caso del sector conocido comúnmente como La Cueva del Chivato.

A partir del análisis de las zonas críticas o sensibles reconocidas, se han establecido las áreas a ser recuperadas, teniendo como criterios base lo siguiente: primero, la capacidad del medio para recuperar su condición natural; y segundo: la efectividad de la aplicación de técnicas de restauración sobre un componente o varios. Las medidas tendientes a mejorar la calidad ambiental de la cuenca de Pan de Azúcar se concentran en su zona baja. Pocas medidas se observan en la parte alta y media de la cuenca y estas corresponden principalmente a limpieza de residuos. Las medidas que se desarrollen en la parte alta representarán mejoras también en la parte baja de la cuenca.

Se propone un Plan Integral de Restauración del Humedal El Culebrón, enfocado a los diferentes aspectos bióticos y abióticos que necesiten restaurar sus condiciones naturales. Para el cumplimiento de esta actividad se ha detallado las técnicas de restauración a aplicar y la metodología de planificación, ejecución y seguimiento de estas.

En cuanto a la restauración ecológica, una de las definiciones más aceptadas es la que plantea la Sociedad Internacional para la restauración Ecológica (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) en el año 2004, donde la restauración ecológica “es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”.

Cuando hablamos de restauración de ríos también aludimos a su recuperación o reparación, reconociendo que en la actualidad se encuentran degradados y que es conveniente mejorar el aspecto y funcionamiento que presentan, tratando de recuperar el estado que tuvieron en tiempos pasados, que asociamos a una condición más “natural”.

Se han definido las siguientes medidas para lograr la recuperación del humedal El Culebrón:

- Limpieza de residuos sólidos
- Control de sedimentos
- Cobertura vegetal
- Control de especies vegetales
- Pasarelas
- Recuperación de riberas
- Eliminación de elementos antrópicos
- Armonización del entorno



- Pantalla vegetacional
- Generación de hábitat

De acuerdo al tiempo de aplicación de las distintas medidas es posible reconocer la siguiente temporalidad en su aplicación y seguimiento: medidas de limpieza en corto plazo, generación de hábitats y mejoras de calidad fluvial de mediano a largo plazo, y mejoras del paisaje se considera medidas de largo plazo.

En el caso de las medidas de restauración fluvial estas son más diversas y permitirán recuperar y generar hábitats para peces y macroinvertebrados, los que a su vez serán alimento de las aves piscívoras o insectívoras. Las medidas de revegetación y control de la vegetación también recuperarán hábitat de especies que antes se encontraban ocupados por el hombre o que se encontraban con un alto grado de alteración.

Se cree que la disminución en cuanto a la carga de sedimentos y nutrientes, traerá consigo mejoras aguas abajo, mejorando la calidad de agua, disminuyendo el proceso de eutrofización, y disminuyendo las coberturas de algunas especies vegetales, como el Jacinto de agua y las totoras.

Como recomendaciones adicionales se destaca la educación ambiental y valoración del patrimonio natural, siendo este de vital importancia para poder lograr los objetivos de protección, cuidado y conservación. La población usualmente tiene malas prácticas porque desconoce las especies de flora y fauna que allí están presente y la importancia de estos mismos dentro de los ecosistemas. Solo el acercar la naturaleza a las personas podrá generar un sentido de pertenencia, entiendo a este humedal urbano como propio y como legado histórico y natural de la ciudad.

Se reconoce que la comuna de Coquimbo posee un valioso patrimonio natural en su red de humedal, sobre todo porque se encuentran en una región semi-árida, donde las zonas húmedas son escasas. Es por ello que se debe contar con un estrategia comunal de conservación de humedales, las que permitirían evitar situaciones de desvalorización de estos espacios naturales como queda de manifiesto en el Plan Regulador Comunal de Coquimbo y la ubicación de la zona de crecimiento urbano dentro de una punto de importancia biológica importante dentro del contexto regional (humedal El Culebrón) e incluso mundial si consideramos que la zona central del país es considera un HotSpot de conservación biológica, es decir un punto crítico de conservación debido al alto grado de endemismo de sus especies. Si bien se reconoce el aporte de protección indirecta al espacio natural que generó el PRCC en las unidades San Martín y Santa Filomena, al definir las como zona de riesgo de inundación, y es necesario establecer este mismo tipo de protección indirecta en la unidad El Culebrón, considerando las zonas de inundación lateral.



Introducción

A nivel mundial, ya hace algunos años ha ido en incremento la preocupación sobre la calidad de nuestros humedales y se han comenzado a tomar medidas eficientes para la restauración de estos sitios, logrando la recuperación y valoración de estos. Esta situación se da principalmente en países desarrollados que presentan ambientes muy deteriorados.

La convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) define a los humedales como: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saldas, incluidas las extensiones de aguas marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”.

La Región de Coquimbo ubicada en la zona semiárida del país, presenta una serie de humedales costeros, los que son altamente importantes en términos ecosistémicos y de conservación, principalmente desde el punto de vista de la avifauna. Estos ambientes son conocidos como el sistema de humedales de la región y permiten generar un corredor biológico para una gran variedad de aves migratorias, presentando zonas de descanso y de nidificación. Estos humedales, descritos de norte a sur, corresponden a los siguientes: Laguna Saladita (Punta Teatinos), desembocadura del río Elqui, Estero El Culebrón, Laguna Adelaida (Lagunillas), Estero Tongoy, Lagunas Salinas Chica y Salinas Grande y el Estero Pachingo.

El Estero El Culebrón de una extensión de 18 km de longitud aproximada, se encuentra ubicado en la comuna de Coquimbo y su zona más importante en términos de conservación de biodiversidad, su desembocadura, alberga la mayor concentración de Gaviotas de Franklin (*Larus pipixcan*) de la bahía de Coquimbo (CAACH, 2005). El Humedal, una laguna estuarina se encuentra inserta dentro de la zona urbana de la ciudad de Coquimbo, por lo cual la calidad de sus ecosistemas se ven claramente amenazados por el crecimiento urbano y la presión de uso que ejerce la población que se ubica en sus márgenes, constituyendo así un sitio altamente impactado y amenazado, con la presencia de microbasurales, rellenos y depósitos de escombros en sus riberas, además de alteraciones de su cauce. Debido a su alto grado de deterioro, demanda urgentemente de la restauración ambiental para devolver la calidad a los hábitats presentes, además de recuperar el patrimonio ambiental a la ciudad.

Los usos y las actuaciones administrativas sobre los cuerpos de agua arrastran este enorme costo ambiental. Su reducción tiene que basarse en la vuelta a la sostenibilidad y a actuaciones de acondicionamiento ambiental (restauración) (Schmidt, 1999). En este sentido es especialmente importante que una restauración sea autosostenible en el tiempo. Para ello, es imprescindible contar con la perspectiva temporal de la restauración en su diseño y ejecución.



Preámbulo

Este documento representa el informe Final del estudio denominado “Propuesta de Plan Integral de Restauración del Humedal El Culebrón, Región de Coquimbo”, ID portal mercado público N° 1854-16-L109. En él se desarrolla una propuesta para la recuperación del espacio natural Humedal El Culebrón, ubicado en la comuna de Coquimbo, otorgando valor a su patrimonio ambiental, establecimiento una mejora paisajística y protegiendo a la biodiversidad que allí coexiste con la ciudad de Coquimbo.

Efectuada la selección de propuestas, el 10 de Julio de 2009, por parte de CONAMA Región de Coquimbo, y aprobado el Plan de Trabajo para el desarrollo de la consultoría por parte de los Sres. Marcelo Zepeda C. Encargado del Área de Control de Contaminación y Protección de Recursos Naturales, y el Sr. Sergio Troncoso, profesional a cargo del Área de Control de la Contaminación Hídrica.

A continuación se da conocer el objetivo general, los objetivos específicos y las actividades contempladas para la realización del presente estudio.

Objetivo General

Formular un plan integral de restauración para el Humedal El Culebrón, que permita recuperar zonas degradadas, considerando zonas de recuperación de hábitats, delimitación de zonas críticas o sensibles y otras de uso sustentable.

Objetivos Específicos

1. Describir el Humedal El Culebrón en términos de sus atributos biológicos y ecológicos.
2. Evaluar la influencia de las actividades que se desarrollan en los márgenes del humedal y establecer áreas de influencia y su impacto.
3. Reconocer las amenazas que se presentan en el humedal y que estarían modificando la estructura y funcionamiento del mismo (componentes bióticos y abióticos).
4. Proponer un programa de monitoreo que permita a futuro evaluar la calidad ambiental del estero El Culebrón (Calidad de aguas, zonas de ribera y otras de importancia para la evaluación ambiental del humedal).
5. Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que defina entre otros aspectos: áreas críticas y/o sensibles, áreas a recuperar, propuestas de obras a implementar, objetivos y metodologías de técnicas de restauración.



- Realizar una estimación de los costos asociados a la implementación de las medidas de restauración propuestas.

Actividades

Para el desarrollo de las actividades descritas a continuación, se ha llegado a un acuerdo sobre la **metodología** utilizada con el equipo del Área de Control de la Contaminación de CONAMA Región de Coquimbo, esto a través de la aprobación del Plan de Trabajo presentado por parte del equipo consultor.

Conforme a lo estipulado en los Términos de Referencia, para el logro de los objetivos específicos se desarrollan las siguientes actividades:

Objetivos Específicos	Actividades
OBJETIVO Nº 1	1. Recopilación y sistematización de información de carácter biótico, abiótico, social, territorial y toda la que sea necesaria para la buena ejecución de la consultoría.
	2. Levantamiento de información que permita describir la condición actual del Humedal y proponer medidas de restauración.
OBJETIVO Nº 2	3. Definir los límites geográficos del área de influencia del estudio y describir para éste los diferentes aspectos ambientales reconocidos en el humedal en base a visita de terreno y revisión de antecedentes bibliográficos.
OBJETIVO Nº 3	4. Identificar las actividades que se desarrollan en las cercanías del humedal reconociendo los impactos directos e indirectos, (presión y fuentes de presión) sobre éste.
	5. Evaluar el impacto que ejercen las distintas actividades sobre el humedal.
	6. Detallar las amenazas actuales y futuras para el normal funcionamiento Ecosistémico del humedal, en base al reconocimiento en terreno y revisión de antecedentes bibliográficos.
OBJETIVO Nº 4	7. Establecer un procedimiento de monitoreo y seguimiento ambiental para determinar la condición de calidad ambiental del Estero El Culebrón, que permita en un plan futuro, evaluar calidad de agua y condición ambiental del humedal, incluidas zonas de ribera que requieran restauración.
OBJETIVO Nº 5	8. Delimitar zonas críticas o sensibles, en base a los impactos ambientales que se suscitan en el lugar a través de la observación en terreno y revisión de antecedentes bibliográficos. Se espera sean considerados al menos: influencia antrópica, degradación de los suelos, presencia de microbasurales, presencia de especies exóticas invasivas, zonas de



	nidificación, descanso y alimentación de aves, entre otras que el consultor desee incorporar. Además, la priorización de las zonas que se encuentran en una condición de alta degradación.
	9. Delimitación de las áreas a ser recuperadas, presentando su debida justificación. Se requiere que la recuperación sea dirigida a las condiciones naturales esperables para este ecosistema costero, lo cual favorezca la recuperación de flora o fauna nativa.
	10. Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que contemple medidas técnicas y metodologías para la restauración o recuperación de las distintas zonas identificadas (críticas y/o sensibles), diferenciándolas según componente (flora, fauna, suelo, etc.). Jerarquizar las actividades a corto, mediano y largo plazo, según la urgencia de implementación y cumplimientos de objetivos propuesto.
OBJETIVO Nº 6	11. Establecer los costos estimados asociados a cada actividad, desglosados separadamente para cada área crítica reconocida. Esto con la finalidad de planificar la implementación de las actividades en el corto plazo.

Los resultados obtenidos, ya sea la información recopilada, como la generada es organizada y sistematizada en base a cada objetivo específico y asociada a cada actividad descrita anteriormente.

No se han considerado los límites territoriales de pertenencia a ciertas personas, sino que se ha analizado un sistema natural, el cual mantiene sus límites bien definidos, en este caso la Cuenca de Pan de Azúcar, cuenca costera de donde nace el estero El Culebrón.



Capítulo 1

Objetivo N° 1

Describir el Humedal El Culebrón en términos de sus atributos biológicos y ecológicos

Para el cumplimiento del objetivo N° 1, se describe la siguiente actividad.

Actividad N° 1

“Recopilación y sistematización de información de carácter biótico, abiótico, social, territorial y toda la que sea necesaria para la buena ejecución de la consultoría.”

Se realizó una revisión de los antecedentes bibliográficos disponibles entre los que se pueden mencionar: estudios científicos, tesis, estudios y declaraciones de impacto ambiental, entre otros; entrevistas con profesionales de servicios públicos, de empresas privadas y ONG´s. Además, de la revisión de las bibliotecas de universidades que pudiesen tener en su poder información referida a la temática. Por último una revisión de páginas web relacionadas, que pudiesen aportar antecedentes. Aspectos de mayor escala como los geológicos no han sido incluidos debido al ámbito de acción del presente estudio.

Además se presentan la información recopilada y generada en la salida a terreno realizada el día 8 de agosto en el Estero El Culebrón y la salida a terreno de día 9 de agosto realizada en el tramo inferior del Estero, desde el puente La Garza en ruta 5 norte hacia aguas abajo, considerado el sector más importante desde el punto de vista de protección.

Los resultados de terreno se presentan separadamente de los antecedentes recopilados.



Introducción

El Estero El Culebrón se ubica en la ciudad de Coquimbo dentro de la división política-administrativa en la comuna y región del mismo nombre. Geográficamente se encuentra específicamente en el extremo sur-oeste de la bahía del mismo nombre y formaba parte de un ecosistema húmedo de vegas existente en toda la longitud costera de la bahía, la que en pro del progreso de las ciudades de Coquimbo y de La Serena, fue desecado durante la década de los cincuenta con la construcción de obras civiles (drenes) que drenaron estas zonas y permitieron poblar y construir en estos lugares. El estero corresponde al principal flujo hídrico superficial natural de la microcuenca de Pan de Azúcar y desemboca en el Océano Pacífico en el sector de Playa Changa. La cuenca es del tipo preandina exorreica con régimen pluvial. Su uso principal es el agrícola. Su caudal promedio es de 0,38 m³/s y recibe aportes naturales desde una serie de quebradas dentro de la cuenca y de manera artificial recibe los excedentes de riego del Canal Bellavista, este último conduce aguas desde el Río Elqui hacia el sector de Pan de Azúcar.

En su parte baja se forma un humedal del tipo estuarino costero con una laguna principal de una superficie aproximada de 14.764 m², la que no presenta barra terminal por lo que la influencia marina es constante y determina el funcionamiento ecológico de la laguna.

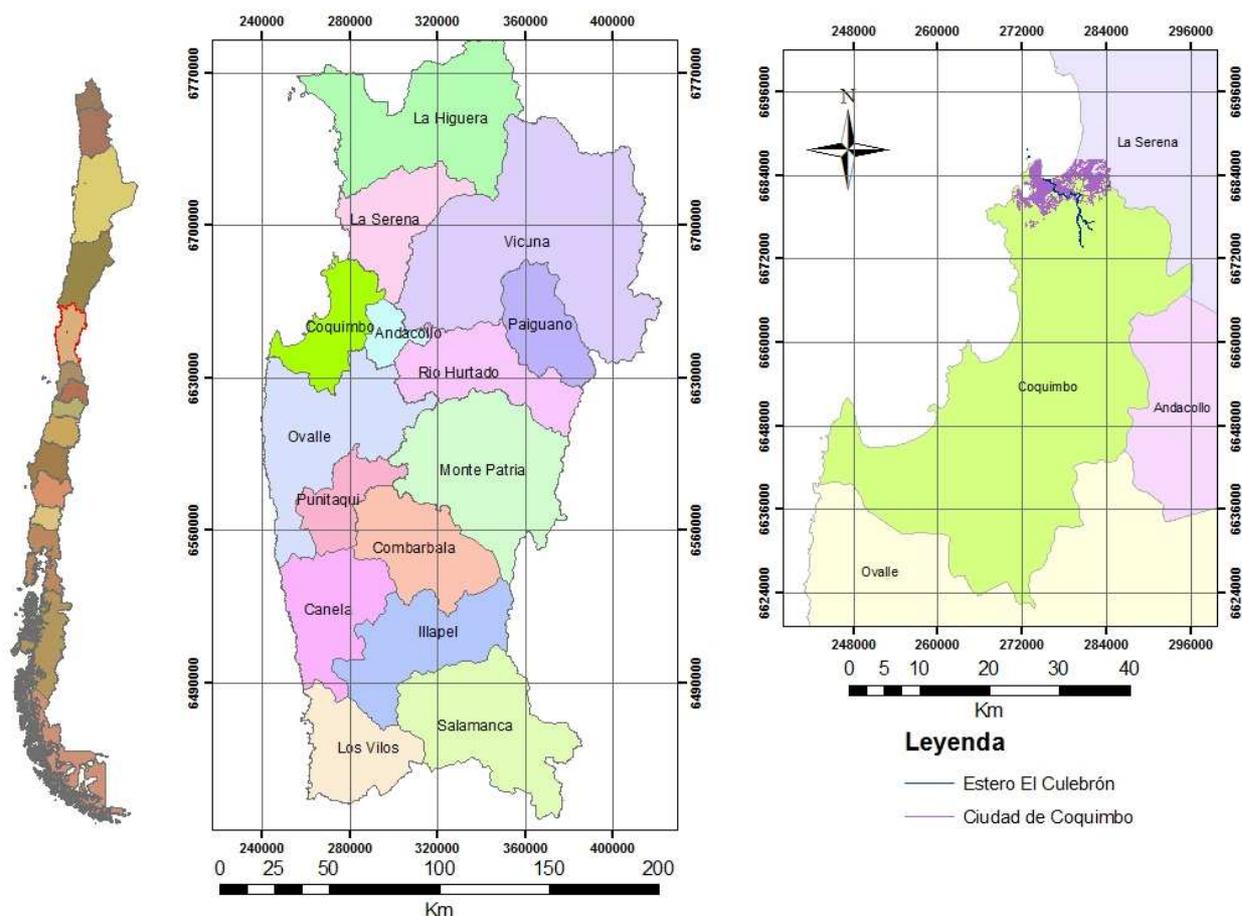


Figura 1: Ubicación geográfica comuna y ciudad de Coquimbo a nivel regional. Derecha: Estero El Culebrón en el contexto comunal (Datum WGS 84, HUSO 19 sur).



Antecedentes

Clima y meteorología

El área de estudio se encuentra sometida permanentemente a la acción del Anticiclón del Pacífico, el cuál bloquea permanentemente las depresiones frontales que provocan las lluvias en la zona central del país. La presencia de este fenómeno anticiclónico y su eventual comportamiento determina el carácter semiárido de la región, en lo que respecta al régimen climático anual, así como también a las variaciones interanuales que se presentan. El clima imperante es clasificado como un clima estepárico semidesértico costero, con nubosidad abundante, principalmente en las planicies litorales y reducidas precipitaciones, alrededor de 80 mm al año. Se caracteriza por poseer condiciones transicionales entre los climas más áridos del norte y más lluviosos y fríos del sur, vale decir, con temperaturas relativamente homogéneas que rara vez superan los 7°C de amplitud térmica con temperaturas promedio de 18°C en enero y 11,4°C en Julio (EIA pavimentación Av. Costanera, 1997). Los meses más calurosos son enero y febrero con medias de 17,6°C y 17,3°C y máximas de 25,7°C y 25,3°C respectivamente. Por otro lado, los meses más fríos son julio y agosto con medias de 10,6°C y 10,7°C y mínimas de 3,0°C y 2,3°C respectivamente.

Las precipitaciones se concentran en los meses invernales, con un 60% de la precipitación anual registrada en los meses de junio y julio, y menos de 1 % se registra entre los meses de diciembre y febrero. En los últimos 20 años se han observado extensos períodos de sequía (lapsos de hasta 7 años), los que han sido interrumpidas esporádicamente por intensos períodos de lluvias que no han logrado superar el promedio de lluvias de los años previos a la década del 70' (133,3 mm/año) (Moraga y Olivares, 1987) y que se asocian a la presencia del fenómeno de El Niño.

Hidrología

El Humedal El Culebrón se encuentra geográficamente en la cuenca de Pan de Azúcar, pertenece al sistema hidrológico que nace en la quebrada del mismo nombre, presenta un escurrimiento de tipo permanente y recoge aguas de una napa subterránea que fluye desde el sector de Andacollo y emerge a la superficie, además de excedentes de riego generados por el canal Bellavista los que ingresan al estero a través de 4 canales, donde el canal que cruza la ruta 43 a la altura del cerro Pan de Azúcar es el que realiza los mayores aportes. Su régimen natural es del tipo pluvial. Su longitud es de aproximadamente 18 km desde donde se observan las primeras vertientes que alimentan su caudal en el sector de El Sauce. Según datos de la DGA (2003) el caudal de descarga del acuífero presenta un comportamiento de tipo cíclico, con un valor medio máximo de 1,96 [m³/h] para el año 1992, mientras que el valor mínimo se registro en el año 2000 con un valor medio de 0,27 [m³/h]. Cabe señalar que este comportamiento no es atribuible directamente a las precipitaciones.

Una serie de quebradas menores recargan de manera natural al estero y las quebradas que alimentan la cuenca, ordenadas de sur a norte son las siguientes: Maitencillo, Las Cardas, Martínez, Cerrillos, Lanza Grande, Lanza Chica, Cruz de Caña, La Laja, El Sauce, Barrales y Agua de Romero.

Su desembocadura se encuentra en el sector de Playa Changa donde descarga de manera superficial y subterránea de agua. En cuanto a las extracciones de agua, existían según un catastro realizado por la DGA 2006 en 1997 un total de 163 pozos, de los cuales 115 estaban en uso, de ellos 83 están insertos



en el área de interés. La explotación promedio el año 1993 fue de 563 [l/s] mientras que en el año 1997 alcanzo los 607 [l/s]. Finalmente en cuanto a los niveles freáticos, estos muestran un sostenido descenso entre los años 1992 y 1997 el descenso varía entre 7 y 10 [m]. Este hecho se hace mas latente en la zona ubicada entre Santa Filomena y Lagunillas (BBNN, 2009).

De acuerdo a resultados obtenidos de la realización de un balance hídrico en el Estudio de Impacto Ambiental “Construcción y Pavimentación, Avenida Costanera, Peñuelas Norte - Merino Jarpa”, la evapotranspiración calculada supera levemente al valor de precipitación media anual, lo que, desde el punto de vista hídrico en condiciones de valor medio anual, puede establecerse que las precipitaciones no generan escorrentía superficial ni subterránea, por cuanto se evapotranspiran prácticamente en su totalidad. Por ello determina que no posee recarga a nivel medio anual como infiltración directa de las precipitaciones medias caídas en la cuenca. Rasgo característico de las zonas costeras de la Cuarta región (Paskoff, 1993; Niemeyer, Cereceda, 1984). Las lluvias torrenciales esporádicas que superan la media anual, constituyen la única recarga del sistema acuífero.

La zona baja del estero recibe aportes de intrusiones salinas, tanto para los depósitos de playa, como para el acuífero fluvial en las inmediaciones de la desembocadura. Influenciado directamente por la dinámica de mareas en el área estuarina. Es posible observar en esta zona la formación de una laguna costera atrapada entre la barrera costera y el siguiente nivel de terraza. El humedal tiene un origen exógeno, donde intervinieron en su formación el viento, aguas corrientes, el agente marino, procesos erosivos y acumulativos. En cuanto al tipo de sedimentación que se encuentra en el humedal se define por el anegamiento constante, lo cual provoca la acumulación de gran cantidad de materia orgánica procedente de la capa vegetal que se desarrolla sobre el suelo. Este humedal es del tipo “estuarino” con un subsistema del tipo intermareal, de la clase espejo de agua con vegetación emergente y arena cuyo régimen de agua es permanente. Su condición permite un intercambio dinámico de flujos entre aportes de agua salada y dulce.



Figura 2: Ubicación geográfica estero El Culebrón (DATUM WGS 84, HUSO 19 sur).

En cuanto al comportamiento de los caudales, se han analizado los datos generados por la Dirección General de Aguas (DGA) en su estación fluviométrica Estero Culebrón en el Sifón ubicada en el sector



de La cantera Alta a una altura de 70 m.s.n.m. Los datos existentes abarcan un periodo mayor a los 20 años, contando con datos desde el mes de marzo del año 1986 hasta abril del presente año. Con el sesgo de dos datos correspondientes a los valores del mes de abril de los años 2007 y 2008.

En el gráfico 1 se observan los caudales anuales promedio, la línea de tendencia del comportamiento del caudal y su promedio histórico, este último correspondiente a 0,38 m³/s. Se observa que el máximo caudal se alcanzó en el año 1993 con 0,71 m³/s y el mínimo se presentó en el año 1996 con 0,05 m³/s. La línea de tendencia muestra una caída en la década de los noventa y un leve repunte a partir del año 2000.

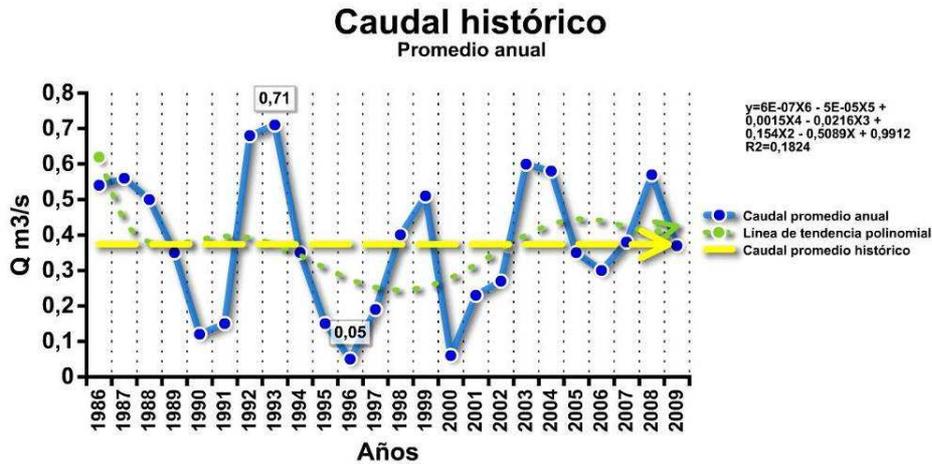


Gráfico 1: Caudales promedio anual.
(Elaboración propia a partir de datos generados por DGA)

En cuanto al comportamiento del promedio mensual del caudal, en la gráfico 2 se observa que los meses que presentan mayor caudal se encuentran entre mayo y septiembre, y el máximo se presenta en Julio con 0,67 m³/s. En tanto, los meses más secos se presentan en verano y el mínimo en el mes de febrero con 0,15 m³/s.

Es posible reconocer un caudal promedio mensual nulo para los meses de enero a mayo del año 1997 y un caudal máximo correspondiente a 1,47 m³/s que fue registrado en el mes de julio del año 2008.

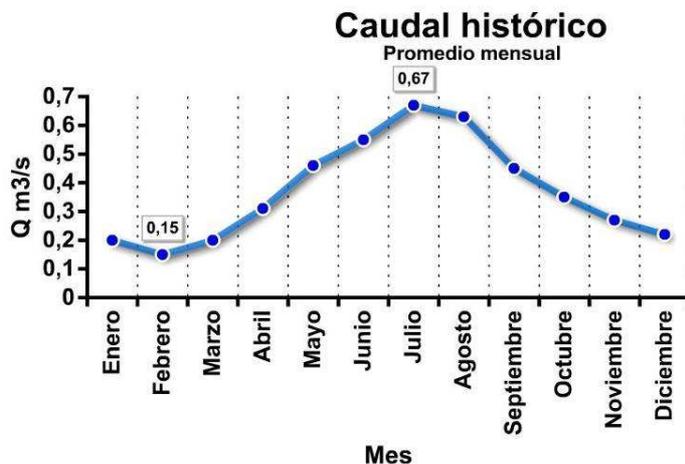


Gráfico 2: Caudales promedio mensual.
(Elaboración propia a partir de datos generados por DGA)



Queda en evidencia el régimen pluvial del estero al relacionar las precipitaciones con el caudal promedio mensual, en este caso basado en los datos de la estación meteorológica Pan de Azúcar (Lilén) del instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), que cuenta con datos a partir del año 2004. Esta se ubica aproximadamente a 10 km al sur del cruce ruta 43 – La Cantera en la parcela experimental Pan de Azúcar (lon: 71°14´oeste; lat 30°4´sur; 135 msnm).

Relación precipitaciones caudal

Periodo febrero 2004 - noviembre 2009

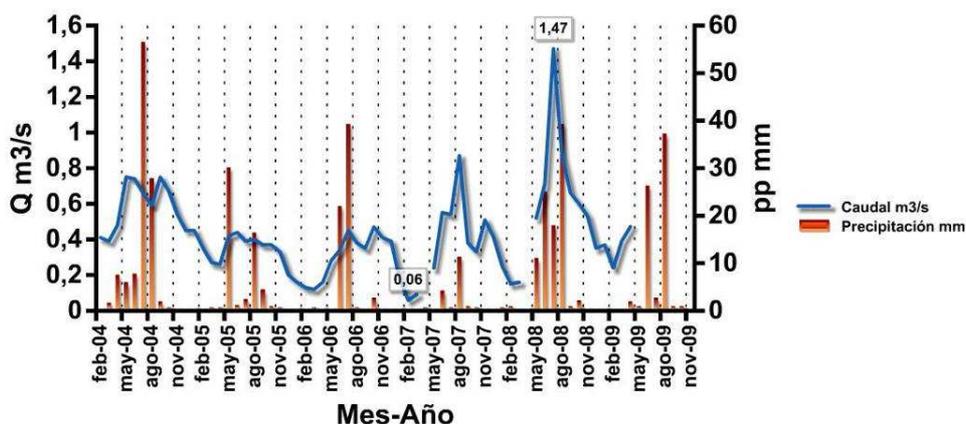


Gráfico 3: Relación entre agua caída y caudal del estero El Culebrón.
(Elaboración propia a partir de datos generados por DGA)

Se observa que los mayores caudales ocurren en el mismo periodo o al mes siguiente después de que se registra una mayor cantidad de agua caída, situación que se concentra principalmente en los meses invernales.

En Anexo 1 se incluyen los valores históricos de los parámetros de calidad de aguas, muestreados por la Dirección General de Aguas.

Suelos

Las características de los suelos en general, están en estrecha relación con la evolución geomorfológica, especialmente en las áreas de relleno marino como lo son las del sector de Peñuelas. Por esta razón en los suelos que se encuentran sobre las terrazas marinas (Anexo 2) existe escasa o nula diferencia en lo referente a materiales de origen, sin embargo existen diferencias por las variaciones de pendiente, disponibilidad de agua, espesor del material parental y pedregosidad del suelo.

En la zona baja del estero se identifican tres estratos o capas: el estrato superior corresponde a granulometrías arcillosas, las que en sectores se vuelven casi impermeables, su espesor varía entre los 20 y 40 [m] (EIA, pavimentación Av. Costanera, 1997). De estos tres estratos, el inferior lo conforman varias capas de distintas granulometrías presentándose alternancias de capas permeables y poco permeables, su espesor va entre 30 y 40 [m]. Finalmente el estrato más profundo tiene contacto con el



basamento rocoso y se tienen pocos antecedentes de él, pero se tratarían de capas semipermeables e impermeables. Las mayores permeabilidades según las pruebas de bombeo, corresponden a transmisibilidades del orden de 1.000 [m²/d]. En el valle existe una disminución drástica de la transmisibilidad en el sector del cordón Pan de Azúcar debido al depósito de sedimentación fina proveniente de los cerros

Geomorfología

Se han determinado las diferentes zonas geomorfológicas del cauce en base a su comportamiento y dinámica fluvial, es así como se reconocen una zona alta, media y baja para el estero.

- Zona alta: corresponde al tramo desde la naciente del estero (afloración de aguas subterráneas) ubicado en el extremo nororiente de la ex Hacienda El Sauce hasta aproximadamente la ubicación de estación fluviométrica DGA “El Culebrón en El Sifón”.
- Zona media: Desde estación fluviométrica DGA hasta aproximadamente Santa Filomena.
- Zona baja: Corresponde desde Santa Filomena hasta desembocadura.

El Estero el Culebrón se ubica en la microcuenca hidrográfica de Pan de Azúcar, la que se ubica entre la línea litoral y la Cordillera de la Costa, y debe su origen al régimen pluvial. En su parte baja forma parte del dominio geológico estructural de las planicies litorales.

La zona alta (Pan de Azúcar) corresponde entonces a la de un meseta o planicie costera, que se extiende entre la línea de la costa hasta aproximadamente 120 m.s.n.m. cota donde se emplaza el llano que se extiende longitudinalmente de Sur a Norte en valle de Pan de Azúcar, este llano se ubica a unos 9 Km de la línea de la costa. Las mesetas costeras en gran parte del país han sido definidas como terrazas de abrasión marina; sin embargo, en el área de estudio corresponden, en su mayor parte a terrazas de sedimentación construidas a partir de transgresiones y regresiones del mar (PRCC, 2008). en general se distinguen para el área de estudio tres terrazas de sedimentación marina con un ancho y altura variables; la primera hasta los 8-10 m de altura, la segunda hasta los 20-30 m y la tercera hasta los 150-200 m, aproximadamente.

Estas terrazas están conformadas por un complejo perfil de sedimentos y múltiples estratos de arenas y rodados, mezclados con fósiles marinos de especies extintas y actuales, encontrándose también, verdaderas lozas cementadas de material calcáreo; la terraza baja presenta en algunos sectores mal drenaje y sales superficiales en la época seca (PRCC, 2008).

El cauce del estero ha moldeado la quebrada de este mismo, formando pendientes fuertes (aprox. 80° inclinación) en su tramo medio. En el tramo alto, su caudal y velocidad baja no han generado este efecto y las riberas del estero mantienen pendientes bajas con respecto al fondo de quebrada. En la zona baja del Estero en la zona de la laguna las pendientes son bajas, correspondiendo a una planicie orientada levemente hacia el norte.

En la zona media la geomorfología del cauce está conformada por meandros, los que son propios de cauces con velocidades bajas debido a bajas pendientes principalmente.



El humedal en su parte baja tiene un origen exógeno, donde intervinieron en su formación el viento, aguas corrientes, el agente marino, procesos erosivos y acumulativos, es del tipo “estuarino” con un subsistema del tipo intermareal, de la clase espejo de agua con vegetación emergente y arena cuyo régimen de agua es permanente. En el sector de playa se presenta una dinámica compuesta principalmente por depósitos de arena, los que cumplen el rol de contención de los procesos erosivos hacia el continente (BBNN, 2009). La morfología de esta zona responde a una dinámica compleja espacial y temporalmente, donde la desembocadura del estero cambia su ubicación permanentemente.

En su zona alta se encuentra rodeado por serranías cuyos puntos más altos llegan a los 700 m.s.n.m en el borde Poniente, conocido como cordón El Alabrado y al oriente alcanza una altura de 900 m.s.n.m.

Antecedentes económicos y sociales

Región de Coquimbo

La economía regional basa su desarrollo principalmente en la actividad minera, silvoagropecuaria, comercial (incluido el turismo) e industrial. En el sector minero la extracción de mineral de cobre y hierro generan gran cantidad de puestos de trabajo en la región, sobretodo la pequeña y mediana minería. La agricultura también ocupa un lugar privilegiado dentro del país debido al buen clima existente, el que permite el cultivo de frutas de exportación, además de la producción de primores de hortalizas, que abastecen en el país en los periodos en que estos cultivos no crecen en otras regiones. El turismo ha presentado un crecimiento sostenido desde aproximadamente 20 años, donde el sector inmobiliario potencio la oferta de opciones de estadía en la región, fenómeno que se ha concentrado en las ciudades de Coquimbo y La Serena. Desde el punto de vista industrial es el sector pesquero el que ha tenido una constante disminución de su producción a diferencia del sector de cultivo de recursos hidrobiológicos. Al sector industrial se suman una serie de empresas manufactureras.

La población rural constituye el 25.06%, superando el promedio nacional que es de 14.7% con densidades de 12,4 hab./Km² y 18 hab./Km², respectivamente (encuesta CASEN año 2006). Este evidente grado de dispersión que presenta la región corresponde a la forma de tenencia de la tierra y al tipo de organización social en comunidades agrícolas (PRCC, 2008). Si bien dentro de las actividades económicas básicas, la población se dedica mayoritariamente a la agricultura, pero es la minería la que genera los principales ingresos económicos.

Los asentamientos poblados más importantes corresponden a La Serena su capital regional, el puerto de Coquimbo, ambos a la salida del valle de Elqui, y la ciudad de Ovalle cabecera administrativa del valle del Limarí.

La región de Coquimbo desde el punto de vista socio-económico ha reducido su pobreza en un 6,8 % (Casen, 2006), durante el periodo 2003-2006. La pobreza no indigente alcanza un 13,1 % y la indigencia un 2,8 % del total de la población regional, y se aprecia claramente un crecimiento económico y social (Imagen n°3), en base a estos resultados.



COQUIMBO
EVOLUCIÓN DE LA POBREZA E INDIGENCIA
1990 - 2006 (%)

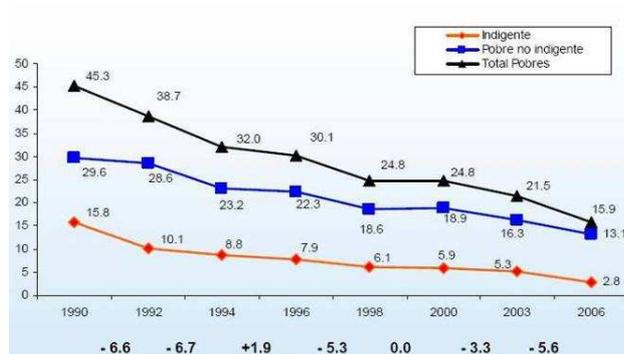


Gráfico 4: Evolución de la pobreza e indigencia en la región de Coquimbo.
(Fuente: Casen, 2006)

La Ciudad de Coquimbo

A 11 Km al sur de la capital regional, se ubica la ciudad de Coquimbo, con una población de 148.438 habitantes (INE, 2002). Se desarrolla desde sus inicios alrededor de la actividad portuaria desde donde se realizaban los embarques de minerales (cobre y oro), actualmente los principales embarques corresponden a la industria frutícola de las regiones cuarta y tercera. Históricamente, ha estado vinculada al desarrollo de la industria pesquera la que en las últimas décadas ha ido mermando, debido a la sobreexplotación de los recursos hidrológicos. Actualmente junto con la actividad portuaria, desarrolla una incipiente industria de servicios y turismo, este último ha crecido considerablemente la última década, potenciada por la calidad de sus playas y clima.

Tabla 1: Distribución de las principales actividades económicas de la ciudad de Coquimbo.

Actividades	Valor Porcentual
Agricultura, silvicultura, ganadería.	3,54
Pesca	4,91
Minería	2,33
Industria	10,57
Servicios básicos	0,64
Construcción	11,56
Comercio	27,94
Turismo	3,52
Transporte y telecomunicaciones	8,71
Servicios financieros	1,09
Investigación y desarrollo	0,16
Administración pública	3,20
Enseñanza	6,19
Servicio domestico	5,31
Total	100,00

Fuente: PRCC, 2008.



El crecimiento de la población se puede apreciar en la tabla n° 3, con un tamaño proyectado actual de 206.094 personas y teniendo como tendencia un crecimiento exponencial acelerado, al año 2020 la ciudad contará con 255.595 personas.

Tabla 2: Proyección del crecimiento de la población para la ciudad de Coquimbo.

Año	Población		
	Total	Hombres	Mujeres
2009	206.094	101.555	104.539
2010	210.575	103.824	106.751
2011	215.109	106.128	108.981
2012	219.639	108.402	111.237
2013	224.181	110.717	113.464
2014	228.763	113.033	115.730
2015	233.309	115.332	117.977
2016	237.776	117.595	120.181
2017	242.225	119.826	122.399
2018	246.688	122.084	124.604
2019	251.126	124.326	126.800
2020	255.595	126.588	129.007

Fuente: INE, 2009.

La distribución etárea de la población continúa la tendencia que se presenta en el país con la drástica disminución de las personas menores a 15 años y un aumento en el rango de la tercera edad.

Tabla 3: Proyección porcentual de la distribución etárea de la población de la ciudad de Coquimbo.

Rango etáreo	Año				
	2000	2005	2010	2015	2020
Menos de 15 años	29,5	26,1	23,3	21,8	21,0
De 15 a 64 años	64,0	66,7	68,7	68,9	68,0
65 años o más	6,5	7,1	8,0	9,3	11,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: INE, 2009.

Para la comuna de Coquimbo en cuanto a viviendas, de un total de 50.944 viviendas un 93,3 % se ubican en el área urbana. Estas últimas corresponden principalmente a casas (93,3 %) seguido por departamento en edificios que dentro del total se presentan en bajo número (3,4 %).

Según el último informe de empleo, para el trimestre móvil Junio-Agosto 2009 (INE, 2009), en la ciudad de Coquimbo se cuenta con una fuerza de trabajo de 70.109 personas, de las cuales 6.907 se encuentran desocupados, alcanzando una tasa de desocupación del 9,9 %.



Sectores aledaños al área de Influencia

En el área de influencia se reconocen diferentes sectores, los que corresponden a barrios consolidados que encuentran claramente definidos por el sustrato natural de sus emplazamientos, la tipología constructiva, el rol que poseen dentro de la ciudad y la caracterización socioeconómica. Estos sectores han sido descritos en el Plan Regulador de la Comuna de Coquimbo (2008), a continuación se describen aquellos que se distribuyen a ambos costados del estero El Culebrón y se vinculan directamente en ese entorno, influenciando el funcionamiento del mismo.

Desde el punto de vista social, se aprecia el dominio de viviendas de familias de bajos ingresos, en gran parte de la ribera del Estero y en las áreas cercanas. Comenzando desde este a oeste, en la parte alta de la microcuenca, en el sector de Pan de Azúcar se presentan comunidades agrícolas y familias dedicadas a la crianza de majada, la densidad población es baja. Aguas abajo aparece al este del Estero, el sector La Cantera, sector de ingresos bajos y medios, donde la plusvalía de las viviendas aumenta al acercarse a la ruta 5 norte. Al oeste del estero se encuentra la población San Juan, conformada también por familias de bajos ingresos. En la primera terraza de la bahía de Coquimbo, a un costado del humedal El Culebrón se encuentra el sector denominado Baquedano, conformado por viviendas antiguas pertenecientes a familias de bajos ingresos, este sector comparte usos habitacionales con el funcionamiento de talleres mecánicos.



Figura 3: Ubicación geográfica referencial de poblaciones cercanas al área de influencia.

El **Centro** se encuentra situado en el plano que se conforma entre el cerro y la bahía de la península de Coquimbo al nor-oeste del área de interés. Cuenta con todos los servicios básicos de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica. Es el centro de servicios de la ciudad. Se caracteriza por edificaciones de dos pisos en su gran mayoría, posee una conformación lineal, a diferencia de otras muchas ciudades, con una calle central, que alberga casi todo el comercio. Se extiende desde el límite del barrio del Llano hasta el barrio inglés.

El sector **Baquedano** se encuentra rodeando la playa de la bahía de Coquimbo en una distancia de unos 3 kilómetros y al oeste y sur-oeste del humedal. Este sector es básicamente residencial de bajos recursos. Alberga también actividades de talleres mecánicos y de reparación, limita por el sur con la carretera panamericana. Cuenta con los servicios básicos de agua potable, alcantarillo y energía eléctrica. Actualmente, en su extremo norte se aprecia la construcción de edificios de departamentos.



Figura 4: A la izquierda, vista panorámica sector Baquedano; a la derecha calle Maipú.
(Fuente: Propia)

El sector **La Cantera y Peñuelas**, se ubican al norte del humedal. El sector La Cantera cuenta con una población de 3.733 habitantes (INE, 2002). Aquí se ha mezclado el rol habitacional con el industrial. Se ubican viviendas desde 600 a 1200 unidades de fomento, casas de 50, 60 y 70 m² en barrios celulares muy densos y de breves accesos a la vía troncal. Más cercano a la ruta 5 norte, el valor de las viviendas se incrementa y aparecen condominios de casas cercanas a las 2000 UF. Con calles interiores anchas, áreas verdes bien conformadas. Este sector es, principalmente, el barrio de la clase media de Coquimbo. En los terrenos cercanos a la costa aparece un sector consolidado de viviendas con superficies sobre 140 m² en terrenos de 600 y 1000 m² constituyendo el barrio alto de la ciudad. Este sector habitacional depende de los servicios y el comercio de las ciudades de La Serena y Coquimbo. En Peñuelas, se ubica una caleta pesquera donde se realiza la tradicional fiesta de San Pedro. En el último tiempo, con el auge turístico, ha aparecido una cantidad importante de restaurantes dedicados al consumo de los productos del mar. La caracterización económica de sus habitantes es de clase media baja, con casas de madera en regular estado de conservación, generalmente sobre palafitos.



Figura 5: A la izquierda, La Cantera Alto en sector cercano al Sifón; a la derecha vista de la Av. La Cantera.
Fuente: Propia.

El sector **San Juan**, que junto a Sindempart son los barrios que albergan la mayor cantidad de población de Coquimbo, tal y como sucede en el subsector de Peñuelas y la Cantera. San Juan alcanza una población total de 17.989 habitantes (INE, 2002). Los valores de sus viviendas varían desde la parte más cercana a la quebrada del Culebrón, con viviendas sociales de 450 UF o menos, el valor sube sistemáticamente en la medida que se acerca a la ruta 5 norte llegando a las 1800 unidades de fomento. San Juan se encuentra situado sobre la segunda y tercera terraza de la bahía de Coquimbo, es un sector caracterizado socio-económicamente de clase baja, posee edificaciones, en su mayoría, de un piso. El sector más antiguo posee viviendas de madera en estado de deterioro regular. El sector no posee ni industrias ni servicios.



Figura 6: A la izquierda, vista panorámica sector San Juan; a la derecha vista desde la quebrada hacia la población.
Fuente: Propia.

El sector de **Pan de Azúcar** corresponde a un área rural, dominada principalmente por campos cultivados. Se encuentra en la naciente del estero y es el agua de las napas subterráneas la que alimenta el estero. Su ocupación económica es principalmente la agricultura y en menor medida la crianza de ganado. Se observa un crecimiento reciente de ofertas de terreno para segundas viviendas, encontrándose loteos de parcelas en sectores cercanos al estero las que se mezclan con las viviendas básicas que históricamente han existido en el sector. Además, se encuentran en el sector poblaciones bien consolidadas, correspondientes a viviendas sociales. Si bien el área cuenta con servicios básicos, estos no presentan cobertura total aún.



Figura 7: A la izquierda, vivienda de familia dedicada a la agricultura; a la derecha vista de una población ó villa
Fuente: Propia.

Además, de estos sectores hay que incluir el área conocida comúnmente como **“El Triángulo”**, correspondiente a un campamento ubicado a un costado del humedal en donde el cruce de las líneas férreas dibujan una figura triangular en el paisaje. Está compuesto por alrededor de diez familias, pero existe un permanente recambio de personas, producto de la erradicación o el desplazamiento hacia otros lugares (INGAM, 2009). Para el censo del año 2002 habitaban allí 104 personas (INE). Allí sus habitantes viven en condición de pobreza en precarias viviendas, lo que ha generado que sus alrededores se transformen en basurales y provoquen altas condiciones de insalubridad, aun cuando se realizan rondas de recolección de residuos sólidos por parte de la empresa operante en la ciudad. No cuentan con acceso expedito a servicios básicos, el agua la obtienen parcialmente de través de la red pública y el resto a través del la extracción desde el humedal, no cuentan con alcantarillado, aunque si cuentan con energía eléctrica. Se ha intentado por parte de la Ilustre Municipalidad de Coquimbo, la erradicación de estas familias hacia viviendas de mejor calidad ubicadas en otros puntos de la ciudad, objetivo logrado parcialmente ya que hay familias que regresan al sector argumentando que sus labores las realizan en la playa, recolectando algas, y que el traslado les impide llevar a cabo su actividad. Otra



de las actividades realizadas por estas familias es la recolección de vidrios, cartones, papeles, etc., por lo cual vivir en la zona central de la ciudad les trae beneficios económicos al tener mayor cantidad de material disponible.



Figura 8: A la izquierda, se aprecia recolección de residuos sólidos; a la derecha vista de la toma El Triángulo.
Fuente: Propia.

Por último, se observa la presencia de viviendas en condiciones precarias en la parte baja del Estero El Culebrón desde la ruta 5 norte hacia aguas arriba, los que no cuentan con acceso a servicios básicos de luz, agua potable ni alcantarillado. Corresponden a personas de bajos recursos, dedicadas a la crianza de animales principalmente y recolección de materiales reciclables, como la chatarra.



Figura 9: A la izquierda, acumulación de residuos sólidos; a la derecha vista vivienda básica ubicada en la ribera del estero. Fuente: Propia.

Percepción ciudadana

En el año 2008 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en conjunto con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) presenta los resultados de la primera encuesta de “Percepción de Calidad de Vida Urbana”. Esta entrega sus resultados a nivel del tipo de ciudad, considerando las siguientes clasificaciones según tamaño poblacional:

- Ciudades Metropolitanas: Mayor a los 300.000 habitantes.
- Ciudades Intermedias Mayores: Ente 100.000 y 299.000 habitantes.
- Ciudades Intermedias Menores: Entre 20.000 y 99.000 habitantes.

Los resultados de este informe que acá se presentan son relacionados con aspectos que se suscitan en el área de influencia. Se han tomado los datos correspondientes a los de una ciudad intermedia mayor, ya que la ciudad de Coquimbo presenta una población proyectada para año 2009 de 184.416 habitantes. La percepción ciudadana sobre la calidad de vida referida a aspectos medioambientales son los que se



presentan en las siguientes figuras, estos porcentajes corresponden al total de la población y a los resultados obtenidos por géneros. Además, se presentan sólo los aspectos medio ambientales que se relacionan directamente con el área de influencia (ver anexo 3), los aspectos que no cumplen con el requisito de relación directa han sido excluidos (Smog o contaminación del aire, ruido, graffitis o rayados, aguas servidas, calles y veredas sin pavimentar y congestión vehicular).

En el caso de los malos olores un 26,7 % de la población considera lo considera un problema importante. Valor similar al 25,6 % de la población que indica que este problema no existe. Al llevar al área de influencia este aspecto ambiental, se reconoce malos olores por la acumulación de basuras y la presencia de vertederos ilegales, donde además son arrojados restos de animales muertos. También la sobrecarga de materia orgánica producida principalmente por la presencia de la especie *Eichhornia crassipes*, conocida comúnmente como Jacinto de agua en la desembocadura del Estero, donde ha comenzado a generar malos olores producto de la descomposición anaeróbica de los restos vegetales.

Respecto al aspecto ambiental de inundaciones el mayor porcentaje de la población considera que este problema no existe. Aquí es necesario considerar que la presencia del humedal costero y toda la cobertura vegetal que alberga, funcionan como regulador de inundaciones, provocando un efecto buffer de este, por lo cual las inundaciones no serían consideradas como un problema. La percepción ciudadana probablemente cambiaría si no se contará con estos espacios naturales y los efectos de las inundaciones sobre las poblaciones serían más dañinas.

El problema referido a las basuras y vertederos ilegales es percibido principalmente como un problema inexistente (27,2%), aún cuando un 59,4 % se acumula para las categorías que lo consideran como un problema negativo (muy grave, grave e importante). Para el área de influencia esta situación se presenta a lo largo de la extensión del Estero en ambas riberas, pero se concentra en la parte baja, desde la altura de la población San Juan hacia aguas abajo.

La presencia de plagas es considerada principalmente un problema de gravedad, en el caso del sector de influencia se encuentra ligado fuertemente a la contaminación por acumulación de residuos sólidos, su presencia atrae a especies de roedores vectores de enfermedades transmisibles al humano, como lo son *Mus musculus* (laucha) y *Ratus norvegicus* (guaren), entre otros. Debido a que no afectan directamente al ser humano, plagas como las de especies vegetales no son de preocupación para la población. En este momento corresponde a la situación más grave que se da en el sector, debido a la presencia de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), la que ha alcanzado un 90% de cobertura aproximadamente.

Al igual como ha sido la tendencia de percepción ciudadana respecto de los aspectos ambientales, la destrucción del patrimonio mantiene su mayor porcentaje entre los criterios negativos. En este sentido la pérdida del patrimonio natural que presenta el estero El Culebrón debido es la degradación ambiental que se observa en algunos sectores. En conversaciones con lugareños estos se muestran preocupados por el estado actual del lugar y esperan que se lleven acciones que logren devolver este espacio natural a la comunidad.

La carencia de áreas verdes corresponde también a una problemática de carácter negativo. La poca accesibilidad a estos lugares públicos afecta directamente la calidad de vida de las personas. La presencia del estero y su cercanía a las zonas pobladas muestra un gran potencial de recreación, pero



las condiciones actuales lo muestran como un espacio sucio, donde los malos olores y la basura dominan el paisaje.

Actores relevantes

Se describen a continuación los principales actores involucrados que presentan intereses sobre el destino y uso de los espacios y recursos donde se emplaza el humedal y estero El Culebrón. Estos fueron reconocidos en base a entrevistas, revisión bibliografía y conversaciones personales.

Ilustre Municipalidad de Coquimbo

La Ilustre municipalidad de Coquimbo, dentro de la planificación que realiza para el sector de influencia, contempla la construcción del proyecto “Ciudad del Conocimiento” ubicado al noreste del humedal, allí se realizaría la implementación de campus universitarios, con un centro de servicios comunes, comercio y desarrollo inmobiliario de viviendas, además de la construcción de un Parque Urbano, en un predio municipal de aprox. 114 ha. La intención es constituir un centro educacional de nivel internacional.

En su Plan Regulador de la Comuna, reconoce al Estero El Culebrón en el sector de La Cantera, como un espacio ecológico, con presencia de aves migratorias del hemisferio norte, aun cuando no se refiere directamente al humedal (laguna costera) en sí. Además, destaca el importante deterioro ambiental existente en la desembocadura de este, producto de la contaminación que afecta a la cuenca, y establece que este representa un potencial como espacio de esparcimiento y protección ecológica.

Es la municipalidad quien debiese apuntar a la recuperación de este patrimonio natural de la ciudad, viendo el potencial turístico y de conservación de biodiversidad que presenta y posicionar a la ciudad en un ejemplo de convivencia armónica entre la ciudad y este “humedal urbano”. Es además la municipalidad quien tiene las atribuciones legales para generar ordenanzas que establezcan sancionen a quienes no cuiden el área y generen daños ambientales, tales como el arrojar escombros. Por ello es reconocido como el actor principal y en su gestión y decisiones pasa el futuro del Estero El Culebrón.

Comisión Nacional del Medio Ambiente

La dirección regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), es la impulsora y coordinadora de medidas que permitan recuperar y proteger espacios naturales de importancia para la región. Ubica al humedal El Culebrón dentro del sitio prioritario para la conservación denominado “Estero El Culebrón hasta Desembocadura Río Elqui” y le otorga la importancia desde el punto de vista de la gran biodiversidad existente, fundamentando que el lugar “representa un importante sitio de nidificación, descanso y alimentación para aves de ambientes acuáticos”¹ (CONAMA). En una condición de Urgente considera la conservación in situ de estos ecosistemas, para ello establece la creación de una Red de Humedales Costeros para la Región de Coquimbo.

Ministerio de Bienes Nacionales

¹ Estrategia Regional y Plan de acción de la Biodiversidad, IV Región Coquimbo.



El actual administrador de parte de los terrenos donde se encuentra ubicado el humedal El Culebrón, ha licitado un estudio de Línea Base y el documento final presenta una descripción de todos los aspectos ambientales involucrados en el funcionamiento del humedal, como son la descripción de los componentes abióticos (geología, geomorfología, entre otros), bióticos (flora y fauna) y sociales. Su participación en la búsqueda de un uso sustentable de humedal es esencial. Se ha mostrado interesado en la promoción y búsqueda de medidas de protección.

CONAF

La **Corporación Nacional Forestal** es el organismo encargado de la administración y manejo de las áreas protegidas del país, cuenta con atribuciones legales para administrar espacios naturales de importancia biológica y paisajística. Se muestra dispuesto a buscar un instrumento legal de protección efectiva para el área baja de la cuenca, específicamente el sector de laguna estuarina.

Algueros de Playa Changa

Dos organizaciones operan en el sector: el Sindicato de Algueros Independientes y la Cooperativa de pescadores Algamar Ltda., ambas existen hace ya aproximadamente 40 años. Su actividad económica es la recolección del alga *Glacilaria chilensis*, conocida comúnmente como “pelillo”. Posee instalaciones de oficinas y bodegas en terrenos fiscales, en el sector oeste del humedal frente a Playa Changa, donde se realiza la operación de secado. Cuentan con una concesión marina donde realizan el cultivo del alga, además de realizar la recolección en la playa. Se encuentran fuertemente ligados al humedal, siendo el lugar donde han crecido y pasan la mayor parte del tiempo. Sienten ser los dueños históricos del sector del humedal que ocupan (Ingam, 2009). Cualquier decisión que tomen las autoridad respecto del área puede llegar a afectar su estilo de vida y su actividad económica.

Privados

Si bien parte de los terrenos (sector bajo) corresponden a Bienes Nacional, la mayor parte de estos incluso el área circundante a la laguna del humedal son de privados. Los terrenos son propiedad del Sr. William Morgan y actualmente son arrendados a terceros.

Movimiento Ciudadano por Coquimbo

Agrupación que nace en el año 2006 con la finalidad de crear un movimiento ciudadano que busque la protección del patrimonio de la ciudad y buscar la proyección hacia el futuro de manera sustentable. Su principal objetivo es el de *“cautelar el patrimonio público de la comuna de Coquimbo, opinando y proponiendo soluciones para el desarrollo sustentable de la comuna, ejerciendo además, las acciones privadas y públicas en conformidad a los derechos consagrados en la constitución política de la República de Chile, cuando los hechos lo ameriten”* (mcxc, 2008).

Actualmente alerta sobre el agotamiento del recurso hídrico en el acuífero El Culebrón-Pan de Azúcar, como consecuencia de la extracción de agua para operaciones mineras de la empresa minera Carmen de Andacollo (Teck Cominco). Además, ha presentado un recurso de protección contra la municipalidad de Coquimbo por la aprobación del plan regulador de la comuna, y que establece la autorización para construir en el área que se ha definido como área de inundación por tsunami. Defiende al humedal El



Culebrón como el mejor ejemplo de patrimonio natural inserto en una ciudad que se encuentra ubicada dentro de un clima semidesértico.

Compañía Minera del Pacífico

La compañía Minera del Pacífico dedicada a la extracción y exportación de mineral de hierro, aún cuando sus instalaciones se encuentran en otros espacios geográficos, lejanos al área de influencia del estudio, es incluida dentro de los actores relevantes ya que la línea férrea que cruza el humedal es de su propiedad. Por lo que cualquier acción o mejora que se desee realizar en el sector debe ser coordinada con la empresa.

Compañía Minera Carmen de Andacollo

Empresa minera dedicada a la extracción de mineral de cobre y oro. Contempla realizar extracción de agua desde el acuífero El Culebrón, para la operación de las actividades del Proyecto Hipógeno. El Acuífero El Culebrón es el que alimenta al estero y humedal del mismo nombre y ha causado controversia por el agotamiento de este recurso y la posterior pérdida del humedal. Actualmente, se encuentra en evaluación la extracción de agua desde el acuífero de Elqui bajo, lo que disminuiría la presión sobre el recurso hídrico en el humedal.

CAACH

La corporación Ambientes Acuáticos de Chile (CAACH), es una organización no gubernamental sin fines de lucro, constituida en el año 1994 con el fin de promover la conservación y manejo sostenible de los ambientes acuáticos. Tiene como misión fundamental fomentar el uso racional de los ecosistemas acuáticos, particularmente en aquellas comunidades que dependen directamente de ellos para subsistir. Realizan un papel primordial en la valorización de los humedales de la región, realizando investigación aplicada, articulación de actores claves, comunicación y concienciación de la comunidad.

Comunidad

La comunidad en general cercana o no al lugar, utiliza el sector para realizar actividades al aire libre, en verano algunos puntos se utilizan para el baño, aun cuando el agua no presente condiciones aparentes para ello en cuanto a calidad. Además, el humedal es un paso obligado para las personas que bajan desde el sector alto de San Juan y La Cantera hacia Playa Changa.

En algunos sectores se realiza extracción de agua para uso doméstico, sobretodo en la cabecera del estero. También, en este mismo sector el agua es utilizada por la comunidad para regar campos agrícolas.

De gran importancia es la comunidad escolar que ha desarrollado estudios educativos en el sector y son quienes han reconocido la riqueza y el valor ambiental que este representa.

CEAZA

El Centro de estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), es un centro de investigación regional con una amplia cobertura en temas científicos. Principalmente estudia los procesos oceanográficos, atmosféricos e hidrológicos asociados al Cambio Climático (CGC) y a El Niño-Oscilación del Sur (ENOS),



sus efectos sobre los sistemas bióticos naturales o bajo cultivo. A su vez, busca aportar soluciones a los desafíos que imponen estos fenómenos, desarrollando ciencia y tecnología regional.

El CEAZA es un actor relevante debido que es una institución de investigación y por ello debe potenciar la investigación en ecosistemas como los humedales costeros. Además, tiene proyectado la construcción del centro de Biotecnología para el desarrollo de Zonas Áridas el que será ubicado en las cercanías del estero y consideraría medidas para mitigar cualquier impacto.

Universidades

Las principales universidades de la región son la Universidad de La Serena y la Universidad Católica del Norte, ambas de carácter estatal. Como centros de estudios y formadores de profesionales, tienen una vital importancia en el progreso de la región. Ambas casas de estudios cuentan con una dotación de profesionales docentes que permitirían transmitir conocimientos sobre el Humedal El Culebrón y con ello aumentar el interés y la investigación de este ecosistema.

Antecedentes territoriales

La ciudad de Coquimbo desde sus principios ha coexistido con el humedal, pero debido a que corresponde a un sistema inundado, solo en los últimos años se ha considerado como un área apropiada para la construcción. En anexo 4 es posible ver la evolución del crecimiento urbano, en un comienzo desde su sector oeste hasta desarrollarse en sus alrededores.

Más detalladamente es posible ver como la ciudad va rodeando el humedal y lo va degradando. En el año 1993 aún era posible observar la desembocadura oeste del humedal, el Club Atenas no ocupaba la totalidad de la ribera este y la feria agrícola pesquera no se construía (Ver anexo 5).

Infraestructura

El Estero El Culebrón se encuentra inmerso dentro de la ciudad de Coquimbo, se encuentra rodeado en sus riberas por centros urbanos, aun cuando estos no se encuentran en el fondo de la quebrada, estos se encuentran cercanos, permitiendo el fácil acceso de la población a él. Como se mencionó anterior se encuentran a su alrededor los siguientes sectores: Centro, Baquedano, San Juan, La Cantera, Pan de Azúcar, El triángulo y algunas viviendas insertas en las riberas del estero. Presenta una gran cantidad de usos lo que genera gran presión sobre el recurso y el alto desarrollo industrial y portuario ha definido la dinámica de la ciudad, junto al turismo en menor medida, el que presenta la influencia más temprana dentro de su historia. La geografía y la disponibilidad de suelos adecuados para la construcción han hecho que la ciudad de Coquimbo se distribuya por el territorio de una manera dispersa, con poblaciones lejanas al centro como es el sector de Tierras Blancas (sector oriente de la ciudad).

El sector alto de la cuenca (Pan de Azúcar) es cruzado por la **ruta 43** que une las ciudades de La Serena - Coquimbo con la ciudad de Ovalle, este camino pavimentado corresponde a la vía principal que es posible encontrar en este sector, de ella se desprenden un sin número de caminos rurales que dan acceso a campos de cultivo y parcelas de agrado. No cruza al estero el culebrón en ningún punto.



La **Avenida La Cantera** une la ruta 43 con la ruta 5 norte, se encuentra al norte del estero, con una extensión aproximada de 5,7 km, corresponde a una vía principal pavimentada. Presenta acceso a las poblaciones de La Cantera y las actividades económicas que allí existen (talleres mecánicos).

La **Ruta 5 norte** ó ruta panamericana, cruza el Estero en el Puente La Garza. Corresponde a la ruta principal del país, es un camino pavimentado de doble vía desde el año 1992 diseñado para circular a altas velocidad (120 k/h), pero que en este tramo se presentan restricciones debido al alto flujo vehicular y porque se encuentra inmerso en el área urbana, cruzando la ciudad de Coquimbo de norte de sur.

Paralela a la línea costera de la bahía de Coquimbo, se emplaza la **Avenida Costanera** la que presenta un puente para atravesar el humedal el culebrón en su desembocadura este, respetando una de las salidas naturales del estero. La que fue algún día la descarga natural principal del Estero no fue considerada en las obras y la desembocadura oeste fue alterada interrumpiendo este paso con la construcción de la Avenida.

Paralelamente, siguiendo el curso del estero es posible encontrar un **camino secundario** no pavimentado, el que comienza en avenida Suecia (acceso a sector San Juan) y sube por la quebrada hasta encontrarse con Av. La Cantera. De este camino se desprenden otros caminos rurales.

Entre la ruta Panamericana y Av. Costanera, paralela a estas, se encuentra el trazado de la **línea del ferrocarril**, propiedad de la Compañía Minera del Pacífico. Es utilizada para el transporte de mineral de hierro desde la Mina El Romeral hasta el Puerto de Guayacán. Este cruza a través de un puente el humedal y delimita debido a su estructura el ancho del estero en aquel sector, además en este punto es posible apreciar el cambio de la velocidad de flujo del estero, desde un sistema lótico a uno léntico.

Entre la ruta panamericana y Av. Costanera se encuentran **senderos o huellas** que se encuentran bien definidos, las que son utilizadas por los habitantes de los sectores de San Juan, La Cantera y Baquedano.

La red de distribución de **energía eléctrica y red de alumbrado público** se encuentra solo en la parte baja del estero rodeando al humedal siguiendo el trazado de las vías vehiculares. Desde la ruta 5 norte hacia aguas arriba por el estero no es posible encontrar ninguna de las dos redes antes mencionadas.

Las **redes de alcantarillado** cruzan el estero a la altura de la panamericana. En inspección realizada a lo largo del estero no se observan descargas de aguas servidas.

También es posible observar infraestructura dispuesta para la evacuación de **aguas lluvias** en el extremo poniente del humedal.

Gran parte de la población aledaña inserta en el área de influencia cuenta con acceso al **agua potable**, la excepción corresponde a las "tomas" que obtienen parcialmente este recurso de la red y desde el humedal, y a algunas viviendas en las quebradas nacientes del estero que extraen agua desde este, el uso que se le da a esta agua no está definido, pero es posible observar equipamiento para bombear agua desde el estero hasta sus viviendas.

Se presenta en el área **infraestructura deportiva** a una distancia aproximada de un kilómetro aguas arriba de la panamericana es posible encontrar dos canchas de fútbol de tierra. Infraestructura deportiva



y recreativa se observa en la intersección de la ruta panamericana con el estero, donde se encuentra el Club Atenas (6 ha) que cuenta con canchas de fútbol, y se realizan otros tipos de actividades relacionadas. Con acceso desde Av. La Cantera, se encuentra el Club de Campo Pan de Azúcar, equipado con canchas de golf, áreas verdes, canchas de tenis, entre otros. El estero pasa por la propiedad del club de campo, donde se han generado alteraciones al cauce por medio del estancamiento de las aguas se han generado lagunas artificiales para hermosear el lugar.

La **infraestructura habitacional** se concentra en la zona baja de la cuenca, concentrando a la población en viviendas sociales, de uno o dos pisos (San Juan, La Cantera). En Av. Maipú se encuentran en construcción edificios de altura de departamentos, debido al potencial de ese lugar se reconoce que la tendencia de construcción en ese sector estará dominada por edificios de departamento, el cual apoya además al crecimiento de la industria turística.

Dentro de la infraestructura destinada a **actividades comerciales** se observa, frente a playa Changa las instalaciones de las asociaciones de Algueros, con un área construida de aproximadamente 0,2 há las que corresponden a construcciones de material ligero y con 2 há de superficie para realizar la operación de secado de las algas.

En la intersección del estero con la panamericana se encuentra el Centro de Comercio Agrícola y Pesquero La garza, su superficie alcanza los 9.000 m². Correspondió a una iniciativa privada emblemática en la ciudad que permitiría mejorar el comercio de productos agrícolas y pesquero de la zona. La estructura de obras civiles donde yace esta feria (relleno de terreno) se encuentra a unos dos metros aproximados de la zona húmeda del estero.

Frente a la feria La garza cruzando la ruta 5 norte se encuentran centros comerciales de ventas de bienes.

Al lado oeste de la laguna formada en la desembocadura se encuentra un depósito de minerales, propiedad del Sr. Willian Morgan. El acopio contiene mineral de hierro principalmente y cubre un área de 3 hectáreas aprox.

A un costado de la ruta 5 norte se encuentra una bomba de bencinera, a una distancia de 200 m del estero.

Por último, es posible reconocer una **red de canales de regadío** en el sector de Pan de azúcar, y desde donde llegan los excedentes de agua de riego desde el Canal Bellavista hasta el estero, aportando estos en un 70 % aproximadamente del caudal total del estero (Freixas, G. *com pers*, 2009).



Resultados campaña de terreno

Ubicación geográfica estaciones de muestreo

Se han determinado 7 estaciones a lo largo del estero, ubicadas tres en la zona alta, una en la zona media y dos en la parte baja de la cuenca. Su ubicación geográfica, se obtuvo a través de un GPS marca Garmin, DATUM WGS 84, zona 19 sur.

Desde la estación n° 1 a la n° 6 se realizó el muestreo de las variables del cauce (parámetros físico-químicos). La estación n° 7 solo es analizada en el catastro de flora, no corresponde al estero propiamente tal, pero se realizó una prospección de flora en el lugar, el cual corresponde a la ubicación del canal que arroja los excedentes de riego del Canal Bellavista.

Tabla 4: Ubicación geográfica estaciones de muestreo.

Nombre	Código	Coordenadas	
		Norte	Este
Estación n° 1	EC-1	6676980	281301
Estación n° 2	EC-2	6677438	279668
Estación n° 3	EC-3	6679099	279851
Estación n° 4	EC-4	6681331	278975
Estación n° 5	EC-5	6682643	276396
Estación n° 6	EC-6	6683259	275977
Estación n° 7	EC-7	6680813	281503

Elaboración propia.

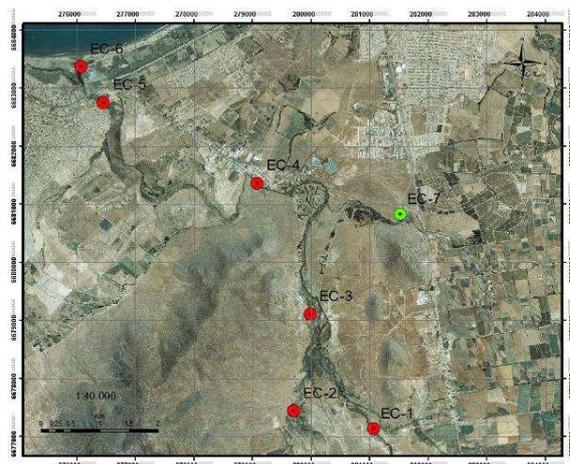


Figura 10: Ubicación geográfica estaciones de muestreo.
(Elaboración propia)

Descripción de los componentes físicos y químicos

Los parámetros físicos y químicos fueron obtenidos a través de un instrumento multiparámetros portátil marca Hanna modelo HI 98130. Los parámetros considerados fueron temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (mS/cm), pH y sólidos disueltos (ppm).



Tabla 5: Parámetros físicos y químicos.

Estación	T °C	pH	Conductividad eléctrica mS/cm	Sólidos disueltos ppt
EC-1	11	8,02	0,83	0,42
EC-2	13,6	8,8	0,87	0,44
EC-3	17,6	9,86	0,82	0,41
EC-4	13,8	8,41	0,87	0,43
EC-5	16,5	8,56	1,21	0,59
EC-6	15,5	8,25	1,22	0,61
Prom.	14,66	8,77	0,97	0,48
D.S.	2,36	0,63	0,19	0,09

Elaboración propia.

La temperatura aumenta y disminuye según las condiciones de flujo del caudal, las mayores temperaturas se registran en puntos donde se observan pozas o disminución de la velocidad en gran parte del tramo. El mínimo se registro en EC-1 con un valor de 11 °C y la máxima en la EC-3, con 17,6 . El pH se mantiene relativamente constante con valores cercanos a 8 de pH, se escapa de esta tendencia la EC-3 con el valor máximo registrado, correspondiente a 17,6. La conductividad eléctrica tiene su máximo en la estación EC-5, debido a la alta carga de sales allí en presente. Para las otras estaciones los valores se muestran constantes en alrededor de los 0,8 mS/cm. Los sedimentos disueltos aumentan levemente en la estación más cercana al mar, el resto de las estaciones se mueven entre los rangos de 0,41 a 0,44 ppt.

El Ancho del cauce fue obtenido mediante una huincha geomensora de 30 metros. La velocidad fue determinada con un correntímetro marca Flowatch con un rotor de agua de 60 mm de diámetro y una precisión de +/- 2%, a $\frac{3}{4}$ de la profundidad (60 %). La profundidad se obtuvo con una barra graduada cada 1 mm, y se registro cada 1 m. para luego determinar el promedio. Los datos obtenidos permiten conocer el caudal circulante de cada estación. Por lo que se determinó la Superficie transversal (Si) y la Velocidad (Vi) de la corriente en todas las estaciones para calcular el caudal (Q). A su vez, la Superficie de cada sección se evaluó multiplicando su anchura (di) por su profundidad (hi). Para la determinación de la granulometría de sustrato se utilizó la clasificación de cemagref (Ginot, V., 1998), donde se registra el sedimento más dominante.

Tabla 6: Tipos de sustratos presentes en cuerpos de aguas superficiales.

Tamaño	Sedimento	Tipo de sustrato
Menor a 0,002 mm	Arcilla	0
0,002 – 0,02 mm	Limo-Fango	1
0,02 – 2 mm	Arena fina	2
2 – 4 mm	Arena gruesa	3
4 – 16 mm	Gravilla	4
16 – 64 mm	Grava	5
64 – 256 mm	Ripio	6
256 a mayor	Ripio de bolones	7
Estimativo	Rocas mayores	8



Formula 1: $Q=\Sigma(Si*Vi)$

Formula 2: $Si=di*hi$

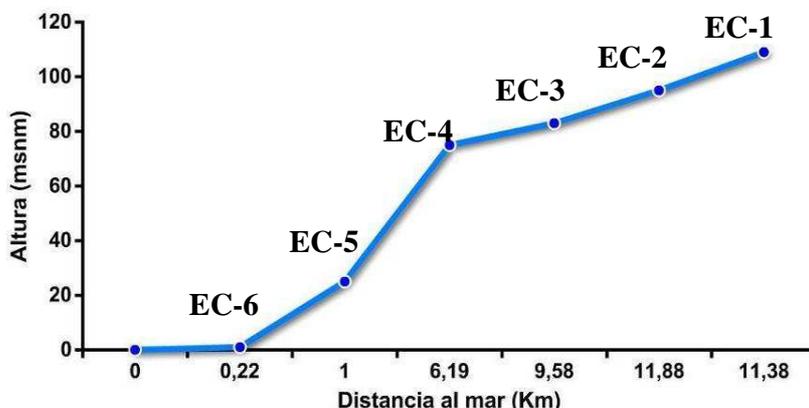


Figura 11: Diferencia altitudinal y distancia al mar de cada estación.
(Elaboración propia)

Tabla 7: Descripción física del cauce.

Estación	Velocidad m/s	Profundidad prom. m	Ancho m	Caudal m³/s	Granulometría de sustrato
EC-1	0,3	0,054	6,0	0,097	Fango
EC-2	0,3	0,165	5,0	0,247	Fango/ Gravilla
EC-3	0,3	0,054	29,1	0,471	Fango
EC-4	0,1	0,13	25,0	0,325	Fango/ Bolones
EC-5	0,1	1,00	8,0	0,800	Fango
EC-6	0,5	0,28	7,0	0,98	Gravilla/ Bolones/Fango
Prom.	0,26	0,28	13,35	0,48	
D.S.	0,15	0,36	10,73	0,33	

Elaboración propia.

La velocidad máxima se registra en la desembocadura, en la descarga de la laguna. De flujos lentos son las estaciones EC-4 y EC-5. Las estaciones ubicadas en la zona alta mantienen una velocidad de 0,3 m/s.

En general las profundidades son bajas, la excepción a esta tendencia es EC-5 con profundidad de 1 m. e incluso mayor en algunos puntos cercanos. La profundidad mínima de 0,54 m se registró en las estaciones EC-1 y EC-3. Los perfiles de fondo se muestran en el anexo 6.

Los mayores anchos se presentan en las estaciones EC-3 y EC-4, con 29,1 y 25,0 m, respectivamente, el primero corresponde a un sector inundado con un canal poco definido y una pendiente baja en su ribera, la segunda se encuentra totalmente limitada en ambas riberas ocupando todo el espacio disponible, en su ribera sur se encuentra abruptamente el cerro y en su ribera norte una calle de tierra. El menor ancho se presenta en EC-2.



El caudal máximo (0,98 m³/s) se presenta en la desembocadura del estero, ubicado en el puente de Av. Costanera. El caudal mínimo corresponde a la estación N°1 (EC-1), sector con muy poca escorrentía superficial y extracción de agua por parte de lugareños.

Flora

Antecedentes Generales

Según Gajardo (1994) la IV Región está vegetacionalmente constituida por el Matorral Estepario, que posee una intensa presión por pastoreo y explotación de leña, lo cual ha determinado que la fisionomía de la vegetación original este casi completamente destruida o limitada a pequeños parches.

La Región de Coquimbo se encuentra en una de las 25 áreas de mayor diversidad a nivel mundial. La flora total nativa de esta región e introducida naturalizada son 1722 especies, que representan más del 30% de las especies presentes en Chile y el 53,5% de las especies nativas son endémicas de Chile. Las formas de vida dominantes son las hierbas perennes (44.7%), seguida por los arbustos con un (27,2%) y las hierbas anuales o bianuales con un (23%). Las áreas con mayor concentración de diversidad y de especies con problemas de conservación se ubican en el área del Parque Nacional Bosque Fray Jorge que concentra la mayor cantidad de especies 29% de la flora. Le siguen en importancia un área al Este de Combarbalá, otra en Los Vilos y una tercera en Coquimbo (Squeo et al, 2001).

En la Región el 49,7% de las especies nativas pertenecen sólo a 9 familias, siendo la de las asteráceas la más abundante con 277 especies. Las formas de vida que se encuentran con el mayor número de representantes nativos en estado de Peligro y Vulnerables son los arbustos y las suculentas (cactáceas).

Squeo et al. (2001) establecieron 14 sitios prioritarios para la conservación de la flora nativa en la Región de Coquimbo y a nivel de comuna se revelan sitios de interés para la conservación de especies leñosas y suculentas: Cuenca del Río Pachingo, Cuenca del Río Limarí, Bosque relicto de neblina (Bosques de Talinay y Fray Jorge) y la desembocadura del Río Limarí.

En la flora de Chile existen unas 450 especies hidrófilas, es decir, hidrófitos y helófitos que soportan diferente profundidad y duración del anegamiento. Esta cantidad puede variar de acuerdo al criterio que se utilice para delimitar entre helófitos (plantas palustres) y terríficos (plantas terrestres). Considerando que la flora chilena está formada por 5.000 especies, la flora hidrófila correspondería a menos al 10 % de ella. La flora hidrófila de plantas vasculares de Chile se reparte en 7 clases: 3 del grupo pteridófitos, 1 de Gimnospermas, y 3 de Angiospermas. Las tres últimas son las más importantes ya que reúnen al 96,62 % de la flora hidrófila chilena. La dominante es la clase Rosopsida (Eudicotiledoneas), con 221 especies y un 53,25 % del total. De las otras, solo las clases Liliopsida y Polipodiopsida tienen alguna importancia. Los helófitos (plantas palustres) dominan sobre los hidrófilos (plantas de agua) con 350 especies y un 84,34 % del total. Las plantas acuáticas solo presentan 65 especies, que equivalen al restante 15,66 % (Ramírez & San Martín, 2006)

La diversidad florística de los Humedales Costeros de la Comuna de Coquimbo, es bastante amplia, esto se demuestra en la cantidad de familias (26), géneros (56) y especies (62) identificadas en toda el área de estudio, lo cual corrobora que son las zonas más representativas de la Cuarta Región. Se



destaca el número considerablemente alto de especies nativas (18) presentes en los Humedales Costeros, teniendo en cuenta que el área de ellos es comparativamente pequeña en relación al total de la Región. Las formas de vida presentes en arrojan datos como la mayor presencia de plantas hemicriptófitas, caméfitas y terófitas, característico de zonas mediterráneo árido.

De las especies presentes en el lugar, se destacan la presencia de cuatro especies vulnerables a parte de tres especies insuficientemente conocidas que podrían ser vulnerables.

Para el humedal costero el Culebrón se registraron en prospecciones realizadas durante los años 1994, 2001, 2003 y 2005 un total de 87 especies distribuidas en tres sectores A, B y C siendo las especies dominantes *Distichlis spicata* y *Sarcocornia fruticosa* (Cerasa & Martínez 2007)

Macrófitas

La presencia de macrófitas en la zona litoral lacustre trae aparejada condiciones diferentes con respecto a la disponibilidad de recursos. Por esta razón, las zonas litorales pueden presentar una mayor biodiversidad. Los ecosistemas acuáticos continentales de Chile registran un total de 455 especies de macrófitas acuáticas, de las cuales 3 corresponden a gimnospermas, 15 a pteridófitos, 184 a monocotiledóneas y 253 a dicotiledóneas. De éstas, sólo 62 son hidrófitas típicas. El total de estas macrófitas representa el 8,7% de la flora de Chile continental, y las hidrófitas sólo el 1,2% (Ramírez & San Martín, 2006)

Respecto de su origen fitogeográfico, destaca el alto porcentaje de especies nativas (79,3%) sobre las introducidas (20,7%). En cuanto a su estado de conservación, sólo las gimnospermas y pteridófitos tienen claramente definida esta condición; de las 18 especies registradas en estos dos grupos, 4 están en la condición de En Peligro, 3 Vulnerables y 2 Raras. El resto de las especies carece de estudios al respecto, lo que da claras señales a los especialistas sobre un tema que debe abordarse con urgencia, junto con la revisión taxonómica de algunos géneros de familias importantes (Hauenstein, 2006)

Para la región de Coquimbo, en lo que respecta las macrófitas se han estudiado al estudiar la flora de los humedales de la región, incluyéndose en estos los humedales de y el sitio de estudio el humedal costero el Culebrón, estos estudios han sido los de CAACH (2003); Cerasa & Martínez (2007).

Metodologías

En las siete estaciones de trabajo ubicadas a lo largo del estero se recolectó material para ser identificado en el laboratorio de ecología de la Universidad de Valparaíso, además se fotografió las unidades de paisaje, las zonas de estudio y las especies observadas.

Se desarrolló el CATASTRO FLORÍSTICO (listado de todas las especies encontradas en las estaciones) considerando información taxonómica y el origen de cada una de las especies (según Marticorena & Quezada 1985, Matthei, 1995, Squeo et al, 2001 y Ramírez & San Martín, 2006) la Riqueza, frecuencia y Abundancia de especies, su Estado de Conservación (IUCN, 1994, Benoit, 1989, Squeo et al, 2001) y las Formas de Vida de las especies(modificado de Raunkiaer, 1956)



El inventario de la flora se hizo mediante observación directa, con material bibliográfico y con colectas herborizadas. Las especies se ordenaron considerando Clases, Familia, Nombre científico y Vernáculo.

Para medición de coberturas (Medida de abundancia).

Se realizaron transectas de 100 m. de largo y 2 m de ancho distribuidas en forma paralela al estero en cada una de las estaciones de trabajo, midiéndose la cobertura de las especies en porcentaje de recubrimiento.

Los criterios utilizados para determinar la abundancia fueron los siguientes:

Tabla 8: Criterios utilizados para determinar la cobertura de especie por parcela.

Índice	Cobertura
+ (Muy Rara)	Menos del 1 %
1 (Rara)	1 – 5 %
2 (Ocasional)	6 – 25 %
3 (Frecuente)	26 – 50 %
4 (Común)	51 – 75 %
5 (Abundante)	76 – 100 %

Para determinar Riqueza

Riqueza simple (S) corresponde al número total de especies encontradas en todo el sitio de estudio.

Para determinar la forma de vida de las plantas

(Sistema de Clasificación modificado de Raunkiaer, 1956)

A.- Fanerófitos: Plantas que tienen sus yemas de renuevo a más de 30 cm. del suelo (árboles y arbustos)

Microfanerófitos (Mi): Árboles de menos de 8 m de altura

Nanofanerófitos (Na): Arbustos.

Fanerófitos Suculentos (Fs): Plantas suculentas, especialmente Cactáceas.

B.- Caméfitos (Ca): Plantas con yemas perdurantes ubicadas entre el suelo y menos de 30 cm de altura. Corresponden a los subarbustos.

C.- Hemicriptófitos (He): Plantas con yemas perdurantes a ras del suelo. Corresponden a Hierbas perennes.

D.- Geófitos (Ge): Plantas cuyas yemas de renuevo están en tallos bajo tierra en bulbos, tubérculos o rizomas.

E.- Helófitos (Hel): Plantas palustres que tienen sus yemas de renuevo bajo el agua arraigadas en el fango y sus hojas y flores sobre la superficie del agua.

F.- Hidrófitos (Hi): Plantas acuáticas arraigadas o libre flotantes con yemas bajo el agua.

G.- Terófitos (Te): Hierbas anuales en las que no hay yemas perdurantes que corresponderían al embrión de la semilla.

H.- Parásitos (Pa): Arbustos o Hierbas que enraízan sobre fanerófitos, poseen haustorios que se introducen hasta los tejidos vasculares del huésped.

**Para determinar las categorías de conservación a nivel regional**

(IUCN, 1994. Consideradas por CONAMA, Benoit, 1989, Squeo et al, 2001)

- A.- Extinta (EX): Se considerará extinta, cuando no se han encontrado individuos mediante búsqueda con métodos y en tiempo adecuados.
- B.- En Peligro (EP): Cuando presenta una probabilidad de extinción en el estado silvestre en un futuro inmediato o cercano.
- C.- Vulnerable (VU): Cuando manifiesta un retroceso numérico que pueda conducirlo al peligro de extinción en el estado silvestre al mediano plazo
- D.- Fuera de Peligro (FP): Cuando existe evidencia de que la especie no experimentará riesgo de extinción en un futuro cercano.
- E.- Insuficientemente Conocida (IC): Cuando no existe información suficiente que permita categorizarla.
- R.- Rara (R): Especies cuyas poblaciones son escasas y que enfrentan riesgos
- G.- No Evaluada (NE): Cuando no ha sido sometida a la evaluación.

Para determinar el origen de las especies vegetales

- A.- Endémico (E): Se dice de la planta que se considera oriunda en el país en que vive. Se dice de la especie que tiene su distribución restringida a una región geográfica limitada.
- B.- Nativa (N): Se dice a la planta que pertenece al país donde ha nacido Y se distribuye en una zona más o menos extensa. Así una planta puede ser nativa, pero no endémica.
- C.- Adventicia (A): Planta introducida en una región que tiene su centro de origen en otro lugar distante.

Resultados

Se presenta el catalogo florístico de la zona de estudio indicando las mayores categorías taxonómicas; Pteridophyta clase Filicopsida, Angiospermae clase Magnoliopsida y Angiospermae clase Liliopsida con las respectivas familias de cada grupo. Para cada especie se indica también el Origen (Endémica =E, Nativa no endémica=N o adventicia=A); Formas de Vida (Me, Mi=Meso y Microfanerófitos, Na=Nanofanerófitos, Fs=Lianas, S=Suculentas, Ca=Caméfitos, He=Hemicriptófitos, Ge=Geófitos, Hel=Helófitos, Hi=Hidrófitos, Pa=Parásitos); Estados de Conservación (EP=En Peligro, V=Vulnerable, IC=Insuficientemente Conocida, R=Rara, FP=Fuera de Peligro, NE=No Evaluada).

Tabla 9: Catálogo florístico del área de estudio.

CLASE FILICOPSIDA					
Familia	Nombre científico	Nombre vernáculo	Origen	F. V.	E. C.
Salvinaceae	Azolla filiculoides	Flor del pato	N	Hi	IC(V?)
CLASE MAGNOLIOPSIDA					
Familia	Nombre científico	Nombre vernáculo	Origen	F. V.	E. C.
Aizoaceae	Carpobrotus equilaterus	Doca	N	He	V



Aizoaceae	Mesembryanthemum crystallinum	Escarcha	A	Te	
Anacardiaceae	Schinus molle	Pimiento	N	Mi	
Anacardiaceae	Schinus polygama	Huingan	N	Mi	FP
Apiaceae	Apium nodiflorum	Apio	A	Hi	
Apiaceae	Conium maculatum	Cicuta	A	Te	
Apiaceae	Hydrocotyle bonariensis	Sombrero de agua	N	Hi	FP
Asteraceae	Ambrosia chamissonis	Ambrosia	N	Ca	FP
Asteraceae	Baccharis linearis	Romerillo	N	Na	FP
Asteraceae	Baccharis juncea	Chilca	N	Ca	FP
Asteraceae	Baccharis marginalis	Chilca	E	Na	FP
Asteraceae	Baccharis pingraea	Chilquilla	N	Ca	FP
Asteraceae	Conyza bonariensis		A	Te	
Asteraceae	Cotula coronopifolia	Botón de oro	A	Hi	
Asteraceae	Cynara cardunculus	Cardo penquero	A	He	
Asteraceae	Haplopappus parvifolius	Crespilla	E	Ca	FP
Asteraceae	Sonchus asper	Cerrajilla	A	Te	
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	N	Na	FP
Asteraceae	Xanthium spinosum	Agarramoño	A	Te	
Boraginaceae	Heliotropium stenophyllum	Palo negro	E	Na	FP
Brassicaceae	Brassica nigra	Mostaza	A	Te	
Brassicaceae	Rorippa chubutica	Berro	N	He	NE
Brassicaceae	Hirschfeldia incana	Mostacilla	A	Te	
Brassicaceae	Raphanus sativus	Rábano silvestre	A	Te	
Callitrichaceae	Callitriche palustris	Yerbecilla	A	Hi	
Chenopodiaceae	Chenopodium ambrossioides	Paico	N	He	FP
Chenopodiaceae	Sarcocornia fruticosa	Sosa	N	He	FP
Euphorbiaceae	Ricinus comunis	Higuerilla	A	Na	



Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega	A	He	
Fabaceae	<i>Melilotus indicus</i>	Trébol amarillo	A	Te	
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	A	He	
Frankeniaceae	<i>Frankenia chilensis</i>	Hierba del salitre	N	Ca	FP
Geraniaceae	<i>Erodium moschatum</i>	Alfilerillo	A	Te	
Geraniaceae	<i>Geranium core core</i>	Geranio	A	Te	
Goodeniaceae	<i>Selliera radicans</i>		N	He	IC(V?)
Malvaceae	<i>Cristaria glaucophylla</i>	Malvilla	E	He	FP
Malvaceae	<i>Lavatera assurgentiflora</i>	Malvaloca	A	Na	
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i>	Malvilla	A	Te	
Malvaceae	<i>Modiola caroliniana</i>	Sana todo	A	He	
Mimosaceae	<i>Albizzia lophanta</i>	Aromillo	A	Mi	
Mirtaceae	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto	A	Me	
Myoporaceae	<i>Myoporum laetum</i>	Mioporo	A	Mi	
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>	Pepinillo de agua	N	Hi	IC(V?)
Papaveraceae	<i>Argemone hunnemannii</i>	Cardo santo	N	Te	FP
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	Siete venas	A	He	
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Llantén	A	He	
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	Duraznillo de agua	A	Hi	
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Romaza	A	He	
Ranunculaceae	<i>Ranunculus cymbalaria</i>	Ranúnculo	N	He	FP
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce Llorón	A	Me	
Scrophulariaceae	<i>Mimulus luteus</i>	Berro amarillo	N	Hi	FP
Solanaceae	<i>Lycium chilense</i>	Coralillo	N	Na	FP
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Palqui inglés	A	Na	
Solanaceae	<i>Solanum heterantherum</i>	Esparto	E	He	FP
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i>	Espuela de galán	A	Te	



Verbenaceae	Verbena litoralis	Verbena	N	He	FP
Verbenaceae	Phyla canescens	Hierba de la Virgen María	A	He	
CLASE LILIOPSIDA					
Familia	Nombre científico	Nombre vernáculo	Origen	F. V.	E. C.
Cyperaceae	Eleocharis macrostachya		N	Hel	FP
Cyperaceae	Scirpus californicus	Trome - Totorá	N	Hel	IC(V?)
Juncaceae	Juncus acutus	Junco redondo	N	Hel	IC(V?)
Juncaceae	Juncus bufonis	Pasto del sapo	N	Hel	FP
Hydrocharitaceae	Limnobium laevigatum	Hierba guatona	A	Hi	
Lemnaceae	Lemna minuta	Lenteja de agua	N	Hi	FP
Poaceae	Arundo donax	Caña	A	Hel	
Poaceae	Avena barbata	Teatina	A	Te	
Poaceae	Cortaderia speciosa	Cola de zorro	N	He	FP
Poaceae	Distichlis spicata	Pasto salado	N	He	FP
Poaceae	Hordeum murinum	Flechilla	A	Te	
Poaceae	Lolium perenne	Ballica inglesa	A	He	
Poaceae	Paspalum vaginatum	Chépica	A	Ge	
Poaceae	Polypogon monspeliensis	Colita de zorra	A	He	
Pontederiaceae	Eichornia crassipes	Jacinto de agua	A	Hi	
Potamogetonaceae	Potamogeton strictus	Huiro	N	Hi	IC(EP?)
Typhaceae	Typha angustifolia	Vatro -Totorá	N	Hel	FP

Elaboración propia

La riqueza florística total para el área de estudio es de 75 especies, las cuales pertenecen a tres clases Filicopsida, Magnoliopsida y Liliopsida con un 1.3%, 76.1 % y 22.6% respectivamente (Tablas 1 y 2). La clase mejor representada es la Magnoliopsida con 27 familias. Entre ellas, las Asteraceae es la más diversa con 12 especies. Dentro de la clase Liliopsidas con 7 familias y 22 especies, la más representada es la familia Poaceae con 8 especies (Tabla 2)



Tabla 10: Información taxonómica de las especies vegetales.

Clase	Familias		Especies	
	N°	%	N°	%
Filicopsida	1	2.7	1	1.3
Magnoliopsida	27	75.1	57	76.1
Liliopsida	8	22.2	17	22.6
Total	36	100	75	100

Elaboración propia

Se cuantificaron 9 formas de vida con un predominio importante de las hierbas perennes (Hemicriptófitos) con un 28,1 %, y las hierbas anuales (Terófitos) con un 21,3 %. Los arbustos (Nanofanerófitos) y los subarbustos suman un 17.2 %. Las hierbas acuáticas (hidrófitos) llegan al 16,1 %, mientras que las hierbas palustres (Helófitos) están representadas en un 8,1 %. Los árboles pequeños y medianos (Micro y Mesofanerófitos) son menos abundantes alcanzando sólo el 7,9 %. Las restantes formas de vida no superan el 2 % (Tabla 3, Fig. 2)

Tabla 11: Formas de vida de las especies vegetales.

Formas de Vida (F.V.)	N°	%
Mesofanerófitos (Me)	2	2.6
Microfanerófitos (Mi)	4	5.3
Nanofanerófitos (Na)	8	10.6
Caméfitos (Ca)	5	6.6
Hemicriptófitos (He)	21	28.1
Geófitos (Ge)	1	1.3
Helófitos (Hel)	6	8.1
Terófitos (Te)	16	21.3
Hidrófitos (Hi)	12	16.1
Parásitos (Pa)	0	0,0

Elaboración propia

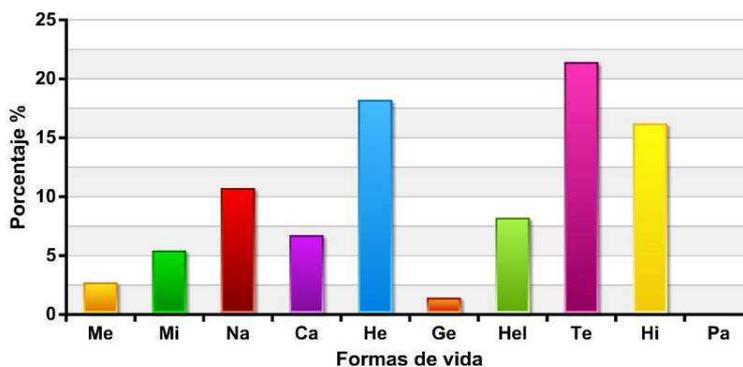


Gráfico 5: Espectro biológico. Porcentajes de formas de vida.

Elaboración propia

Con respecto al origen de las especies vegetales las Adventicias suman 40 con un 53,3 % de representatividad, mientras que entre nativas y endémicas sólo llegan al 46,7 % de estas las endémicas tienen la menor presencia, con sólo el 6,6 % (Tabla 4 y Fig. 3)



Tabla 12: Origen de las especies vegetales.

Origen	N°	%
Endémico	5	6.6
Nativo	30	40.1
Adventicio	40	53.3

Elaboración propia

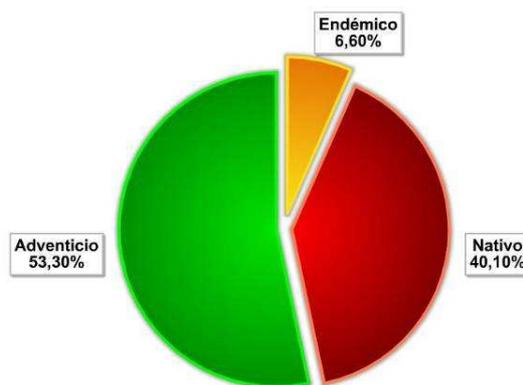


Gráfico 6: Gráfico de origen de las especies vegetales.

Elaboración propia

De acuerdo al Estado de Conservación de las 75 especies reconocidas sólo el 7.6 % estaría con problemas de conservación en la región, la Vulnerable (V) serian *Carpobrotus equilaterus*, mientras que *Azolla filiculoides*, *Selliera radicans*, *Ludwigia peploides*, *Scirpus californicus* y *Juncus acutus* están catalogadas como Insuficientemente Conocidas (IC/V?) pudiendo estar Vulnerables y *Potamogeton strictus* es Insuficientemente conocido, pudiendo estar En Peligro (IC/EP). El 36,1% de ellas se encontraría en la categoría de fuera de peligro (FP). (Tabla 5).

Tabla 13: Estados de conservación de las especies vegetales.

Estados de Conservación (E.C.)	N°	%
En Peligro	0	0
Vulnerables (V)	1	1,3
Insuficientemente Conocida (IC/V)	5	6,6
Insuficientemente Conocida (IC/P)	1	1,3
Fuera de Peligro (FP)	27	36,1
No Evaluada (N.E.)	1	1,3

Elaboración propia

Tabla 14: Frecuencia y abundancia de las especies vegetales en las estaciones de trabajo.

ESPECIES		ABUNDANCIA/ESTACIONES							
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VERNÁCULO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	f
<i>Albizzia lophanta</i>	Aromillo				+				1
<i>Ambrosia chamissonis</i>	Ambrosia				+				1



Apium nodiflorum	Apio	2	+		1	+	+		5
Argemone hunnemannii	Cardo santo							+	1
Arundo donax	Caña						1		1
Avena barbata	Teatina					+			1
Azolla filiculoides	Flor del pato		+		+	+			3
Baccharis juncea	Chilca				+	+			2
Baccharis linearis	Romerillo		+						1
Baccharis marginalis	Chilca		+		+				2
Baccharis pingraea	Chilquilla	2		+	+		+	+	5
Brassica nigra	Mostaza			+	+				2
Callitriche palustris	Yerbecilla		+	+		+			3
Carpobrotus equilaterus	Doca				+				1
Chenopodium ambrosioides	Paico				+		+		2
Conium maculatum	Cicuta		+			+			2
Conyza bonariensis					+		+		2
Cortaderia speciosa	Cola de zorro					+			1
Cotula coronopifolia	Botón de oro	+	+		+	+	+		5
Cristaria glaucophylla	Malvilla				+				1
Cynara cardunculus	Cardo penquero	+	+	+					3
Distichlis spicata	Pasto salado				+				1
Eichornia crassipes	Jacinto de agua				4				1
Eleocharis macrostachya		2			+				2
Erodium moschatum	Alfilerillo				+			+	2
Eucaliptus globulus	Eucalipto			+	2	1			3
Frankenia chilensis	Hierba del salitre		+	1					2
Galega officinalis	Galega				+				1
Geranium core core	Geranio	+				+			2



Haplopappus parvifolius	Crespilla		+		+				2
Heliotropium stenophyllum	Palo negro					+			1
Hirschfeldia incana	Mostacilla		+						1
Hordeum murinum	Flechilla							+	1
Hydrocotyle bonariensis	Sombrero de agua		+	+	+		+		4
Juncus acutus	Junco redondo			+	+	+			3
Juncus bufonis	Pasto del sapo		+	+	+	+	+		5
Lavatera assurgentiflora	Malvaloca				+				1
Lemna minuta	Lenteja de agua		1						1
Limnobium laevigatum	Hierba guatona		2		+				2
Lolium perenne	Ballica inglesa			+					1
Ludwigia peploides	Pepinillo de agua	+							1
Lycium chilense	Coralillo	+			+				2
Malva parviflora	Malvilla				+				1
Melilotus indicus	Trébol amarillo				+				1
Mesembryanthemum crystallinum	Escarcha	+			+				2
Mimulus luteus	Berro amarillo		+		+				2
Modiola caroliniana	Sana todo			+				+	2
Myoporum laetum	Mioporo		+			+			2
Nicotiana glauca	Palqui inglés					+			1
Paspalum vaginatum	Chépica	+		5	2	+		3	5
Phyla canescens	Hierba de la Virgen María	1			1		+		3
Plantago lanceolata	Siete venas		+	+					2
Plantago major	Llantén	+	+		+	+			4
Polygonum persicaria	Duraznillo de agua				+	1			2
Polypogon monspeliensis	Colita de zorra				+		+		2
Potamogeton strictus	Huiro		+	+					2



Ranunculus cymbalaria	Ranúnculo				+				1
Raphanus sativus	Rábano silvestre		+				+		2
Ricinus comunis	Higuerilla					+	+		2
Rorippa chubutica	Berro		+		2	+	2		4
Rumex crispus	Romaza	+	+	+	+	+	+		6
Salix humboldtiana	Sauce Llorón		2			+	2		3
Sarcocornia fruticosa	Sosa	3	+	4	+	+	4	+	7
Schinus molle	Pimiento		+						1
Schinus polygama	Huingan		+	+					2
Scirpus californicus	Trome - Totora		1		2				1
Selliera radicans			2		1	+			2
Solanum heterantherum	Esparto				+				1
Sonchus asper	Cerrajilla		+		+		+		3
Tessaria absinthioides	Brea				1				1
Trifolium repens	Trébol blanco	+							1
Tropaeolum majus	Espuela de galán				+	+			2
Typha angustifolia	Vatro -Totora	5	4	2	4	4	3		6
Verbena litoralis	Verbena	+		+		+	+		4
Xanthium spinosum	Agarramoño					+	+		2
	Riqueza/Estación	17	30	19	45	27	20	7	

Elaboración propia

La estación de mayor diversidad, o riqueza de especies y en donde se encuentran las especies con problemas de conservación es la N°7, correspondiente a la zona de la desembocadura en plena ciudad de Coquimbo, también aquí encontramos las mayores coberturas. La estación más pobre es la N°4 con solamente 7 especies. Las mayores frecuencias corresponden a Sosa y Totora con frecuencias 7 y 6 respectivamente.



Conclusiones

Se registraron 75 especies con mayor porcentaje de advenas (53,5%) y predominio de las hierbas perennes y anuales (Hemicriptófitos 28,1% y Terófitos 21,3%). Las plantas macrófitas, Hidrófilos y Helófitos suman un 24,2%.

Se registraron 7 especies con problemas de conservación, de las cuales 1 es Vulnerable y 6 Insuficientemente conocidas pudiendo estar con vulnerabilidad.

La estación 6 correspondiente a la desembocadura presenta la mayor riqueza de especies (s=45) y en ella se encuentran todas las especies con problemas de conservación, por lo que sería el lugar más importante desde el punto de vista florístico.

FAUNA

A continuación se presentan los resultados de la campaña de terreno efectuada en toda su extensión del estero el Culebrón, Región de Coquimbo, durante el mes de agosto de 2009.

Metodología

Fauna Vertebrada

El trabajo in situ comprendió un estudio sobre la fauna vertebrada presente en los distintos ambientes vegetacionales húmedos, lo cual fue complementado por antecedentes referidos a los estados de conservación indicados en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1993), los criterios de protección, según artículo 3 de la Ley de Caza y Pesca (S.A.G, 2006) y del decreto supremo N°50/2008 sobre clasificación de especies (Conama, 2008).

Dada la importancia y fragilidad del área de estudio, se realizó un programa de muestreo. Entendiéndose como el recuento u observación de la fauna vertebrada en la franja de impacto.

Para cada una de las clases de vertebrados se describieron los parámetros ecológicos de riqueza específica y similitud taxonómica a través del índice de Jaccard a través del Software Biodiversity Pro, versión 2.0 (1997).

Peces

Se realizó muestreo sistemático con un equipo de pesca eléctrica modelo Samu 702, con una unidad de esfuerzo de 15 minutos por cada 50 metros de longitud. Las especies fueron determinadas y clasificadas hasta el nivel de especie y liberadas en el mismo lugar.

Anfibios

Se realizaron recorridos a través de las zonas húmedas y cercanas a cuerpo de agua, como también en zonas de inundación. La determinación se efectuó en forma directa a través de la observación y cuantificación de larvas y/o ejemplares juveniles como adultos, a través de la captura directa por



chinguillos de manos. Se describió la similitud de especies, a través del índice de Jaccard y riqueza específica.

Reptiles

Se realizaron observaciones directas de especímenes en toda la franja de impacto, se dispusieron trampas barber en grilla, dispuestas en las cercanías de formaciones vegetacionales representativas del área de estudio, Las trampas fueron situadas cada 10 metros, dejadas activas durante todo el período de muestreo y revisadas. Los especímenes capturados fueron determinados hasta el nivel taxonómico de especie y liberados en el mismo lugar. Se describió la similitud de especies, a través del índice de Jaccard y riqueza específica.

Aves

Se realizaron observación directa de individuos mediante binoculares 7 x 35, escucha de cantos y/o gritos y detección e identificación de plumas y egagrópilas. Para las aves cercanas y/o integradas al área de influencia, se identificaron las zonas de nidificación como la distribución sectorial en los ambientes vegetacionales.

Micromamíferos

Se realizaron muestreo de roedores, a través de una grilla cuadrículada con trampas de vivo tipo Sherman de 70x30x30 cm, las cuales fueron dispuestas cada 10 metros, resguardando que sean incluidas en las formaciones vegetacionales más representativas. Las trampas se encontraron activas durante todo el período de estudio y revisadas, en esta operación se indica la presencia, a través de captura directa y/o indirecta por la activación de la trampa u otro indicio. Posteriormente fueron liberados en la misma área de captura.

Resultados

Fauna Vertebrada

El estudio involucró el registro de vertebrados en seis estaciones de trabajo en el área de influencia de la propuesta, lo que permitió establecer un total de 40 especies. Del total, cinco corresponden a peces (12,5 %), una a anfibios (2,5 %), tres a reptiles, 25 a aves (62,5 %) y seis a mamíferos (15%). Por otro lado se puede ver que la clase peces presentó tres órdenes (Cypriniformes, Perciformes y Cyprinodontiformes) y cuatro familias (Cyprinidae, Mugilidae, Cichlidae y Poeciliidae). Los anfibios presento un orden (Anura) y una familia (Leptodactylidae), la clase reptiles también presentó un orden (Squamata) con una familia (Tropiduridae). Las aves presentaron un total de siete órdenes (Pelicaniformes, Ciconiformes, Anseriformes, Falconiformes, Gruiformes, Charadriiformes y Passeriformes) con 15 familias (Phalacrocoracidae, Ardeidae, Anatidae, Falconidae, Rallidae, Charadriidae, Laridae, Furnariidae, Tyrannidae, Hirundinidae, Troglodytidae, Mimidae, Emberizidae, Fringillidae y Pasaseridae). Por último los mamíferos presentaron un orden (Rodentia) con dos familias (Muridae y Myocastoridae).

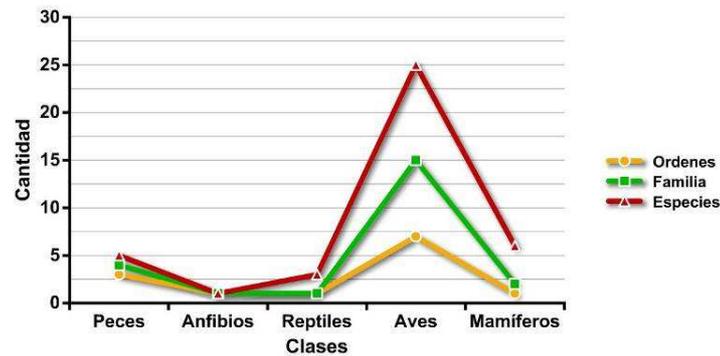


Gráfico 7: Riqueza de especies por clase sistemática, registrada en la zona de estudio.

Similitud Taxonómica (Jaccard)

Estableciendo las comunidades existentes en el área de estudio, vemos la constitución de dos grupos conformando un dendrograma en forma de escala: estación 1-(2,3,4,5,6) a un 28% de similitud y el grupo interno 5-6, con un 56,9 % de similitud. Siendo este último grupo el de mayor importancia, dada la riqueza de especies que la conforman (66 %).

Tabla 15: Especies y su presencia en las seis estaciones/matriz para el cálculo de Jaccard.

Especie	estación 1	estación 2	estación 3	estación 4	estación 5	estación 6
<i>Cyprinus carpio</i>					x	x
<i>Mugil cephalus</i>						x
<i>Cichlasoma facetum</i>				x	x	
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>					x	
<i>Gambusia holbrooki</i>					x	
<i>Pleurodema thaul</i>	x				x	
<i>Liolaemus kuhlmani</i>		x				
<i>Liolaemus lemniscatus</i>	x		x	x		
<i>Liolaemus tenuis</i>			x	x		
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>					x	x
<i>Ardea cocoi</i>			x			
<i>Casmedrodus albus</i>					x	x
<i>Nycticorax nycticorax</i>					x	x
<i>Anas georgica</i>			x			
<i>Anas cyanoptera</i>			x			
<i>Milvago chimango</i>	x	x	x	x		
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>					x	x
<i>Gallinula melanops</i>						x
<i>Fulica leucoptera</i>						x
<i>Vanellus chilensis</i>			x	x	x	x
<i>Larus dominicanus</i>						x
<i>Larus pipixcan</i>						x

<i>Cinclodes patagonicus</i>		x	x		x	
<i>Lessonia rufa</i>		x	x			
<i>Tachuris rubrigastra</i>						x
<i>Tachycineta meyeni</i>				x	x	x
<i>Troglodytes aedon</i>					x	
<i>Mimus thenca</i>			x			
<i>Sicalis luteiventris</i>		x				
<i>Zonotrichia capensis</i>			x	x	x	
<i>Curaeus curaeus</i>	x	x				
<i>Agelaius thilius</i>					x	x
<i>Diuca diuca</i>		x				
<i>Passer domesticus</i>		x	x			
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	x					
<i>Abrothrix olivaceus</i>	x					
<i>Rattus rattus</i>				x	x	x
<i>Rattus norvegicus</i>				x	x	x
<i>Mus musculus</i>				x	x	
<i>Myocastor coypus</i>						x

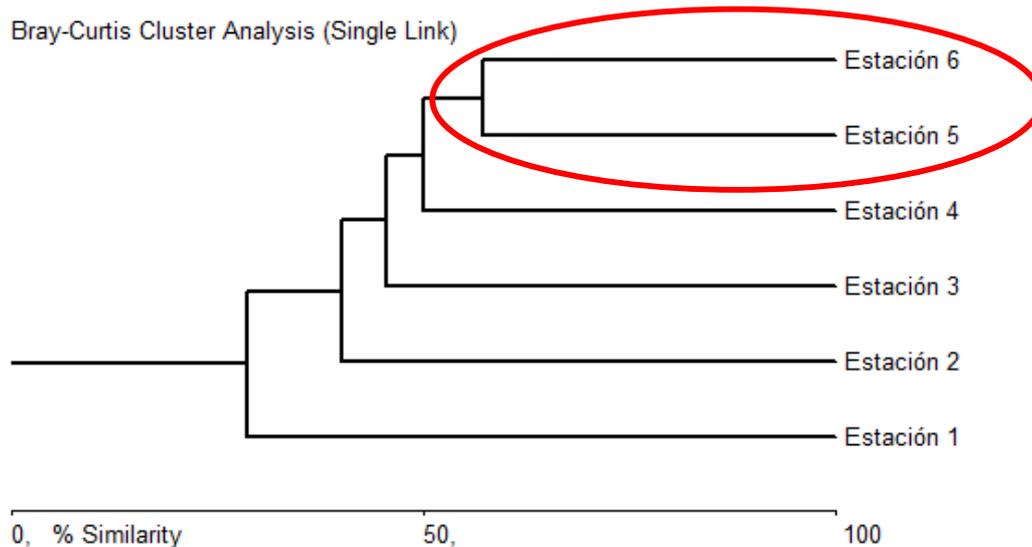


Figura 12: Dendrograma de las Comunidades presentes en las estaciones de estudio. Alcanzando la más alta similitud las estaciones 5 – 6 con un índice de Jaccard de 0,56.

Diversidad biológica

Vemos que los grupos de las estaciones 1 a la 4 se encuentran heterogéneas mientras que la estación 5 a la 6 se encuentra homogénea, con una diversidad de $H': 1,24$.

Tabla 16: Valores de Índice de Shannon.

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Shannon H'	0,78	0,90	1,08	1,00	1,26	1,23



Estado de Conservación

De acuerdo con el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1993), los criterios de protección, según artículo 3 de la Ley de Caza y Pesca (S.A.G, 2006) y del decreto supremo N°50/2008 sobre clasificación de especies (Conama, 2008). De las 40 especies detectadas durante la campaña de terreno, sólo el 17,5% (Siete especies) se encuentran en estado de conservación, del total el 85,7% (seis especies) se encuentra vulnerables (*Mugil cephalus*, *Pleurodema thaul*, *Liolaemus kuhlmani*, *Liolaemus lemniscatus*, *Liolaemus tenuis* y *Myocastor coypus*) y sólo el 14% como rara (*Ardea cocoi*).



Gráfico 8: Cuantificación de especies en estado de conservación.



Tabla 17: Listado de las especies de vertebrados registrados en las seis estaciones de estudio. Clasificación sistemática y estado de conservación.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre vernáculo	estación 1	estación 2	estación 3	estación 4	estación 5	estación 6	Estado de Conservación
Peces	Cypriniformes	Cyprinidae	Cyprinus carpio	Carpa					x	x	Introducido
	Perciformes	Mugilidae	Mugil cephalus	Lisa						x	Vulnerable
		Cichlidae	Cichlasoma facetum	Chanchito				x	x		Introducido
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	Cnesterodon decemmaculatus	Gambusia manchada					x		Introducido
			Gambusia holbrooki	Gambusia común					x		Introducido
Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre vernáculo							
Anfibios	Anura	Leptodactylidae	Pleurodema thaul	Sapito cuatro ojo	x				x		Vulnerable
Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre vernáculo							
Reptiles	Squamata	Tropiduridae	Liolaemus kuhlmani	Lagarto de Kulmanni		x					Vulnerable
			Liolaemus lemniscatus	Lagartija lemniscata	x		x	x			Vulnerable
			Liolaemus tenuis	Lagartija esbelta			x	x			Vulnerable
Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre vernáculo							
Aves	Pelicaniformes	Phalacrocoracidae	Phalacrocorax brasilianus	Yeco					x	x	sin clasificación
	Ciconiformes	Ardeidae	Ardea cocoi	Garza Cuca			x				Rara
			Casmedrodius albus	Garza Grande					x	x	B
			Nycticorax nycticorax	Huairavo					x	x	E
	Anseriformes	Anatidae	Anas georgica	Pato jergón			x				
			Anas cyanoptera	Pato colorado			x				



	Falconiformes	Falconidae	Milvago chimango	Tiuque	x	x	x	x			B-E
	Gruiformes	Rallidae	Pardirallus sanguinolentus	Pidén					x	x	B
			Gallinula melanops	Taguita						x	S
			Fulica leucoptera	Tagua chica						x	
	Charadriiformes	Charadriidae	Vanellus chilensis	Queltehue			x	x	x	x	B-E
		Laridae	Larus dominicanus	Gaviota común						x	E
			Larus pipixcan	Gaviota de Franklin						x	B
	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes patagonicus	Churrete		x	x		x		B
		Tyrannidae	Lessonia rufa	Colegial		x	x				B-E
			Tachuris rubrigastra	Siete-Colores						x	B-E
		Hirundinidae	Tachycineta meyeri	Golondrina chilena				x	x	x	B-E
		Troglodytidae	Troglodytes aedon	Chercán						x	B-E
		Mimidae	Mimus thenca	Tenca			x				B
		Emberizidae	Sicalis luteiventris	Chirihue		x					sin clasificación
			Zonotrichia capensis	Chincol			x	x	x		B
			Curaeus curaeus	Tordo	x	x					sin clasificación
			Agelaius thilius	Trile					x	x	B
		Fringillidae	Diuca diuca	Diuca		x					sin clasificación
		Passeridae	Passer domesticus	Gorrión		x	x				sin clasificación
Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre vernáculo							
Mamíferos	Rodentia	Muridae	Oligoryzomys longicaudatus	Ratón cola larga	x						sin clasificación
			Abrothrix olivaceus	Ratón oliváceo	x						sin clasificación
			Rattus rattus	Rata negra				x	x	x	introducida
			Rattus norvegicus	Rata noruega				x	x	x	introducida
			Mus musculus	Laucha				x	x		introducida
		Myocastoridae	Myocastor coypus	Coipo						x	Vulnerable

B: especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria.

S: Especie catalogada con densidades poblacionales reducidas.

E: Especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio ecosistémico.

P: Especie en Peligro de Extinción.

* Ver censo de aves en anexo 7.

V: Especie Vulnerable.

R: Especie Rara.

F: Especie Fuera de Peligro.

I: Especie inadecuadamente conocida



Índice Biótico de Familia IBF

La metodología para la identificación de la fauna de macroinvertebrados bentónicos se realizó, mediante el recuento directo por grupo de organismos. Para esto se utilizó el método manual con redes para zonas profundas y asociadas a la vegetación. Los esfuerzos de captura se realizaron con chinguillos tipo "D" con una red de 0.045 m² de área de superficie de cobertura y de unos 250µm de abertura de malla. En cada estación de muestreo se realizaran tres replicas. El muestreo se ejecutó removiendo el sustrato (sedimento y/o macrófitos) con la mano o el pie, de forma que los posibles animales que se encuentran en el fondo del río y adheridos a las plantas acuáticas queden en suspensión en la columna de agua, así, con un movimiento zigzagueante de la red colocada a contracorriente todo el material removido entre en ella. El tiempo de esta operación tendrá una duración de 10 -15 minutos por cada sector de la estación.

Las muestras colectadas fueron almacenadas en frascos plásticos, etiquetados y fijados en terreno con alcohol al 10% y glicerina para evitar la fractura de la fauna durante el proceso de identificación. Posteriormente se llevó al laboratorio del Museo de Historia Natural de Valparaíso, donde se examinaron bajo lupa estereoscópica Stemi DV4, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos e identificándolos hasta el nivel de familia, mediante la utilización de claves de Figueroa et al (2003).

Para la determinación de la calidad de las aguas se aplicó el Índice Biótico de Familias (IBF). Para el cálculo del IBF, los taxa fueron agrupados en sus respectivas familias, asignando el puntaje de tolerancia sugeridos por Hauer & Lamberty (1996) y se determinó el número total de individuos pertenecientes a cada familia (Tabla 19). En la se presentan las tolerancias de cada familia empleadas en el cálculo del índice; estas varían entre 0 (taxa sensible) a 10 (taxa tolerante). Para el cálculo del índice se siguió a Hilsenhoff (1988), para lo cual los puntajes de tolerancia fueron multiplicados por su correspondiente número de individuos. Posteriormente, los resultados obtenidos para cada familia fueron sumados y luego divididos por el número total de individuos de todas las familias obtenidos en la estación de muestreo. Los valores obtenidos fueron clasificados en siete clases de calidad (Tabla 18).

Tabla 18: Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF).

Clase de Calidad	Rangos del índice	Calidad del Agua
I	< 3,75	Excelentes
II	3,76 – 4,25	Muy buena
III	4,26 – 5,00	Buena
IV	5,01 – 5,75	Regular
V	5,76 – 6,50	Relativamente mala
VI	6,51 – 7,25	Mala
VII	> 7,26	Muy mala



Tabla 19: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación de Índice Biótico de Familias (IBF).

Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia	Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia
Plecoptera	Gripopterygiidae	1	Megaloptera	Corydalidae	0
	Notojermouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera	Pyralidae	5
	Diamphipnoidae	0			
	Eustheniidae	0	Platyhelminthes	Turbellaria	4
	Austroperlidae	1			
Ephemeroptera	Baetidae	4	Acari	4	
	Caenidae	7	Decapoda	6	
	Leptophlebiidae	2	Coleoptera	Elmidae	4
	Siphonuridae	7			
	Oligoneuridae	2	Diptera	Athericidae	2
	Ameletopsidae	2		Blephariceridae	0
	Coloburiscidae	3		Ceratopogonidae	6
	Oniscigastridae	3		Chironomidae	7
Odonata	Aeshnidae	3		Empididae	6
	Calopterygidae	5		Ephydriidae	6
	Gomphidae	1		Psychodidae	10
	Lestidae	9	Simuliidae	6	
	Libellulidae	9	Tipulidae	3	
	Coenagrionidae	9	Amphipoda	Gammauridae	4
Cordulidae	5	Hyalellidae		8	
Petaluridae	5	Mollusca		Amnicolidae	6
Trichoptera	Calamoceratidae		3	Lymnaeidae	6
	Glossosomatidae		0	Physidae	8
	Helicopsychidae		3	Sphaeriidae	8
	Hydropsychidae		4	Chiliniidae	6
	Hydroptilidae		4	Oligochaeta	Hirudinea
	Leptoceridae	4			
	Limnephilidae	2	Hirudinea	10	
	Ecnomidae	3			
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Resultados

Los resultados nos muestra la presencia de 15 familias de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos homogéneamente a lo largo de las seis estaciones, ya que las riquezas fluctuaron entre los 4 a 8 familias. La familia Hyalellidae fue la más abundante con un 23,9% (54 ind.), seguido de Chironomidae con un 18,6 % (42 ind.). Registro fotográfico en anexo 8.

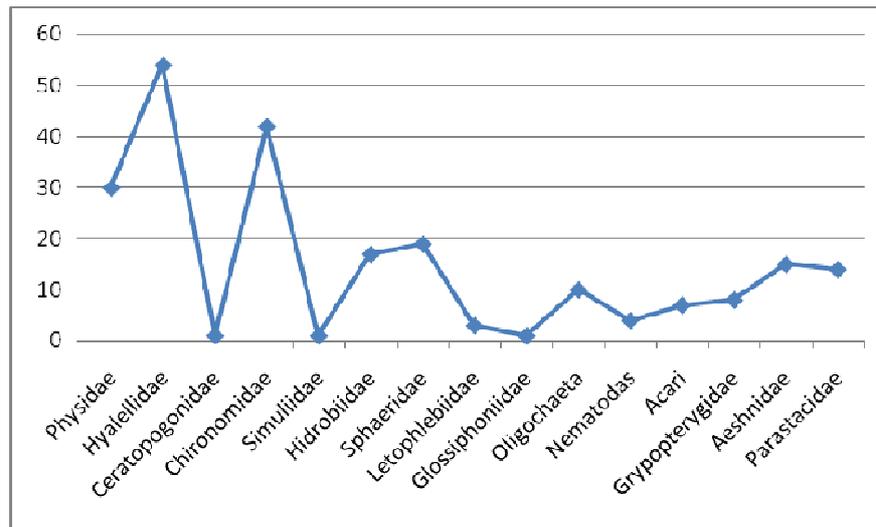


Gráfico 9: Abundancias de individuos de las familias de macroinvertebrados.

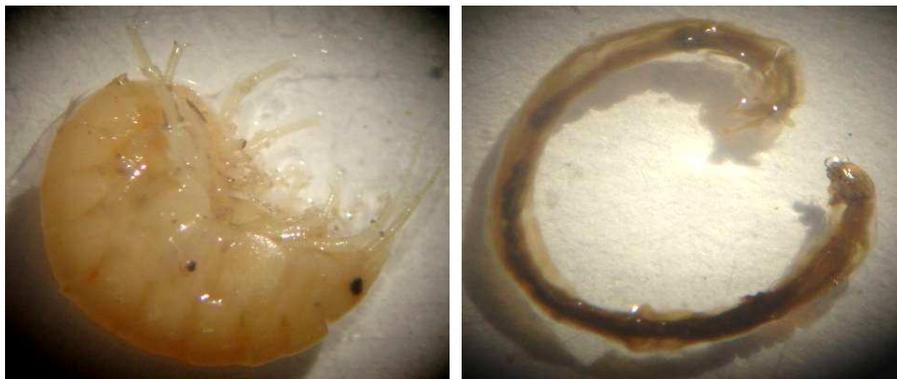


Figura 13: Familias Hyalellidae y Chironomidae.

Al asignar los valores de calidad vemos que estas familias con gran representatividad, corresponde a especies tolerantes, con puntuación 7 y 8 de un máximo de tolerancia de 10.

Situación que se manifiesta al aplicar el Índice Biótico de Familia, cuyos resultados se acotaron a las clases de calidad V: Relativamente mala; VI: Mala y VII: muy mala. Al observar la matriz podemos ver que según las puntuaciones desde el origen del estero a su desembocadura presenta la siguiente clasificación:

Estación 1: muy mala

Estación 2: mala

Estación 3: muy mala

Estación 4: mala

Estación 5: Relativamente mala

Estación 6: Relativamente mala



Tabla 20: Familias de macroinvertebrados. Puntuación Índice Biótico de Familia.

Familias	Puntuación	Estación	Calidad										
		1		2		3		4		5		6	
1 Physidae	8	5	40,0	3	24,0	0	0,0	14	112,0	0	0,0	8	64,0
2 Hyalellidae	8	9	72,0	18	144,0	10	80,0	13	104,0	0	0,0	4	32,0
3 Ceratopogonidae	6	1	6,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Chironomidae	7	3	21,0	10	70,0	15	105,0	0	0,0	14	98,0	0	0,0
5 Simuliidae	6	1	6,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6 Hidrobiidae	8	0	0,0	0	0,0	6	48,0	0	0,0	7	56,0	4	32,0
7 Sphaeridae	8	0	0,0	2	16,0	7	56,0	6	48,0	4	32,0	0	0,0
8 Letophlebiidae	2	0	0,0	3	6,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
9 Glossiphoniidae	10	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
10 Oligochaeta	8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	32,0	6	48,0	0	0,0
11 Nematodos	4	0	0,0	1	4,0	0	0,0	2	8,0	1	4,0	0	0,0
12 Acari	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	16,0	3	12,0	0	0,0
13 Grypopterygidae	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8	8,0	0	0,0
14 Aeshnidae	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	15,0	0	0,0	10	30,0
15 Parastacidae	6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	12,0	12	72,0
Riqueza		5		7		4		7		8		5	
Total		19	145,0	38	274,0	38	289,0	48	335,0	45	270,0	38	230,0

Tabla 21: Calidad del agua de cada estación.

ESTACIÓN	1	2	3	4	5	6
PUNTUACIÓN	7,63	7,21	7,61	6,98	6,00	6,05
Calidad del agua	muy mala	mala	muy mala	mala	relativamente mala	

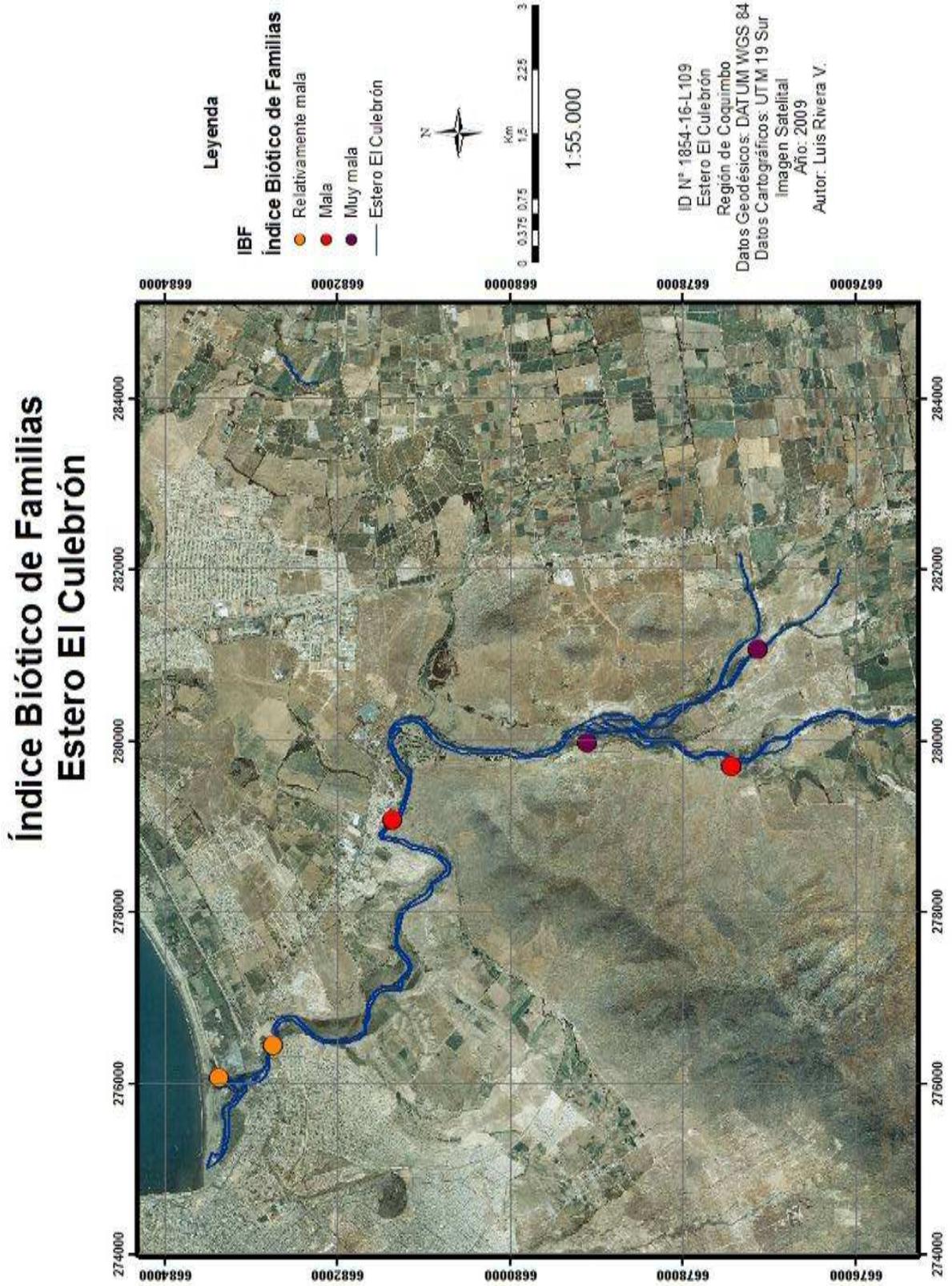


Figura 14: Valores de Índice Biótico de Familia para el Estero El Culebrón.



Índice de hábitat Fluvial IHF

El Índice de hábitat fluvial (IHF) pretende valorar la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada (Pardo *et al.*, 2002). A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructura físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (Smith & Smith, 2000). El hábitat suministra espacio físico y proporciona fuente de alimento para las especies.

Este índice es aplicable para ríos mediterráneos, por lo que es perfectamente aplicable en el área de estudio debido a que presenta un clima de este mismo tipo, y solo se omite del análisis la zona comprendida por la laguna estuarina, debido que no es un sistema lótico.

Se aplicó la metodología descrita para evaluar la calidad del hábitat fluvial. En base a un análisis de las características físicas del cauce, donde se aplica un valor a aspectos físicos que se relacionan con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente. Estas características se observan en la tabla nº 8. Se establece entonces, la relación de que un hábitat heterogéneo contiene mayor cantidad de hábitat, con lo cual albergara mayor número de especies, por lo que a mayor heterogeneidad mejor calidad de hábitat.

Tabla 22: Bloques de Índice de hábitat fluvial.

Bloque n°	Nombre
1	Inclusión rápidos-sedimentación pozas
2	Frecuencia de rápidos
3	Composición del sustrato
4	Regímenes de velocidad/profundidad
5	Porcentaje de sombra en el cauce
6	Elementos de heterogeneidad
7	Cobertura de vegetación acuática

Fuente: Pardo et al., 2002



Figura 15: Tabla de campo de evaluación del Hábitat Fluvial.

Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos, Índice IHF			
		Estación	
		Fecha	
		Operador	
Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	
Sólo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8	
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25		4	
Sólo pozas		2	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del sustrato			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
somero < 0.5 m	4 categorías: Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
lento < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos heterogeneidad			
Hojarama	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Ratcos expuestas		2	
Diques naturales		2	
		TOTAL (sumar categorías)	
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)			
La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:			
Inclusión rápidos - sedimentación pozas		10	
Frecuencia de rápidos		10	
Composición del sustrato		20	
Régimen velocidad / profundidad		10	
Porcentaje de sombra en el cauce		10	
Elementos de heterogeneidad		10	
Cobertura de vegetación acuática		30	



El total, correspondiente a la suma de los valores obtenidos en cada una de los bloques nos indica las características físicas del hábitat, en cuanto a su heterogeneidad.

Tabla 23: Rangos IHF

Rangos	Descripción	Color
81-100	Hábitat heterogéneo	Azul
61-80	Hábitat Relativamente Heterogéneo	Verde
41-60	Hábitat homogéneo	Amarillo
20-40	Hábitat muy homogéneo	Rojo

Fuente: Pardo et al., 2002

La estación número n° 1 se caracteriza por ser un hábitat homogéneo, con un valor de IHF de 44. En cuanto a los Bloques mencionados anteriormente, el cauce presenta solo pozas, las que se alternan en el cauce con zonas de suelo saturado de agua donde predominan especies helófitas. El único sustrato presente es el Limo con un grado de sedimentación mayor a 60 %. En cuanto a los regímenes de velocidad y profundidad se observa la categoría: lento somero, considerando como somero una profundidad menor a los 0,5 m y considerando como lento una velocidad menor de 0,3 m/s. En cuanto a la sombra del cauce, este se encuentra completamente expuesto. Se observan raíces expuestas, diques naturales y la presencia de hojarasca es menor a un 10 %. En cuanto a la cobertura de vegetación acuática Las fanerógamas son las que se encuentran hasta en un 50 % de cobertura.

Para la estación n° 2 el valor obtenido es de 61, definiendo un hábitat relativamente heterogéneo. Corresponde a un tramo de rápidos, con sustrato de gravas no fijadas por sedimentos finos, con una inclusión menor al 30%. La frecuencia de los rápidos es ocasional. Los sustratos dominantes son grava y limo. Se observan 2 regímenes de velocidad, lento somero y rápido somero. El cauce se encuentra expuesto no presentando sombras sobre él. En cuanto a elementos de heterogeneidad la hojarasca se presenta en un porcentaje menor al 10%. El plocón y las fanerógamas se encuentran entre un 10 y 50 %.

La estación n°3 presenta color amarillo de IHF (valor 48), siendo un hábitat homogéneo. Presenta solo pozas con un % de sedimentación que va entre 30 y 60 % y el limo es el sustrato dominante. Su régimen es lento somero y se encuentra totalmente expuesto. Las especies fanerógamas dominan la estación.

La estación n° 4 es un hábitat homogéneo, con un valor de 52. Se presentan solo pozas con una sedimentación entre un 30 y un 60 %. El sustrato dominante es el limo y en cuanto a los regímenes de velocidad profundidad se observan dos categorías: lento somero y rápido somero. Al igual que las estaciones anteriores se encuentra expuesto al sol. En esta estación se presentan raíces expuestas y las especies dominantes son fanerógamas.

Por último, la estación n°5 que se ubica en el sector más alterado presenta características de un hábitat homogéneo, con el valor más bajo del estero: 37. Con la presencia solo de pozas con una sedimentación mayor al 60 %, dominado por un sustrato de limo. Su régimen de velocidad profundidad es lento somero. Se encuentra expuesto no presentando zonas de sombra en el cauce. Se observan además raíces expuestas. En cuanto a la cobertura de vegetación las especies fanerógamas dominan la estación.



En general el estero presenta condiciones homogéneas principalmente, difieren de la regla la estación n° 2, ubicada en el sector de Pan de Azúcar, presenta aguas corrientes, con baja presencia de fanerógamas, a simple vista corresponde a un cauce diferente debido a la presencia de grava como fondo de sustrato y a una menor presencia de limo. La estación n° 5 se ubica en el sector que presenta mayor presión antrópica y corresponde al sector más homogéneo presenta básicamente pozones, de regímenes de velocidad lento con abundante presencia de totorales.

Su condición general de homogénea se debe principalmente a la morfología de quebrada que presenta y su origen calcáreo. Sus velocidades son bajas y su carácter menos erosivo y más sedimentario. El porcentaje de sombra en todo el estero es cero, la baja presencia de especies arbóreas en sus riberas lo dejan expuesto a la luz solar. Todos los puntos de muestreo tienen una baja presencia de elementos alóctonos.

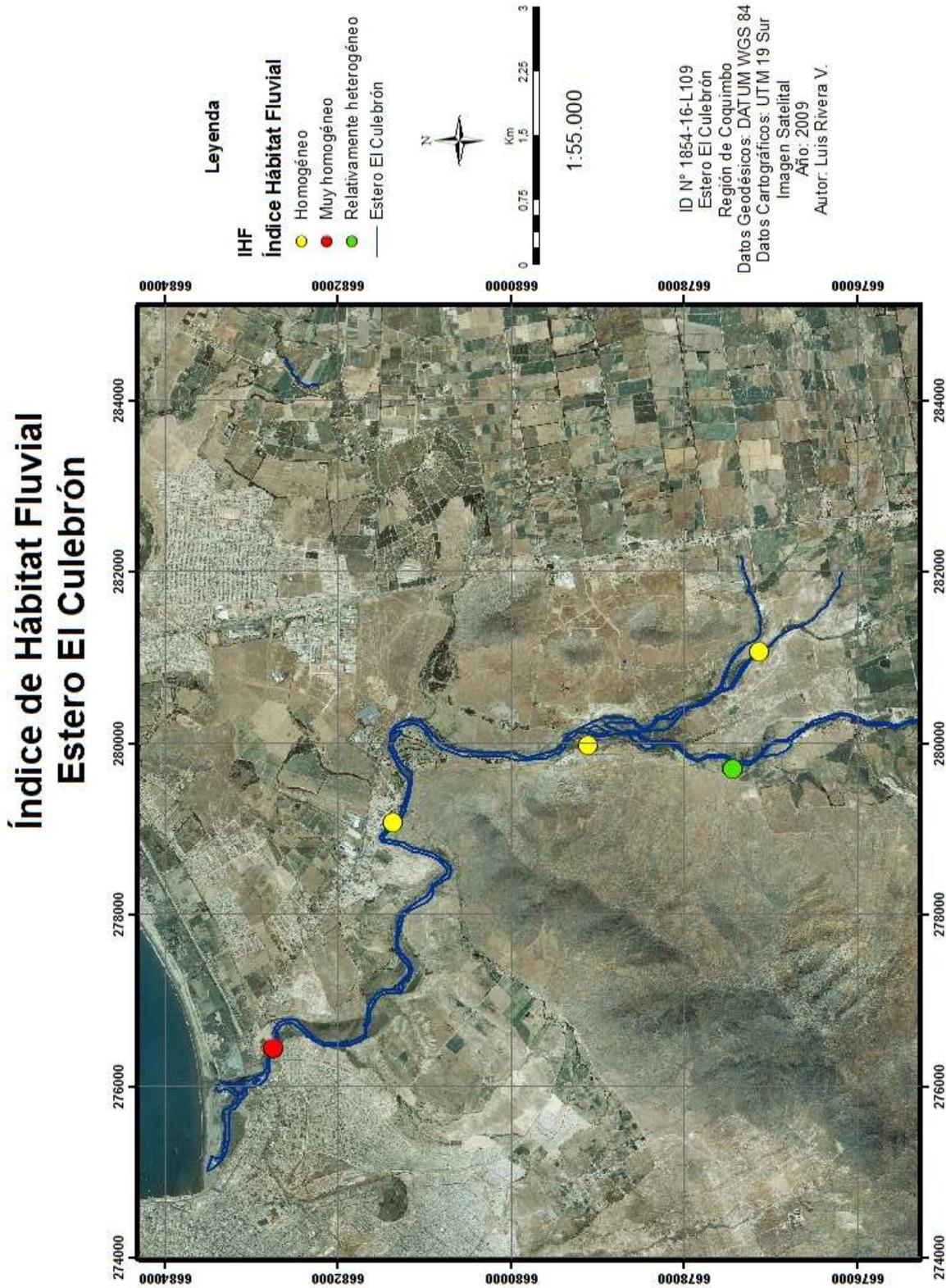


Figura 16: Valores obtenidos para IHF en el estero El Culebrón (Elaboración propia).



Índice de Calidad de Bosque de Ribera

El Índice de Ribera es diseñado para los ríos mediterráneos, calificando el ecosistema de ribera con valores entre 0 y 100. Dicha puntuación se obtiene considerando cuatro características del sistema de ribera, cada una con un 25 % de participación dentro del total calculado. Estas características o apartados consideran la existencia de situaciones poco favorables para los ecosistemas y realizan penalizaciones, puntuando negativamente. Considera que en las zonas áridas y semiáridas, se contemple los arbustos con porte arbóreo como los árboles que se consideran en el índice y se mencionan en la hoja de campo.

Este análisis debe ser aplicado en toda la zona de ribera de los ríos, orilla y ribera, zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas, respectivamente

Grado de cobertura riparia

Se contabiliza el porcentaje de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideran ambos lados del río de forma conjunta.

Estructura de la cobertura

Puntuación realizada según el porcentaje de cobertura de árboles y, en ausencia de éstos, arbustos sobre la totalidad de la zona a estudiar. Se considera ribera y ambos márgenes del río.

Calidad de la cobertura

Primero es necesario conocer el tipo morfológico con las indicaciones para su determinación. Después se contabiliza el número de especies arbóreas o arbustivas nativas riparias.

Naturalidad del canal fluvial

Las modificaciones de las terrazas adyacentes al río suponen la reducción del cauce, el aumento de la pendiente de las márgenes y la pérdida de sinuosidad en el río. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto.



Figura 17: Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales, Índice QBR.

Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales. Índice QBR				
<p><i>Esta calificación debe ser aplicada en toda la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera propiamente dicha). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.</i></p> <p>Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplan las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.</p>				
<p>La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25</p>		Estación		
		Fecha		
Grado de cubierta de la zona de ribera				Puntuación entre 0 y 25
Puntuación				
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)			
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera			
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera			
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera			
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total			
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%			
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%			
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%			
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)				Puntuación entre 0 y 25
Puntuación				
25	cobertura de árboles superior al 75 %			
10	cobertura de árboles entre el 50 y 75 % o cobertura de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %			
5	cobertura de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %			
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %			
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %			
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %			
+ 5	si los árboles tienen un sotobosque arbustivo			
- 5	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %			
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad			
- 10	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %			
Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*)				Puntuación entre 0 y 25
Puntuación		<i>Tipo 1</i>	<i>Tipo 2</i>	<i>Tipo 3</i>
25	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	1	2	3
5	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	-	1	1 - 2
0	sin árboles autóctonos			
+ 10	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+ 5	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y 75% de la longitud del tramo			
+ 5	si las distintas especies se disponen en bandas paralelas al río			
+ 5	si el número de especies de arbustos es:			
		> 2	> 3	> 4
- 5	si hay estructuras construidas por el hombre			
- 5	si hay alguna sp. de árbol y/o arbusto alóctono** aislada			
- 10	si hay sp. de árboles y/o arbustos alóctonos** formando comunidades			
- 10	si hay vertidos de basuras			
Grado de naturalidad del canal fluvial				Puntuación entre 0 y 25
Puntuación				
25	el canal del río no ha estado modificado			
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal			
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río			
0	río canalizado en la totalidad del tramo			
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río			
- 10	si existe alguna presa <o> U otra infraestructura transversal en el lecho del río			
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)				



Continuación figura 18

*** Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)**

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Puntuación			
	Izquierda	Derecha		
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas			6	6
Igual pero con un pequeño talud o orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			5	5
Pendiente entre el 45 y 75°, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$			3	3
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$			2	2
Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana			1	1
Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río				
Anchura conjunta "a" > 5 m.			-2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.			-1	
Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente				
> 80 %			No se puede medir	
60 - 80 %			+6	
30 - 60 %			+4	
20 - 30 %			+2	
Puntuación total				

Tipo geomorfológico según la puntuación

> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera
entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso

**** Especies frecuentes y consideradas autóctonas**

Salix babylonica
Nicotiana sp.
Castanea sativa

Arundo donax
Robinia pseudo-acacia
Fruta

Ficus ap.
Ceratonía siliqua

Ailanthus altissima
Platanus x hispanica

- 1) El índice no es aplicable en las zonas más altas de las cuencas en las que no existe de forma natural vegetación arbórea.
- 2) En las zonas áridas y semiáridas y en las ramblas, se entiende que se contemplan los arbustos con porte arbóreo como los árboles que se consideran en esta hoja de campo.
(Para este último caso, ver la aplicación del índice realizado en Murcia y publicado en *Tecnología del Agua*)



A mayor valor de QBR mayor calidad del bosque de ribera, en la tabla n° 11 se observa el nivel de calidad representativo.

Tabla 24: Los rangos de calidad del Índice QBR.

Nivel de calidad	Valor del QBR	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte, mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

Tabla 25: Valores QBR obtenidos en terreno para cada criterio.

Características	Estaciones				
	1	2	3	4	5
Grado de la cubierta	10	5	5	0	10
Estructura de la cubierta	10	10	10	5	10
Calidad de la cubierta	0	0	5	0	0
Grado de naturalidad del canal fluvial	15	10	15	25	10
Puntaje Total	35	25	35	30	30

Elaboración propia.

La estación n° 1 presenta, una valor de QBR de 35, por lo que se determina que es una lugar de mala calidad con alteración fuerte. Presenta entre un 50 a 80 % de cobertura vegetal, pero ninguno del tipo arbóreo o arbustivo, presenta estructuras sólidas dentro del cauce para acumulación de agua.

Para la estación n°2 el valor QBR obtenido es de 25 , con una calidad pésima y una degradación extrema. La calidad obtenida en esta estación es atribuible a una modificación física del canal del cauce, donde se ha desviado en un ángulo de 90 grados el flujo natural del estero, llevándolo desde el lado oeste de la quebrada hacia el lado este. Si presenta especies arbóreas o arbustivas, pero en una cobertura menor al 50 %, algunas de ellas corresponden a especies autóctonas. Presenta además vertidos de basura en su ribera.

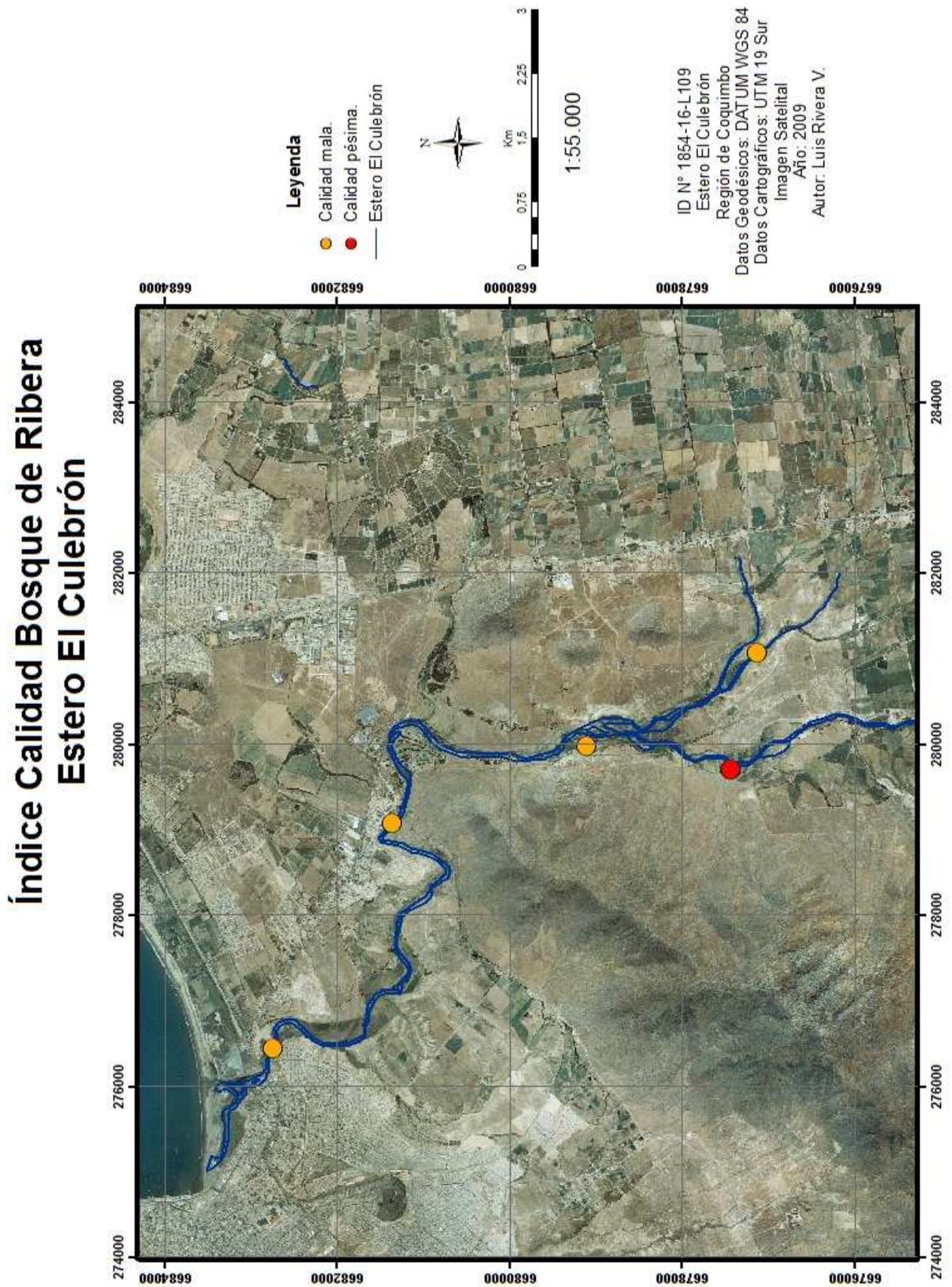


Figura 18: Valores obtenidos para el Índice QBR para el estero El Culebrón (Elaboración propia).



En cuanto a la estación n° 3, esta presenta una mala calidad y alteración fuerte. Presenta entre un 50 y 80 % de cobertura vegetal en su ribera y se observan concentraciones de especies helófitas en un porcentaje de cobertura entre un 25 y 50 %. No se presentan árboles autóctonos y su canal no ha sido modificado.

Para la estación n° 4 el valor obtenido corresponde a 30, correspondiente a una alteración fuerte. Aquí la cobertura vegetal de la ribera se presenta menor a un 10 %. Con respecto a la calidad de la cubierta, no es posible apreciar árboles autóctonos y se observan vertidos de basura en la ribera contigua a las poblaciones de la Cantera Alta. El canal del río no ha sido modificado.

La estación n° 5 también presenta una mala calidad como ha sido la tendencia dentro de las estaciones. El grado de cubierta de la zona de ribera, es de un 50 a 80 % de cobertura vegetal, donde la cobertura de árboles es menor al 50 %. Es posible encontrar helófitas en concentraciones mayores al 50 %. No se evidencian árboles autóctonos y por último el cauce ha sufrido modificación de sus terrazas adyacentes que han reducido su canal, estos corresponden a vertidos de escombros y a rellenos de terreno.



Microbasurales

Antecedentes

Según SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental) es posible distinguir 2 tipos de vertederos ilegales de residuos sólidos (VIRS): Los “basureros clandestinos” y “microbasurales”. Los basurales clandestinos son sitios de gran superficie en los que se han depositado grandes cantidades de residuos, por lo que el traslado de los residuos a un relleno sanitario resulta inconveniente tanto desde la perspectiva económica como del punto de vista técnico. Por lo general, estos sitios requieren de una serie de obras para completar su cierre y posterior reinserción. En cambio, los microbasurales corresponden a sitios de tamaño pequeño y en el que se han depositado pequeñas cantidades de residuos (SINIA).

Metodología

La metodología aplicada consistió en la realización de un recorrido por los márgenes del estero desde el sector de Pan de Azúcar hasta la desembocadura. El recorrido permitió reconocer las zonas donde se observan vertederos ilegales de residuos sólidos, realizando un catastro de estos, donde se definió su ubicación geográfica, la superficie afectada y el tipo de residuo existente.

En el humedal El Culebrón es posible reconocer ambos tipos de VIRS, en el caso de los basureros clandestinos estos están compuestos principalmente de escombros, por lo que su manejo no presentaría mayores complicaciones. También es posible encontrar microbasurales a lo largo del estero, los que se componen de residuos sólidos domiciliarios y escombros.

Los basureros clandestinos se concentran en la parte baja de la cuenca, la mayor superficie afectada es de 2 ha y corresponde al punto M 18 (ver figura 19). En el caso de los microbasurales estos también se concentran en la parte baja de la cuenca, pero aun así se extienden a lo largo del estero.

Se observan además zonas donde los residuos no se encuentran concentrados y es posible encontrarlos dispersos por el lugar, es el caso del sector de La cantera Alto y en las cercanías de la laguna estuarina.

Los puntos descritos con anterioridad corresponden a residuos dispuestos en las riberas del río, pero también es posible observar residuos sólidos dentro del cauce, algunos sepultados parcialmente por los sedimentos que arrastra el estero. Al igual que los VIRS estos se encuentran dispersos principalmente en la zona baja, a medida que se avanza aguas arriba estos van disminuyendo.

Preocupante resulta ver la presencia de derrames de hidrocarburos en el punto M 14, donde es posible reconocer manchas en el suelo además de un fuerte olor a combustible.



Tabla 26: Catastro microbasurales y basurales clandestinos estero El Culebrón.

Punto	Ubicación geográfica		Superficie m ²	Característica
	Norte	Este		
M 1	6677536,64	279656,18	2	Desechos orgánicos
M 2	6681115.84	277660.23	15	Escombros
M 3	6680979.07	277476.65	1	Escombros
M 4	6680958.38	277440.38	3	Escombros
M 5	6680931.00	277402.31	9	Escombros
M 6	6680903.90	277381.62	3	Escombros
M 7	6680898.23	277262.02	60	Residuos sólidos (orgánicos y plásticos)
M 8	6681817.50	276327.23	30	Residuos sólidos (orgánicos y plásticos) y escombros
M 9	6682027.27	276387.67	20	Escombros
M 10	6682095.60	276421.05	20	Residuos sólidos
M 11	6682426.59	276501.26	8.900	Escombros y depósitos de material (tierra dulce)
M 12	6682551.10	276571.17	9.000	Rellenos de material y deposito de chatarra
M 13	6682631.09	276578.24	548	Relleno de material y residuos peligrosos
M 14	6682662.73	276333.31	255	Rellenos de material
M 15	6682669.51	276229.85	852	Rellenos de material y residuos peligrosos
M 16	6682715.83	276162.29	1032	Rellenos de material y residuos peligrosos
M 17	6682926.68	275567.06	6464	Rellenos de material, escombros, residuos sólidos domiciliarios.
M 18	6683085,57	275338,17	20.485	Escombros y residuos sólidos domiciliarios.

Elaboración propia

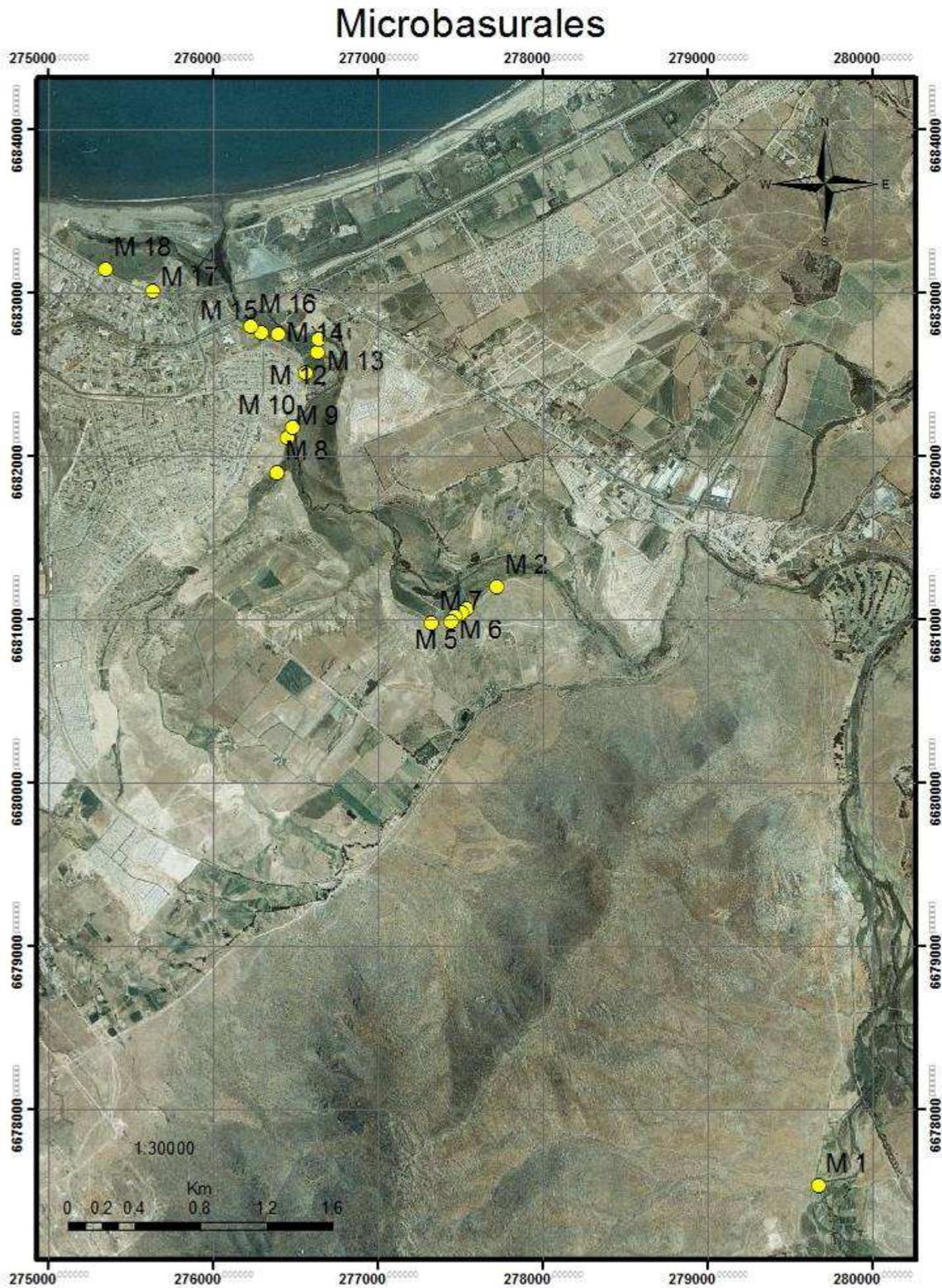


Figura 19: Catastro microbasurales estero El Culebrón (Elaboración propia).



Capítulo 2

Objetivo N° 2

Evaluar la influencia de las actividades que se desarrollan en los márgenes del humedal y establecer áreas de influencia y su impacto.

Para el cumplimiento del objetivo N° 2, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 1

“Definir los límites geográficos del área de influencia del estudio y describir para éste los diferentes aspectos ambientales reconocidos en el humedal en base a visita de terreno y revisión de antecedentes bibliográficos.”

Conforme a la información bibliográfica recopilada, se procederá a corroborar la información obtenida a través de visitas a terreno que permitirán actualizar la información existente y determinar por medio de un análisis minucioso, las zonas que deberán ser intervenidas en diferentes medidas para lograr restablecer su condición ambiental más próxima a la natural. Se considerará su condición ambiental más próxima a la natural, las características naturales que rodean aquel sector alterado.

Con ello se definirán los límites geográficos del área de influencia, considerando en primera etapa los límites del humedal costero El culebrón y posteriormente los límites de la cuenca del Estero El Culebrón a ser utilizado en el programa de seguimiento.



Delimitación geográfica

Para la delimitación física se ha considerado gran parte de la cuenca, esto debido a que cualquier impacto que ocurra aguas arriba se verá reflejado en la laguna y el análisis territorial de solo la parte baja sesgaría las posibilidades de mejora o incluso no permitiría reconocer algunos impactos. Entendemos al estero como un todo, conectado sin interrupciones en toda su longitud. Es necesario entender que el humedal es parte de cuenca hidrográfica.

Dentro de la Cuenca de Pan de Azúcar, se ha tomado como base o unidad macro de análisis geográfica las zonas adyacentes al cauce el estero. En la zona baja esta franja es mayor debido a la presión e influencia de la ciudad.

Unidades

La unidad geográfica macro está definida a lo largo de la extensión y siguiendo la sinuosidad del estero y los brazos que lo alimentan en su parte alta. Las alteraciones que se presentan a lo largo del estero se concentran principalmente en la parte baja, cercana a la desembocadura, aún cuando se reconocen alteraciones en el flujo natural en la cabecera de la quebrada.

Esta Unidad macro se divide en 4 unidades menores diferenciadas por sus usos, hidro-morfología, presión antrópica y formaciones vegetaciones de ribera.

Las unidades reconocidas y sus límites se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27: Delimitaciones geográficas.

Unidad	Sub-unidad	Cód.	Límites
Unidad Pan de Azúcar		PA	Desde El Sauce hasta antes de la entrada de canal de excedentes de regadío a la altura de Club de Campo Pan de Azúcar-
Unidad San Martín		SM	Desde la entrada del canal con excedentes de regadío hasta cruce de camino de acceso a loteo Las Pircas.
Unidad Santa Filomena		SF	Desde camino acceso loteo las pircas hasta canchas de tierra.
Unidad El Culebrón	Unidad la Cantera-San Juan	EC-1	Desde canchas de tierra hasta panamericana
	Unidad La Garza	EC-2	Desde panamericana hasta línea férrea.
	Unidad Laguna El Culebrón	EC-3	Desde línea férrea hasta puente Av. Costanera.
	Unidad Playa Changa	EC-4	Desde puente Av. Costanera hasta línea costera.

Elaboración propia.

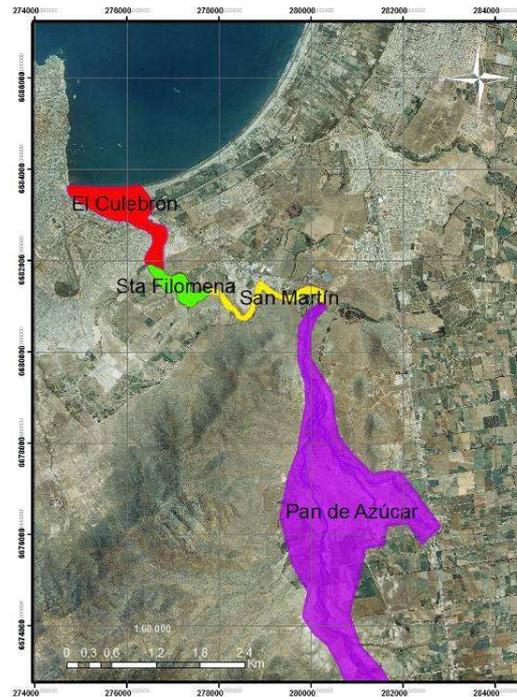


Imagen 1: Unidades de análisis.
(Elaboración propia)

Unidad Pan de Azúcar

Cubre un área aproximada de 1100 ha y 11 km aproximadamente de la longitud del estero. El paisaje está dominado por escenas rurales, correspondientes a cultivos extensivos principalmente. El Estero presenta buena calidad aparente en aspectos como transparencia y aroma. La formación vegetacional dominante de esta unidad la conforma la Totora (*Scirpus californicus*) con plantaciones pequeñas y ocasionales de Eucaliptus (*Eucalyptus sp.*). Especies arbóreas son escasas. No es posible observar contaminación hídrica directa y se presume la existencia de contaminación difusa producida por la actividad agrícola, sus aguas son cristalinas en la mayor parte del tramo, presentando un fondo de sedimento fino que no es levantado por el flujo de agua. En general presenta una buena calidad ambiental la cual se ve reflejada en la alta presencia de avifauna en el área.



Figura 20: Vista estero El Culebrón en Unidad Pan de Azúcar.
(Fuente propia)



Unidad San Martín

La unidad cubre 49 ha y 3,7 km de la longitud del estero. Se presentan dos tramos de características diferentes en cuanto a la morfología pero que han sido consideradas como una sola debido a la calidad de sus aguas. El tramo inferior de esta unidad presenta una extraordinaria belleza escénica, la quebrada se angosta y muestra laderas escarpadas, es posible incluso observar un salto de agua. El tramo superior aguas arriba está dominado por helófitas y un sistema totalmente alterado, con la presencia de lagunas artificiales en el Club de Campo Pan de Azúcar y alta presencia de residuos sólidos domiciliarios dispersos a lo largo de la ribera, sobre todo en las cercanías de poblaciones ubicadas en la ladera norte del estero, desde donde se arrojan residuos sólidos al cauce y a sus riberas.

En esta unidad es apreciable un cambio en la calidad de sus aguas, presentando aguas turbias, producto de la entrada de un flujo proveniente de un canal aledaño al cerro Pan de Azúcar, que resulta de los excedentes de riego que deja el canal Bellavista.



Figura 21: Vista Unidad San Martín.
(Fuente propia)

Unidad Santa Filomena

Cubre 1,7 km de la longitud del estero y una superficie de 48 ha aproximadamente. Esta unidad presenta una baja alteración antrópica, el fondo de quebrada se mantiene en la mayor parte del tramo sin estructuras físicas, a excepción de una pequeña construcción sin terminar (casa). Es posible ver ganado caprino, bovino y equino.

Se observan aguas con mayor transparencia. Las especies helófitas son escasas. La morfología del cauce corresponde a meandros, desplazándose de ribera sur a ribera norte a medida que baja en altitud. Dominan el paisaje *Sarcocornia fruticosa* (Hierba sosa) y *Distichlis spicata* (pasto salado), con la presencia baja de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), por lo que el verde domina el fondo de quebrada.

La presencia de residuos sólidos es casi nula dentro de los márgenes de la ribera del estero, pero es posible ver restos de escombros en algunos puntos cercanos a la ladera sur, estos no generan mayor impacto debido a su baja magnitud y su limpieza no requerirá de muchos recursos.



Figura 22: Vistas Unidad Santa Filomena.
(Fuente propia)

Unidad El Culebrón

La unidad de limita aguas arriba referencialmente por la presencia de canchas de futbol y aguas abajo con la entrada del estero al mar, cubre un área de 148 ha y una longitud de 2,1 km aproximados, considerando la salida directa al mar desde la laguna.

Se han reconocido subunidades para la unidad el culebrón, reconociéndola como la unidad más importante dentro de la microcuenca de Pan de Azúcar. El análisis de esta unidad se realiza detalladamente para cada sub-unidad.



Figura 23: Sub-unidades de análisis de unidad El Culebrón.
(Elaboración propia)

Sub-Unidad La Cantera – San Juan

Desde las canchas de futbol hasta el puente La garza abarcando 38 ha y un tramo del estero de 1,4 Km aproximados y un área anegada. Es posible reconocer mayor cantidad de usos y de impactos ambientales. Las canchas de futbol se han construido sobre rellenos de material, donde es posible



incluso reconocer escombros en sus bordes, los que quedaron atrapados al momento de nivelar el sector.

Se encuentran en el sector dos tomas de terrenos importantes ubicados cercanos al canal del estero, ambas son construcciones de material ligero donde habitan personas de escasos recursos. En uno de estos terrenos se realiza el acopio de chatarra de manera irregularizada, en inspección de terreno se sienten fuertes olores, probablemente de la fuga de algún compuesto tóxico, haciéndose urgente realizar acción referentes a este tema.

Es en esta zona además, donde se aprecia la mayor cantidad de residuos sólidos junto con la unidad Laguna El Culebrón. En la zona cercanas a las canchas de fútbol es posible encontrar gran cantidad de basuras dispersas a orillas del camino, dentro del cauce en el agua, además de algunas acumuladas y evidencias de quema, siguiendo aguas abajo es posible encontrar microbasurales conteniendo escombros de la construcción, donde fácilmente se aprecian restos de cemento e incluso se observan un punto donde el cemento fue arrojado en estado "líquido" y se ha secado en contacto con el agua. Todos estos escombros se encuentran en la ribera del estero y algunos de ellos están en la orilla en contacto con el agua, modificando la estructura física y química del estero. En visita a terreno fue posible reconocer derrames de residuos peligrosos, debido al persistente olor a hidrocarburo, además de manchas oscuras en el suelo, tornándose este aspecto en un hecho preocupante debido al efecto tóxico y carcinogénico que tienen estos compuestos en el agua. La presencia de envases de aceites y pinturas fue algo común.

El Canal del río ha sido modificado en su ribera norte, con el relleno de material en la ribera colindante con el Club Deportivo Atenas, modificando el canal. Esta ribera además se encuentra con muchos residuos sólidos de tipo domiciliarios.



Figura 24: Vistas Sub - Unidad La Cantera San Juan.
(Fuente propia)

Sub-Unidad La garza

Es la sub-unidad de menor superficie, 9 ha, también cubre el menor tramo, 162 m. Corresponde a un tramo de aguas corrientes de baja velocidad, donde se genera un parche vegetacional en la zona baja del estero con ausencia de helófitas y dominada por especies hidrófitas, *Rorippa chubutica* y *apium nodiflorum* (Berro y Apio respectivamente).



Este sector ha sufrido la alteración de su ribera poniente, con la construcción de gaviones como protección fluvial del centro comercial La garza y es el impacto más significativo del área. Se observan residuos sólidos en pequeñas cantidades ocultos entre la vegetación ribereña.

Es posible reconocer senderos peatonales bien demarcados en ambas riveras y que tienen un uso habitual, por parte de los pobladores que lo utilizan como vía de llegada a la playa.



Figura 25: Vista Sub-Unidad La Garza hacia el norte desde puente El Culebrón.
(Fuente propia)



Figura 26: Vistas Sub - Unidad La Garza hacia el sur desde puente de ferrocarril.
(Fuente propia)

Sub-Unidad Laguna El Culebrón

Cubre 58, 3 ha y el tramo de la laguna costera y su brazo poniente Corresponde a la unidad más importante en términos ecosistémicos, debido a que alberga gran diversidad biológica, especialmente avifauna y la unidad más frágil debido a la presión antrópica a la que se encuentra sometida.

Su área húmeda está definida principalmente por la alguna costera y el brazo que se extiende hacia el oeste. Se observan algunas otras áreas húmedas de menor superficie, algunas naturales y otras artificiales, como canales de evacuación de aguas lluvias.

Se encuentra fuertemente alterada por una variedad de impactos ambientales, entre los que destaca la presencia de un acopio de mineral de hierro que se encuentra al lado oriente de la laguna y que por efecto del viento se ha aumentado el área afectada por este material. En entrevista con funcionarios públicos, indican que el año pasado durante el periodo de lluvias se realizó obras de canalización que llevaban agua de lluvia acumulada dentro de las instalaciones de acopio y fue dirigida directamente a la laguna.



La alteración de la descarga natural del estero hacia el mar, es un impacto grave, en cuanto que el brazo aun existe pero no tiene la circulación de materia y energía, lo que provocará la eutrofización exagerada de sus aguas. Actualmente se puede observar que el estero busca su desembocadura natural, por lo que la descarga actual ha comenzado a tender hacia el poniente, se ha observado además una temporalidad baja en cuanto a cambios espaciales, moviendo la zona de descarga varios metros en poco tiempo.

Las obras de arte del puente de la línea del tren, tanto sus bases como el desnivel del terreno en donde se sustenta. Las bases provocan un cuello de botella para el paso de las aguas en periodo de crecidas y el desnivel de terreno y la misma línea generan una barrera para especies terrestres (lagartijas). La avenida Costanera si bien cerro la descarga natural del estero, no provoca mayor alteración en el comportamiento de las especies cercanas, ya que las especies que se desplazan desde la playa a la laguna lo hacen a través del aire y las especies asociadas a vegetación hidrófita y helófita lo hacen por debajo del puente, teniendo ambos tipos de comportamiento un paso relativamente expedito.

Otra de las intervenciones mayores que se destacan en esta área, es la presencia de vertederos de basura y de escombros de la construcción ubicados al oeste de la laguna entre el brazo y la línea del tren. Con este material se ha eliminado una entrada natural de agua, correspondiente a una vertiente que alimentaba al estero en su parte baja. Estos vertederos ilegales generan condiciones de insalubridad para la comunidad, aumentando la población de vectores infecciosos como ratas. Es posible ver aves buscando alimento entre la basura, siendo también un lugar de transmisión de enfermedades para esas especies.

También es posible reconocer varios senderos peatonales de data histórica, los que han compactado el suelo y han impedido que la vegetación vuelva a crecer en el lugar.



Figura 27: Vista Sub - Unidad El Culebrón hacia el norte desde puente de ferrocarril.
(Fuente propia)



Figura 28: Vista Sub - Unidad El Culebrón hacia el sur desde puente Av. Costanera.
(Fuente propia)



Sub-Unidad Playa Changa

Cubre una superficie de 43 ha y una longitud de 800 m aproximadamente en el trazado que actualmente forma en su desembocadura.

La línea de costa es un sector de uso intensivo donde se realizan actividades productivas y de recreación. Es la unidad donde la desembocadura se desarrolla de manera dinámica cambiando las características físicas de su canal constantemente. Esto le otorga valor ambiental a la desembocadura debido a que genera mayor superficie húmeda donde pueden descansar las diferentes especies, además de un patrón de canal del tipo sinuoso generando condiciones de microhábitat diversas.

Las actividades productivas desarrolladas ahí es la recolección de algas, donde además los Algueros cuentan con una concesión marina para realizar plantaciones. Esta es una actividad que no genera impactos graves sobre el medio ambiente.

Es sector es ampliamente utilizado para el baño y el descanso.



Figura 29: Vista Sub - Unidad Playa Changa hacia norte desde puente Av. Costanera.
(Fuente propia)



Capítulo 3

Objetivo N° 3

Reconocer las amenazas que se presentan en el humedal y que estarían modificando la estructura y funcionamiento del mismo (componentes bióticos y abióticos).

Para el cumplimiento del objetivo N° 3, se describe la siguiente actividad.

Actividad N° 1

“Identificar las actividades que se desarrollan en las cercanías del humedal reconociendo los impactos directos e indirectos, (presión y fuentes de presión) sobre éste.”

Se procederá en base a antecedentes bibliográficos, visitas a terreno y entrevistas, a determinar los usos actuales que se suscitan en el área de influencia. Un análisis de estos usos permitirá reconocer los impactos generados por cada una de las actividades desarrolladas en el sector.

La revisión bibliográfica se realizó en base a documentos científicos, tesis, revisión de páginas web, estudio de impacto ambiental y documento de información general. En cuanto a las visitas a terreno, se han realizado dos visitas a terreno con funcionarios de CONAMA regional donde se han analizado los usos y actividades reconocibles en el sector. En conversaciones con pobladores se han reconocido actividades que no son muy frecuentes o se realizan de manera irregular como es la actividad de caza.

En el anexo 9 se muestran los aspectos ambientales que se suscitan en cada una de las zonas.



Usos

El estero se encuentra inmerso en la zona urbana y rural de la comuna y los usos de suelo son diversos. Las zonas altas y bajas del estero son las que presentan mayor variedad de usos, la zona media solo presenta aptitudes para usos recreativos debido al alto grado de saturación de agua del suelo. La zona baja ubica dentro de los límites urbanos por lo que es el área con mayor cantidad de usos.

Por medio de la inspección visual de la cuenca es posible reconocer las siguientes aptitudes:

Uso agrícola

Este es el uso principal de la microcuenca. Se encuentra concentrado en el sector de Pan de Azúcar, con 6.500 ha de cultivo (gore, 2008) y se abastece de agua de riego desde el canal Bellavista y por la extracción de aguas subterráneas del acuífero El Culebrón. Con menor superficie cultivada (235 ha aprox.) se observa actividad agrícola al oeste del cordón El Alambrado, que se abastece de agua a través del canal Riquelme.

En el fondo de la quebrada junto al estero se observan vestigios de cultivos, reconociendo los surcos dejados en el suelo por el arado pero no se observa actividad actual. El suelo de la zona baja (fondo de quebrada) presenta una alta carga salina lo que no permite el desarrollo extensivo de cultivos.

Los impactos que genera sobre el estero son graves. Los sobreexcedentes de riego desde el canal Bellavista, principalmente los que se generan en el canal que descarga a la altura del Club de Campo de Pan de Azúcar trae consigo una carga sedimentaria alta, que es apreciable a simple vista, observando gran turbidez. Este gran aporte de sedimentos externos al sistema natural, son descargados constantemente, lo que produce una sobrecarga aguas abajo con el consiguiente efecto sobre el fondo de cauce. Se evidencia en la laguna costera que este problema en conjunto con la especie invasora *Eichhornia crassipes*, han provocado la formación de islas y la acumulación excesiva de material en sus orillas. Este problema es considerado de carácter grave ya que se producirá la colmatación de la laguna



Figura 30: A la izquierda cultivos en sector de Pan de Azúcar. A la derecha suelos arados cercanos a puente La Garza (Fuente propia).



Uso recreativo

El estero ha sido históricamente considerado como sitio de esparcimiento. Pobladores, principalmente jóvenes se bañan en sus aguas en distintos puntos de su extensión total, concentrados principalmente en la zona baja cercana al mar, entre el puente ferroviario y por sobre la ruta 5 norte. Además, del sector conocido popularmente como “La Cueva del Chivato”, ubicado a unos 4,8 km aguas arriba desde la desembocadura, presenta un paisaje diferente donde es posible encontrar saltos de agua en el cauce y que también es utilizada para el baño.

Durante las visitas realizadas al sector, también fue posible observar a pobladores realizando paseos en el sector comprendido entre la playa Changa y la ruta Panamericana, en conversaciones realizadas a estas personas, comentan sobre la importancia de cuidar el humedal y el valor en términos emocionales que representa el lugar, debido a que desde la infancia han recorrido el lugar.

Una actividad recreativa que va en aumento es la observación de aves, práctica conocida comúnmente en su nombre en inglés: Birdwatching. Es posible reconocer agrupaciones dedicadas a promover esta actividad para la valoración de la biodiversidad, como la Corporación Ambientes Acuáticos de Chile (CAACH). A nivel mundial esta actividad es muy popular y es por ello que agencias turísticas de la zona han reconocido este nuevo nicho económico y han comenzado a incluir rutas de observación de aves entre sus paquetes turísticos.

La Playa Changa es ampliamente utilizada durante el periodo estival por lugareños y visitantes para realizar actividades al aire libre, como deportes, paseos, baños, entre otros. Siendo las playas de la ciudad los principales puntos turísticos que se han potenciado en los últimos años.

La pesca en el sector se enfoca en la captura de ejemplares de las especies: lisa (*Mugil cephalus*) y carpa (*Cyprinus carpio*). También se tiene antecedentes de práctica de caza, la que no corresponde a una actividad recreativa sino que a una actividad de subsistencia por parte de algunos pobladores de El Triángulo, así también fue posible observar cazadores en la zona alta del estero, cercano al Club de Campo Pan de Azúcar.

Se da también un uso deportivo con la práctica de fútbol en las canchas de tierra habilitadas en el fondo de quebrada en la zona media-baja del estero. En la zona media el Club de Campo Pan de Azúcar, es conocido principalmente por la práctica del Golf, y aprovecha el paso del estero por sus terrenos para realizar mejoras paisajísticas.

Los impactos generador por este uso son menores, podemos considerar la alteración y modificación del canal de cauce producida por las lagunas artificiales del club de campo como un impacto grave, pero en vista de la sobrecarga de sedimento que traen consigo las descargas desde los canales de riego, las lagunas funcionan como medios de decantación y controlan la entrada excesiva de partículas al sistema.

Sólo un único impacto de magnitud se asocia a este uso, y es el relleno realizado por el Club Atenas en la ribera del río, donde incluso no solo es la ribera la afectada, sino que el canal del cauce ha sido modificado por el relleno.



Figura 31: Uso recreativo. A la izquierda, sector conocido como la cueva del chivato. A la derecha, Club de Campo Pan de Azúcar (Fuente propia).

Uso comercial

Este uso se observa únicamente a los costados de la ruta panamericana, el que está representado principalmente por la presencia de Centro de Comercio Agrícola Pesquero La garza, concebido para mejorar las relaciones comerciales, se realizan transacciones mayoristas por que existe un alto movimiento de vehículos (camionetas) y camiones de menor capacidad.

Además, es posible ver un punto de abastecimiento de combustibles de la empresa ESSO, y centros comerciales de venta de bienes como la empresa Homecenter Sodimac, Caterpillar y la automotora Curifor. Las que no presentan mayor influencia sobre el área de estudio en términos territoriales y de uso, debido a que corresponden a zonas impactadas fuertemente desde ya hace algunas décadas y forman parte de la trama urbana de la ciudad.

En zonas como La Cantera y el sector de Baquedano se concentra una alta cantidad de talleres mecánicos o actividades relacionadas al rubro.

Uno de los mayores impactos provocado por este uso es la construcción de protecciones fluviales y el haber construido sobre la ribera oeste del estero. Angostando considerablemente su sección de conducción de aguas en eventos de crecida.



Figura 32: Uso comercial. A la izquierda, Automotora Currifor. A la derecha, Centro Agrícola y Pesquero La Garza. (Fuente propia)



Uso turístico

El crecimiento turístico de la ciudad es indudable y cuenta con una amplia red de servicios destinados a procurar que los visitantes disfruten de todo lo que puede ofrecer Coquimbo y la región. Este uso se da principalmente en el borde costero, ligado netamente a las actividades estivales realizadas en las playas. El sector de Playa Changa corresponde a un balneario concurrido principalmente por personas que habitan en lugares cercanos a este punto.

El Humedal El Culebrón desde el punto de vista turístico aun no ha sido explotado, pero como se mencionó anteriormente en los usos recreativos, las empresas dedicadas a este rubro ofrecen dentro de sus paquetes turísticos recorridos de observación de aves (birdwatching), práctica que es realizada principalmente por el visitante extranjero. Este nicho comercial aun no ha sido aprovechado en todo su potencial, debido a que en lugares como el humedal El Culebrón, donde es posible observar gran cantidad y diversidad de especies de aves, el paisaje alterado (presencia de acopio de mineral, vertederos, entre otros) termina alejando a los visitantes.

Los impactos reconocidos de este uso tienen que ver con el aumento de personas y vehículos que transitan por el sector, los cuales indudablemente generan disturbio en un ambiente natural, pero hay que reconocer que este uso también produce impactos positivos como la valoración de este tipo de ecosistema.

Uso inmobiliario

Un crecimiento relativamente reciente se observa en este uso para el área de influencia del estudio. En la Av. Costanera se da inicio a la construcción de un edificio de departamentos por parte de la empresa constructora Ecomac. Además, se observa la construcción de esta misma infraestructura en la calle Maipú, con la presencia de 4 nuevas torres de 9 pisos y una de 15 pisos que se encuentran en etapa de construcción.

En la zona media y alta de la microcuenca es posible encontrar loteos de parcelas de agrado, las que en general tienen acceso al estero, y donde los impactos ligados a este tipo de actividad son mínimos.

La zona baja es la más afectada por este uso, provocando compactación del suelo y alteración del cauce, por la presencia de edificios de altura.



Figura 33: Proyectos inmobiliarios en desarrollo.
(Fuente propia)



Uso educativo

Actualmente este aspecto no se ha aprovechado en su totalidad, pero se han reconocido actividades de investigación educativa apoyadas por el programa EXPLORA-CONICYT que buscan otorgarle el valor ambiental que merece el humedal por medio de la educación. La entrega de conocimientos por parte de profesionales y expertos, en conjunto con el trabajo y aprendizaje en terreno, otorga a los estudiantes las bases que permiten contar con una educación ambiental acorde al desarrollo sustentable.

Por otra parte, en Centro de Estudio Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), tiene proyectado la construcción del Centro de Biotecnología para Desarrollo en Zonas Áridas en el sector este del estero El Culebrón, en el plantea la protección de este espacio natural y al mismo tiempo aprovechar su cercanía para educar y realizar investigación científica.

En caso de que se potenciará este aspecto, el impacto ambiental y social resultaría de carácter positivo, lo que causaría cambios reales en como la ciudadanía percibe este territorio.

Uso minero

La presencia en la zona baja del estero de un sector de acopio de mineral de hierro afecta significativamente el paisaje. Si bien en un principio, se había llegado a un acuerdo entre la Municipalidad de Coquimbo y el dueño de este mineral, en que se retiraría en su totalidad el material acopiado allí, actualmente este continua. El impacto que tiene sobre a calidad ambiental es importante, irrumpiendo en el paisaje, tornándolo como un lugar alterado y contaminado quitándole valor a la percepción ciudadana con respecto del humedal.

Debido a que el tren de carga que transporta mineral de hierro (CMP) en el pasado no contaba con las medidas adecuadas que evitaran que se producirán pérdidas a lo largo de la vía férrea, es que es posible encontrar una franja de color oscuro a orillas de la vía, la que corresponde a mineral disperso y provoca un impacto visual importante.

Además, en el sector de Pan de Azúcar la Minera Teck Cominco (Carmen de Andacollo) realiza extracción de aguas desde el acuífero de Pan de Azúcar.

Los impactos más allá del visual de carácter negativo, son impactos que requieren un estudio particular para determinar la magnitud de estos, como sería el efecto en las aguas subterráneas, aguas superficiales, flora y fauna, entre otros, los que requeriría de análisis químicos puntuales, para conocer la real naturaleza del metal. Aunque independiente de su magnitud estos son de carácter negativo.



Figura 34: Uso minero. A la izquierda, deposito de mineral de hierro. A la derecha, línea ferroviaria de transporte de mineral de hierro (Fuente propia).

Uso extractivo

Es posible reconocer diferentes tipos de extracción de recursos a través de la longitud del estero. Es así como en la zona alta (Pan de Azúcar) se observan tomas de agua desde las casas y el correspondiente equipamiento de almacenamiento y bombeo de agua. En la zona comprendida entre la ruta panamericana y las canchas de fútbol (aprox. 1 km aguas arriba) se realizan operaciones de extracción de agua por parte camiones aljibe, recurso que es utilizado para el riego de jardines y áreas verdes de la ciudad, y además es utilizada por empresas constructoras para la realizaciones de sus operaciones de construcción. Cada camión realiza al menos 4 cargas diarias, y tienen una capacidad que va desde los 10.000 hasta los 15.000 litros.

En el caso de los camiones aljibes, ellos provocan impactos sobre dos medios: el acuático y el terrestre. En el acuático provocan una disminución del caudal, pero más significativo es la compactación del suelo que generan al ingresar hasta el borde estero para realizar operaciones de extracción.

La extracción del Camarón de río del Norte (*Cryphiops caementarius*) se observa principalmente en los sectores adyacentes a la ruta panamericana, aun cuando se han observado ejemplares de mayor talla en zonas quebrada arriba. Corresponde a una actividad completamente informal no regularizada. El recurso extraído es utilizado para alimentación y no se lucra con el recurso, debido a la baja escala de extracción en la que está es realizada. El impacto real que tiene esta acción sobre el recurso no ha sido estudiado hasta el momento,

Se realizan también operaciones de extracción de la llamada “Tierra dulce”, el cual es utilizado principalmente como material de relleno. Se aprecian operaciones de extracción y el tránsito de maquinaria pesada, además de acopio de este material en la quebrada. Esta acción se realiza principalmente en las cercanías de las canchas de tierra (1 km aguas arriba desde ruta 5 norte).

En conversaciones con lugareños se nos informa que hay personas dedicadas a la extracción de las flores de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) con motivos ornamentales e incluso comerciales a baja escala.



Figura 35: A la izquierda, operaciones de extracción de tierra dulce. A la derecha, operaciones de extracción de agua (Fuente propia).

Uso Vial

Con respecto a este uso, es posible destacar las dos principales vías vehiculares que encontramos en el sector. La ruta 5 norte proyectada para facilitar el transporte entre ambas ciudades y a nivel nacional, corresponde a la vía con mayor flujo vehicular y circulan por ella todo tipo de vehículos (autos, motos, camiones, buses, etc.). La Av. Costanera fue concebida para apoyar la red turística de la ciudad, esta conecta con la Av. Del Mar y se transforma en un paseo obligado por la costa, se presenta con menor flujo vehicular durante el año, el que aumenta en los meses de estío. Quebrada arriba es posible ver vías secundarias que se encuentran en un estado regular, correspondientes a caminos de tierra que son poco transitados.

En la desembocadura del estero, es posible encontrar una serie de senderos peatonales informales, los que son utilizados por los lugareños y los Algueros. Algunos de estos cruzan desde el sector Baquedano hacia Playa Changa, otros bajan desde sectores como La Cantera y San Juan en dirección al borde mar, por lo que estos presentan en su mayoría una dirección norte-sur.

El principal impacto generado por este uso es la fragmentación del hábitat. Las vías no permiten que algunas especies se muevan libremente por el estero, los caminos han transformado un ecosistema que alguna vez fue continuo en una serie de parches separados unos de otros por estas barreras físicas. También, han alterado su morfología al delimitar su ancho en los puntos donde se presentan puentes, el caso más representativo es el puente sobre la línea férrea, donde el ancho libre dejado por el puente es inferior al ancho que presenta de manera natural el estero.



Figura 36: A la izquierda, ruta 5 norte. A la derecha, puente sobre estero en Av. Costanera. (Fuente propia)



Capítulo 3

Objetivo N° 3

Reconocer las amenazas que se presentan en el humedal y que estarían modificando la estructura y funcionamiento del mismo (componentes bióticos y abióticos).

Para el cumplimiento del objetivo N° 3, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 2

“Evaluar el impacto que ejercen las distintas actividades sobre el humedal.”

Se identificarán las diferentes actividades que se desarrollan en las cercanías del humedal y se asociarán y evaluarán sus impactos a través de la aplicación de la metodología cuantitativa de la Matriz de Leopold *et al* (1971), la que es ampliamente utilizada en evaluaciones ambientales, esta otorga puntuación a los diferentes impactos y otorga como resultado una jerarquización de estos. Con ello se sectorizarán las zonas con impactos altos, medios y bajos y permitirá generar medidas de mitigación de estos impactos con la finalidad de apoyar la efectividad de las medidas de restauración a aplicar.

Los impactos pueden ser antrópicos o naturales, y positivos o negativos, y la metodología analiza los siguientes atributos para cada impacto: Dirección (positiva o negativa), extensión geográfica, duración, magnitud, probabilidad de ocurrencia, frecuencia y reversibilidad. Para otorgar la puntuación a cada impacto se utilizará una expresión numérica, extraída de una fórmula matemática que relaciona todos los atributos. Por último, los impactos serán clasificados en los siguientes rangos de importancia: Positivo, levemente negativo, leve a moderadamente negativo, moderadamente negativo y altamente negativo.



Identificación de Impactos Ambientales

Para ello se establece una matriz causa-efecto entre los componentes ambientales (filas) y las acciones del proyecto, que en este caso serán las actividades desarrolladas en las cercanías del estero (columnas), esto con el fin de identificar los impactos ambientales.

Criterios de Evaluación

Se utiliza un conjunto de criterios de evaluación estándar sobre la base de normas internacionales a fin de evaluar la trascendencia de los efectos sobre el medio ambiente. Los criterios son los siguientes:

- Dirección (positiva o negativa) (D)
- Extensión geográfica (E)
- Duración (Du)
- Magnitud (M)
- Probabilidad de ocurrencia (Po)
- Frecuencia (F)
- Reversibilidad (R)

Tabla 28: descripción de criterios de evaluación.

Criterios	Evaluación	Valor	Definición
Dirección	Positiva	1	Beneficio neto para el recurso.
	Neutra	0	Ningún beneficio ni perjuicio para el recurso.
	Negativa	-1	Perjuicio neto para el recurso.
Extensión geográfica	Local	1	Confinado al área directamente perturbada por el proyecto.
	Sub-regional	2	Sobrepasa las áreas directamente perturbadas pero está dentro de los límites del área del estudio de evaluación que se especificarán para cada disciplina o indicador (generalmente a 1 km o menos de las áreas perturbadas).
	Regional	3	Se extiende más allá de los límites subregionales o administrativos especificados para cada disciplina o indicador, pero confinado a una Región de Chile.
Duración	A corto plazo	1	Menos de 1 año.
	A mediano plazo	2	Entre 1 y 5 años.
	A largo plazo	3	Más de 5 años.
Magnitud	Ninguna	0	No se prevé ningún cambio.
	Baja	1	Se pronostica que la perturbación será algo mayor que las condiciones típicas existentes.
	Mediana	2	Se pronostica que los efectos están considerablemente por encima de las condiciones típicas existentes, pero sin exceder los criterios establecidos en los límites permisibles o causan cambios en los parámetros biológicos bajo los rangos de variabilidad.
	Alta	3	Los efectos predecibles exceden los criterios establecidos o límites permitidos asociados con efectos adversos potenciales o causan un cambio detectable en parámetros biológicos, más allá de la variabilidad natural.



Frecuencia	Continúa	4	Ocurrirá continuamente.
	Aislada	3	Confinado a un período específico.
	Periódica	2	Ocurre intermitente pero repetidamente.
	Ocasional	1	Ocurre intermitente y esporádicamente
	Accidental	0	Ocurre rara vez.
Probabilidad de ocurrencia	Baja	0,4 – 0,1	Poco probable.
	Media	0,9 – 0,5	Posible o probable.
	Alta	1	Cierta.
Reversibilidad	Corto plazo	0	Puede ser revertido en un año o menos.
	Mediano plazo	1	Puede ser revertido en más de un año, pero en menos de diez.
	Largo plazo	2	Puede ser revertido en más de diez años.
	Irreversible	3	Efectos permanentes.

Clasificación de impactos

La clasificación está definida por componente ambiental y evaluación de impactos que podrían afectar potencialmente cada uno de los elementos identificados dentro del área de influencia. El método de clasificación usa los criterios de evaluación ambiental previamente definidos y consiste en asignar parámetros semicuantitativos, establecidos en una escala relativa, a cada “actividad de proyecto” / “impacto ambiental” interrelacionado.

Esta evaluación crea un índice múltiple que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto. Sobre la base de asignar valores a los respectivos “puntajes”, se puede preparar una matriz que determina la importancia y la jerarquización de los diferentes impactos.

Mediante una fórmula se puede incluir todos los atributos, de manera de obtener un valor numérico que permite hacer comparaciones.

La clasificación ambiental para cada impacto (CA) es una expresión numérica que se determina para cada impacto ambiental evaluado, y es el resultado de la interacción de cada atributo para caracterizar los impactos ambientales.

La clasificación de muestra en la siguiente relación:

$$Ca = D \times Po \times (M + E + Du + F + R)$$

Jerarquización de los impactos

Los impactos ambientales clasificados para todos los componentes ambientales se evalúan de acuerdo a los criterios de importancia, utilizando los rangos de valor que aparecen a continuación:

Tabla 29: Rangos de jerarquización de impactos ambientales.



Rangos de Valor de la importancia		Código de Color	
0 a > 15	Positivo	Azul	
-5 a - 0,1	Levemente negativo	Amarillo	
-10 a -5,1	Leve a moderadamente negativo	Anaranjado	
-15 a -10,1	Moderadamente negativo	Rojo	
< -15	Altamente negativo	*	

Resultados

La evaluación de los impactos está relacionada directamente con los usos descritos en capítulo anterior. En el caso del uso educativo y uso turístico este se ha considerado del análisis de los impactos provocados por los usos recreativos.

Separadamente se realiza un análisis de posibles impactos futuros en cuanto al crecimiento urbano. Los impactos del crecimiento urbano son evaluados de acuerdo a la permisividad y límites geográficos que establece el Plan Regulador de la comuna, este último analizado detalladamente en el próximo capítulo.

La evaluación se muestra en el Anexo 10 (solo en versión digital).

En cuanto a los impactos producidos por la actividad agropecuaria, estos se dan principalmente en la parte alta de la cuenca (PA), y los más relevantes tienen que ver con el efecto sobre la cantidad y calidad de las aguas, que resultan del riego de los campos agrícolas. Destaca en la Sub-unidad La Cantera-San Juan (EC-1) el sobrepastoreo como un impacto moderadamente negativo.

Tabla 30: Evaluación de impactos generados por la actividad agropecuaria.

	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración química del suelo							
Degradación del paisaje natural							
Destrucción de hábitat de aves							
Destrucción de vegetación ripariana							
Disminución del caudal por extracción de agua subterránea							
Disminución del caudal por extracción de agua superficial							
Entrada de Herbicidas							
Entrada de nutrientes (nitratos y fosfatos)							
Entrada de Plaguicidas							
Entrada de exceso de sedimentos al estero							
Erosión del suelo							
Eutrofización de las aguas							
Generación de residuos sólidos							
Modificación del cauce							
Pérdida de cobertura vegetal natural							



Pérdida de hábitats disponibles							
Presencia de barreras en el cauce							
Sobrepastoreo							

Las actividades recreativas destacan por sus impactos positivos, como son el aprendizaje, la contemplación, la valoración de la ciudad, entre otros. Se observa mayor número de impactos moderadamente negativos en EC-1, los que son reflejo de: primero el vertido de material de relleno sobre el canal del cauce en el Club Atenas, la compactación del suelo y la introducción de especies de peces. Este último impacto fue reconocido en terreno al observa un ejemplar de *Cichlasoma facetum*, especie sumamente territorial que desplazará a otras especies por la búsqueda de un hábitat físico, generando competencia entre especies.

Se diferencian los resultados del ítem “Aumento del uso para baño” en impactos positivos y negativos. En el caso de los positivos estos se ven reflejados en la valoración y sentido de pertenencia que otorga realizar estas actividades, pero se transforman en negativos cuando estas acciones afectan los hábitos de las aves y se utilizan sus espacios de descanso, alimentación o nidificación.

Tabla 31: Evaluación de impactos generados por la actividad recreativa.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración física del cauce							
Aprendizaje							
Aumento de flujo de persona en humedal							
Aumento de la observación de aves							
Aumento del uso para baño							
Compactación del suelo por paso de personas							
Contemplación							
Degradación del paisaje natural							
Destrucción de vegetación ripariana							
Disminución del caudal por extracción de agua superficial							
Fuego en lugar no autorizado							
Generación de residuos sólidos							
Generación de ruido							
Generación de senderos							
Introducción de especies de peces							
Introducción de especies vegetales							
Pérdida de cobertura vegetal							
Valoración de la ciudad							

La actividad comercial es evaluada solo en la sub-unidad EC-2, donde se aprecia que los impactos generados puntualmente por la feria agrícola pesquera son negativos de las categorías, leve a moderado y moderado.

Estos afectan principalmente la ribera del estero, con la consecuente alteración del cauce, degradación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal y pérdida de hábitats.



Tabla 32: Evaluación de impactos generados por la actividad comercial.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración física del cauce					Red		
Aumento del flujo vehicular					Yellow		
Degradación del paisaje natural					Red		
Generación de residuos sólidos					Yellow		
Generación de ruido					Red		
Pérdida de cobertura vegetal					Red		
Pérdida de hábitats disponibles					Red		

La actividad inmobiliaria genera impactos negativos en las dos subestaciones más bajas de la cuenca, las que se encuentran en un lugar atractivo para los turistas, a pocos metros de la playa.

Dentro de los ítems peor evaluados son la alteración del cauce, degradación del paisaje y presencia de barrera en el cauce todos asociados a la presencia del área destinada a la construcción de un edificio residencial.

Se reconoce como impacto positivo el aumento de la plusvalía en el sector

Tabla 33: Evaluación de impactos generados por la actividad inmobiliaria.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Disminución del caudal por extracción de agua superficial						Yellow	
Alteración física del cauce						Red	Red
Aumento de flujo de persona en humedal						Yellow	Yellow
Aumento del flujo vehicular						Red	Red
Aumento plusvalía						Blue	Blue
Degradación del paisaje natural						Red	Red
Generación de residuos sólidos						Yellow	Yellow
Pérdida de cobertura vegetal						Red	
Pérdida de hábitats disponibles						Red	
Presencia de barreras en el cauce						Red	

Todos los impactos generados por la actividad minera son de carácter negativo, estos se producen en la sub-unidad EC-3 y son principalmente impactos clasificados como moderadamente negativos.

Tabla 34: Evaluación de impactos generados por la actividad minera.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración química de aguas						Red	
Alteración química de las aguas subterráneas						Red	
Alteración química del suelo						Red	
Compactación del suelo						Yellow	
Degradación del paisaje natural						Red	
Desvaloración de la plusvalía						Yellow	
Perdida de cobertura vegetal						Red	
Perdida de hábitats disponibles						Red	



En el caso de las actividades de extracción se han considerados los impactos que produce la extracción de agua, la extracción de *Cryphiops caementarius* y extracción de tierra dulce. Situación que se dan simultáneamente en la sub-unidad EC-1 y donde la compactación del suelo por el paso de camiones y la erosión del suelo por trabajos en laderas son los impactos más relevantes.

Tabla 35: Evaluación de impactos generados por las actividades de extracción.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Compactación del suelo				Red			
Disminución del caudal por extracción de agua superficial	Yellow			Orange			
Erosión del suelo				Red			
Presión sobre los recursos hidrobiológicos			Orange	Orange	Orange	Orange	Orange

El uso vial presenta impactos de mayor importancia en casi todas las unidades, donde la unidad Santa Filomena es la que menos se ve afectada, sufre de impactos leves y de uno positivo. El principal impacto, que se repite más veces dentro de la cuenca es la alteración física del cauce, limitando los bordes del estero cada vez que es atravesado por una obra de arte. También destaca impactos como degradación del paisaje natural y la fragmentación de hábitats.

La presencia de caminos pavimentos tiene como impacto positivo el aumento de la plusvalía de los terrenos o viviendas cercanas.

Tabla 36: Evaluación de impactos generados por el uso vial.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración física del cauce	Red	Red		Orange	Red	Red	Red
Aumento plusvalía	Blue		Blue	Blue	Blue	White	Red
Degradación del paisaje natural	Yellow	Orange		Red	Red	Red	Red
Fragmentación de hábitats				White	Red	Red	Red
Generación de residuos sólidos		Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Yellow
Generación de ruido		Yellow	Yellow	Orange	Red	Orange	Orange
Perdida de hábitats disponibles		Red		Orange	Red	Orange	Red

Los impactos generados por el crecimiento urbano se podrán observar principalmente en las sub-unidades EC-2 y EC-3, las que se encuentran dentro de los nuevos límites de expansión urbana de la ciudad. Se ve principalmente afectado EC-3, espacio que mantiene una alta biodiversidad y que se verá impactado por el aumento del flujo vehicular y de personas, la alteración del cauce (gaviones y canalizaciones) la degradación del paisaje natural será de magnitud, junto con la destrucción de vegetación, y de hábitats.

Positivos son los impactos de aumento de la plusvalía y valoración de la ciudad, que genera esta actividad.



Tabla 37: Evaluación de impactos generados por el crecimiento urbano.

Impacto	P A	SM	SF	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4
Alteración física del cauce					Red	Red	
Aumento de flujo de persona en humedal					Orange	Red	Orange
Aumento del flujo vehicular					White	Red	
Aumento plusvalía					Blue	Blue	
Compactación del suelo					Orange	White	
Degradación del paisaje natural					Red	Red	Red
Destrucción de vegetación ripariana					Orange	Red	Yellow
Disminución del caudal por extracción de agua superficial					Yellow	Yellow	
Generación de residuos sólidos					Orange	Orange	Yellow
Generación de ruido					Orange	Orange	
Generación de senderos					Orange	Orange	
Pérdida de cobertura vegetal					Red	Red	
Pérdida de hábitats disponibles					Red	Red	Red
Presencia de perros vagos					Yellow	Yellow	Yellow
Presencia de rellenos					Red	Red	
Presión sobre los recursos hidrobiológicos					Yellow	Yellow	
Valoración de la ciudad					Blue	Blue	
Vertederos ilegales					White	Yellow	

Conclusión

Se observa una gran cantidad de impactos moderadamente negativos en todas las actividades, los que para nuestra magnitud de análisis son de importancia. Aún así se rescata la presencia de impactos positivos sobre todo en las actividades recreativas. Impactos que colaboran indirectamente con los objetivos de una restauración ambiental, valorando y respetando el medio ambiente.

Llama la atención la ausencia de impactos de carácter altamente negativo, la razón de esto es que todos corresponden a impactos locales lo que les resta importancia y puntaje al momento de realizar la evaluación.



Capítulo 3

Objetivo N° 3

Reconocer las amenazas que se presentan en el humedal y que estarían modificando la estructura y funcionamiento del mismo (componentes bióticos y abióticos).

Para el cumplimiento del objetivo N° 3, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 3

“Detallar las amenazas actuales y futuras para el normal funcionamiento ecosistémico del humedal, en base al reconocimiento en terreno y revisión de antecedentes bibliográficos.”

Se describirán las amenazas que se han reconocido mediante la revisión bibliográfica y visitas de terreno, detallando sus características y las implicancias que representan para el funcionamiento ecosistémico del humedal.

Para reconocer las zonas que recibirán la presión del crecimiento de la ciudad a futuro, o de las actividades aledañas, se realizará la revisión bibliográfica de los antecedentes de planificación urbana y de las actividades proyectadas para esta área geográfica.



Amenazas actuales

Residuos

Actualmente el humedal se ve amenazado principalmente por la falta de cuidado, el vertido de rellenos de material, escombros y residuos sólidos domiciliarios, han alterado grandes superficies que en algún momento correspondieron a zonas húmedas, donde crecía vegetación nativa que servía de hábitat a diferentes especies. La falta de control en el manejo de residuos sólidos ha permitido que se sigan arrojando desechos en varios puntos del humedal, situación de carácter grave, que no solo genera pérdida de hábitat sino que desvaloriza el patrimonio ambiental de la ciudad

Jacinto de Agua

Una amenaza para el funcionamiento del ecosistema lagunar es la presencia de *Eicchornia crassipes*, especie hidrófita exótica que ha presentado un rápido crecimiento en el humedal, esta corresponde a una especie tropical, con amplias rangos de tolerancia: Luz: Alta-Muy alta; Dureza del agua: Muy blanda – dura; pH: 5,5 – 9; temperatura: 15 – 30 °C. Estas características junto con su rápido crecimiento hacen de ella una especie de muy difícil control.

Tiene un alto uso ornamental, por lo que es utilizada en pequeñas lagunas o por acuaristas. Dentro de sus ventajas se presentan la eliminación de metales pesados y nutrientes (Vietmayer 1975, in Batcher Undated), depuración de contaminación fecal y su uso como abono. También su presencia refugio de peces, superficie base donde se fijan huevos y la generación de hábitat de macro invertebrados.

Dentro de las desventajas de su presencia se puede mencionar el bloqueo de la entrada de luz hacia la columna de agua, el consumo de oxígeno disponible, generar demasiada biomasa que provoca la eutrofización de las aguas, con la consecuente generación de malos olores producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. El efecto sobre las aves, se ve refleja en la disminución del área de descanso para especies migratorias. En cuanto a la constitución morfológica del cauce o la laguna, se produce una evolución negativa, comenzando con la disminución de la velocidad del agua, aumento de la sedimentación de las partículas arrastradas desde toda la cuenca, formación de islas, colmatación de la laguna y por último la desecación de esta.

Construcción de defensas fluviales Estero Culebrón

Proyecto presentado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), establece la construcción de las defensas fluviales para los puentes que atravesarán el estero, una vez sea construida la carretera doble vía Ovalle-La Serena. Dos puentes y una defensa son lo proyectado, un puente se ubicará a un costado de la línea férrea ubicada entre las estaciones 2 y 3 establecidas en este estudio, otro puente cruzará el estero a la altura del Parque Cementerio y Club de Campo, y la defensa fluvial se encontrará aproximadamente en la ubicación de la estación de monitoreo 3.

El impacto en cuanto a modificaciones en el canal del estero no es significativo, ya que las defensas fluviales para ambos puentes se encuentran en las riberas y no en la zona húmeda. El mayor impacto



será provocado en la degradación del paisaje debido a que el lugar es una mezcla entre paisajes agrícolas y naturales, que se verán degradados por una autopista de alta velocidad.

La vegetación de ribera se verá afectada en menor medida ya que el sector presenta principalmente herbáceas, además de las helófitas que se desarrollan en el cauce y que no debiesen verse afectadas.

Falta de información por parte de la población

La base de toda mejora sea cual sea esta, es el de entregar conocimientos para obtener respeto y valoración hacia la naturaleza. Se incluye la falta de información dentro de las amenazas actuales ya que la falta de conciencia es producto de la falta de información, y su efecto es la degradación del humedal.

Se puede asegurar que todos los problemas del humedal pasan por las carencias en esta área, y si bien se reconocen esfuerzos sobre todo a un segmento de la población en edad escolar, es necesario cubrir todos los rangos etáreos.

Exceso de carga sedimentaria en el estero

Uno de los impactos de mayor impacto a nivel territorial, el que se genera a la altura del club de campo Pan de Azúcar y sus efectos pueden observarse hasta la desembocadura. Los excedentes de riego del canal Bellavista aporta gran parte del caudal que mantiene el humedal, y cualquier variación en su flujo puede provocar efectos aguas abajo, pero también aportan con gran cantidad de sedimentos y nutrientes, producto del lavado de los suelos de cultivo. Esta sobrecarga de partículas consume el oxígeno disponible en el agua para realizar sus procesos de descomposición y respiración bacteriana, lo que disminuye el oxígeno disponible para las otras especies acuáticas. Además, este exceso de nutrientes permite el crecimiento excesivo de vegetación helófitas e hidrófitas, lo que genera cambios en los ecosistemas. Si esta situación se mantiene, difícilmente se logrará hacer un control de especies como el Jacinto de agua o las totora.

Además, por efecto de los sedimentos la laguna costera comenzara a presentar condiciones anóxicas en el fondo, provocando malos olores. Peor aún es la colmatación de la laguna por entrada de sedimentos, situación que es muy probable si no ocurren eventos de crecida de caudal que realicen un lavado del fondo del estero y de la laguna.

Amenazas futuras

Plan Regulador Comuna de Coquimbo

Con la finalidad de evaluar los impactos ambientales futuros y la presión antrópica sobre el recurso natural se realiza un análisis del Plan Regulador de la Comuna de Coquimbo. Instrumento que es generado por la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo en conjunto con la Ilustre Municipalidad de Coquimbo, su objetivo principal es generar un instrumento actualizado de planificación urbana que oriente el desarrollo comunal, con especial énfasis en el borde costero, entendido como un instrumento



básico para la gestión urbana y territorial, integrador de las acciones e iniciativas del sector público y privado para el logro de la imagen-objetivo, que lleva involucrada la propuesta y referente para la toma de decisiones de planificación territorial, de definiciones de inversiones estratégicas, hasta la puesta en función operacional de los proyectos (PRCC, 2008).

El análisis se realiza para las zonas establecidas en el PRCC que se encuentran contiguas al Estero El Culebrón y significan una presión directa sobre su calidad ambiental. A continuación se realiza la descripción de cada una de las zonas que se pueden observar en la figura 37.

Áreas Especiales ZR

Corresponden a áreas que atienden a su especial destino, naturaleza o riesgo para el asentamiento humano y que están sujetas a restricciones de diverso grado en cuanto a uso de suelo y a la intensidad de su utilización.

ZR 5.1, Zonas inundables o potencialmente inundables: Considera los terrenos comprendidos entre los deslindes de los albeos o cauces naturales, según el artículo 30 y siguientes del Código de Aguas y el límite graficado en el Plano del PRCC, incluyendo cuando corresponda, las franjas de protección por socavamiento de aguas y los terrenos colindantes adyacentes a puntos de desborde o con peligro de inundación.

En las zonas identificadas como humedales se prohíbe todos los usos de suelo y no se permitirá ningún tipo de edificación, como asimismo la presencia prolongada de personas o la concentración de ellas sin posibilidad de evacuación expedita y/o que interfieran el libre curso de las aguas.

Considera también los terrenos afectados por las aguas que provienen de precipitaciones y escurrimientos superficiales y que afectan negativamente la seguridad y habitabilidad de los sectores que las reciben, como también, los elementos de infraestructura sanitaria, vial y de comunicaciones.

- Usos permitidos: Agrícola y forestal; equipamiento deportivo, al aire libre, áreas verdes y espacio público. En esta zona se permite además la instalación de reservas forestales y de fauna.
- Usos prohibidos: Todos los usos de suelo no mencionados como permitidos y expresamente el residencial y productivo.

ZR 1.2, Fajas de resguardo de vías ferroviarias: Corresponden a los terrenos colindantes con la vía férrea, cuyo ancho es de 20 m a ambos costados de la vía, conforme al artículo 34 y 42 de la Ley General de Ferrocarriles, en los que no se podrá efectuar construcciones definitivas, salvo las necesarias para la operación del propio ferrocarril, y para los recintos, depósitos e instalaciones complementarias a las operaciones ferroviarias.

ZR 3.2, Sub-estaciones eléctricas y línea de transporte de energía eléctrica: Zonas que comprenden los terrenos ocupados por las plantas y sus instalaciones anexas, como asimismo las fajas de terrenos destinadas a proteger los tendidos de redes eléctricas de alta tensión, de acuerdo a lo establecido en el artículo 56 del D.F.L. N° 1 de 1982, del Ministerio de Minería y en los artículos 108 al 111 del Reglamento S.E.C. NSEG5E.n.71.: "Instalaciones de Corrientes Fuertes".



ZR 4, Resguardo de los cementerios: Son los cementerios y las franjas de 25 m en torno a los cementerios, en los que no puede localizarse vivienda, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento General de Cementerios del Ministerio de Salud (artículo 18 del Decreto N° 357, publicado en el Diario Oficial del 18.Jun.70). De no darse el uso de cementerio, podrá tomar el uso de la zona inmediatamente aledaña.

ZR 6.1, Playas de mar, terrenos de playa y terrenos colindantes a terrenos de playa destinados a balnearios: Está constituida por la Zona de Protección Costera al mar territorial medida desde la línea de playa, incluida dentro de los límites del Plan Regulador y graficadas en él.

- Usos de suelo permitidos: Equipamiento de Deporte, abiertos sin edificaciones, ramblas, cabinas para bañistas, kioscos de temporada, marinas; Comercio de restaurantes, cada mínimo 300 m, cuyas condiciones establecerá el Director de Obras Municipales; Áreas Verdes y Espacio Público. Se entenderá por marina, las Instalaciones de abrigo para embarcaciones menores, de pesca artesanal, recreación y deportes.

- Usos prohibidos: Todos los no indicados como permitidos o que produzcan efectos deteriorantes del tipo auditivo, visual, olfativo y contaminante.

ZR 6.2, Playas de mar, márgenes rocosos naturales o artificiales y a terrenos de playa destinados al apoyo en tierra a actividades de pesca artesanal y acuicultura: Está constituida por la Zona de Protección Costera al mar territorial medida desde la línea de playa, incluida dentro de los límites del Plan Regulador y graficadas en él.

- Usos permitidos: Arrastraderos, atracaderos, embarcaderos, rampas, huinches e instalaciones mínimas relacionadas con la pesca artesanal y cultivos de mar y su comercialización. Equipamiento de comercio, relacionado al uso permitido.

- Usos prohibidos: Todos los no mencionados como permitidos, especialmente faenas de secado, empaque y procesamiento de productos.

Áreas de Extensión Urbana ZE

Son las áreas planificadas externas a las áreas consolidadas, capaces de recibir el crecimiento en extensión previsto para el mediano plazo.

ZEI 2: - Usos permitidos: Residencial, solo moteles y la vivienda del propietario del predio. Equipamiento de Comercio y Científico. Actividades productivas de carácter inofensivo, e instalaciones de impacto similar al industrial inofensivo. Espacio Público. Área Verde.

- Usos prohibidos: Todos los no mencionados como permitidos, especialmente las actividades catalogadas como molestas.

ZE 8: - Usos permitidos: Residencial excepto hogares de acogida; Equipamiento: Comercio, excepto supermercados, y grandes tiendas, las que se permitirán solo si forman parte de un conjunto de locales comerciales, mercados y estaciones o centros de servicio automotor; deporte excepto estadios; esparcimiento, excepto parque zoológico, juegos electrónicos y similares; servicios; social; Espacio público y Áreas verdes.



- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes.
- Densidad bruta máxima: 1.600 hab./Ha

Áreas de Desarrollo Condicionado ZC

Son las áreas de desarrollo diferido al largo plazo, cuya subdivisión predial, densidad y grado de urbanización mínima está asociada a limitantes infraestructurales (agua, alcantarillado) las que una vez resueltas permiten asumir las condiciones de uso del suelo y normas específicas establecidas para las Áreas de Extensión Urbana o Áreas Consolidadas.

ZC 3, Zona de protección ambiental y paisajística: - Usos permitidos: Residencial excepto hospedaje y hogares de acogida; áreas verdes y Espacio Público.

- Usos prohibidos: Todos los usos de suelo no indicados como permitidos
- Densidad neta máxima: 8 hab./Ha

ZC 4, Desarrollo Urbano Condicionado: - Usos permitidos: Residencial; equipamiento de: Comercio y servicios; espacio público; áreas verdes.

- Usos prohibidos: Todos los no mencionados como permitidos y en particular las actividades productivas y de servicio de carácter industrial molestas y las instalaciones de impacto similar al industrial, molestos, insalubres o contaminantes.
- Densidad bruta máxima: 32 hab./Ha

ZC 5, Desarrollo Urbano Condicionado: - Usos permitidos: Residencial; equipamiento de: Comercio y servicios; espacio público; áreas verdes.

- Usos prohibidos: Todos los no mencionados como permitidos y en particular las actividades productivas y de servicio de carácter industrial molestas y las instalaciones de impacto similar al industrial, molestos, insalubres o contaminantes.
- Densidad bruta máxima: 16 hab./Ha

Áreas Consolidadas ZU

Son las Áreas Urbanas que cuentan con urbanización, entendiéndose por tales, aquellas en que se ha capacitado el suelo para ser dividido y para recibir edificación debidamente conectada a las redes de servicios de utilidad pública o que cuenten con otro sistema autorizado por la reglamentación vigente. En general sus usos son similares, donde se pueden mencionar:

- Residencial
- Equipamiento: Científico, Comercio excepto estaciones o centros de servicio automotor, discotecas y similares, cuto y cultura, seguridad excepto cárceles o centros de detención, servicio, educación, salud excepto cementerios y crematorios, social, deportes excepto estadios y centros deportivos
- Espacio público.
- Áreas verdes.



ZU 2: - Usos permitidos: Residencial; Equipamiento: científico, comercio excepto estaciones o centros de servicio automotor, discotecas y similares, culto y cultura, seguridad, excepto cárceles o centros de detención, servicio, educación, salud, excepto cementerios y crematorios, social, deportes, excepto estadios y Centros deportivos; Espacio público y Áreas verdes

- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes.

ZU 3: - Usos permitidos: Residencial; Equipamiento: comercio excepto bares, discotecas o similares, culto y cultura, deporte excepto estadios, educación, salud, excepto cementerio y crematorios, seguridad, excepto cárceles y centros de detención, servicios, social, bodegaje asociado al comercio; Espacio público y Áreas verdes.

- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes.

- Densidad bruta máxima: 760 hab./Ha., salvo en los sectores de Renovación Urbana, que será de 2.300.

ZU 4: - Usos permitidos: Residencial; Equipamiento: comercio, excepto bares, discotecas o similares, estaciones o centros de servicio automotor, culto y cultura, deporte, educación, sSalud, excepto cementerios y crematorios, seguridad, excepto cárceles y centros de detención, servicios, y social; Espacio público y Áreas verdes

- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes.

- Densidad bruta máxima: 320 hab./Ha.

ZU 9: -Usos permitidos: Residencial; Equipamiento: científico, comercio, culto y cultura, deporte, esparcimiento, excepto parque de entretenimientos y zoológicos, educación, salud, excepto cementerios y crematorios, seguridad, excepto cárceles y centros de detención, servicios, social; Espacio público y Áreas verdes.

- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes.

- Densidad bruta máxima: 800 hab/há

ZU 10: -Usos permitidos: Equipamiento: científico, culto y cultura, deporte excepto hipódromos, esparcimiento excepto parque de entretenimientos y zoológico, educación, salud excepto cementerios y crematorios, seguridad excepto cárceles y centros de detención, servicios y social; Espacio público y Áreas verdes.

- Usos prohibidos: Todos los no permitidos precedentemente y especialmente las actividades productivas y de servicio de carácter industrial e instalaciones de impacto similar al industrial molestos, insalubres o contaminantes

ZUI 2: - Presenta los mismos usos descritos con anterioridad para la Zona ZUI 2.

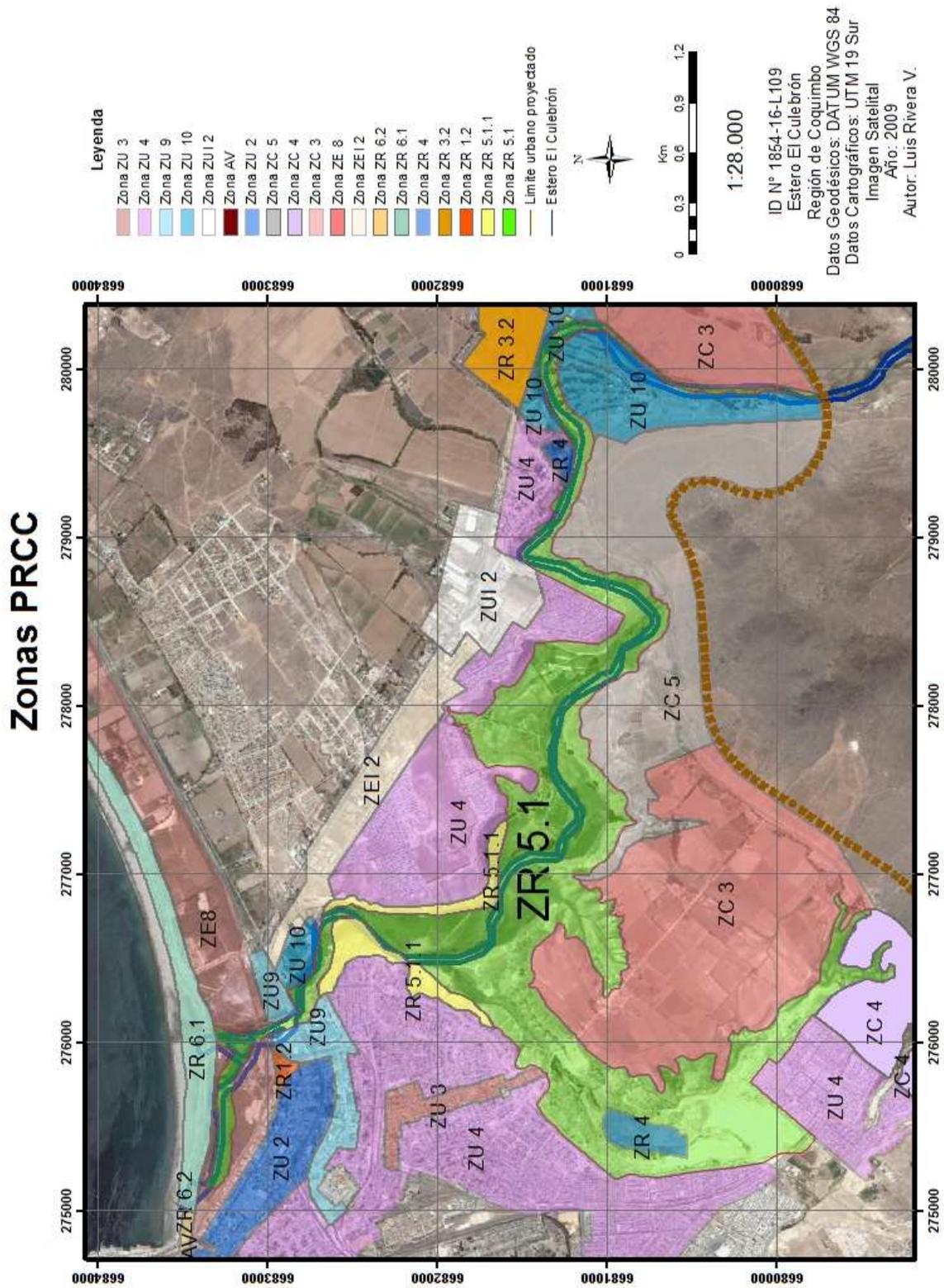


Figura 37: Zonas contiguas al Estero El Culebrón.
(Elaboración propia a partir de PRCC)



El área que se puede ver en la figura 37 como zonificación ZR 5.1 es descrito en el PRCC como humedal El Culebrón, con lo que se prohíbe todo tipo de uso, con ello limita la implementación de cualquier tipo de estructura dentro de la quebrada. Llama la atención que sea solo el criterio ZR 5 el que protege al estero, es decir considerada como zona inundable o potencialmente inundable, debido a que representa riesgos para los asentamientos humanos, y en ninguna zona de toda la extensión del estero El Culebrón se encuentre una Zona ZR 7, que corresponde a áreas de “restricción para la mantención del recurso natural”, que son áreas de interés paisajístico, de flora nativa y/o fauna silvestre y menciona que para definirlo se requiere de un estudio específico realizado por un profesional competente, para delimitar sus áreas de preservación y valorar sus recursos.

Preocupante es ver que gran parte de la zona baja del estero, desde la línea ferroviaria hacia el mar, se establezcan una zona de expansión urbana de uso ZE 8 que permite un uso de tipo residencial con una densidad bruta máxima de 1.600 hab/ha, además de equipamiento de tipo comercial, como mercados, estaciones de servicio automotor, deporte, esparcimiento, entre otros. Por lo cual el crecimiento de la ciudad terminará por ahogar esta zona, donde la alta circulación de personas por el lugar no permitirá que las aves se acerquen a la laguna. También, se perderá gran parte de los hábitats que algunas de las aves usan como sitios de alimentación, reposo y/o reproducción.

Se permitirán en esta zona edificios de una altura máxima de 9 m, lo que provocará una alteración sustancial en el paisaje natural. Existe un alto riesgo de que esta zonificación termine por eliminar el brazo del estero que se extiende hacia el oeste, debido a que la falta de fiscalización permitirá que los titulares de las construcciones que allí se establezcan, realicen un avance graduado por medio de rellenos de material hacia la zona establecida como de riesgo de inundación, alterando de manera parcial o total el ya afectado sistema hídrico de ese sector.

Dentro del límite urbano colindante con el estero la zona ZE 8 es la única área establecida como de expansión urbana que presenta una real amenaza al sistema natural. Es posible encontrar la zona ZEI 2 que permite gran variedad de usos, pero se encuentra más alejada del estero y no representa mayor riesgo para los ecosistemas, ya que no permite la entrada de industria molesta y contaminante.

Son conocidos los humedales por su capacidad buffer o amortiguadora de impactos ambientales naturales como los son las crecidas e inundaciones, la alta cobertura vegetal permite absorber gran cantidad de agua por lo que el efecto de este tipo de impacto disminuye. Una de las virtudes y ventajas de proteger sistemas naturales de este tipo es su protección a los sistemas antrópicos cercanos a ellos, llama la atención que se considere dentro de las zonas de riesgos, la zona de inundación por efecto de crecida del estero y no la zona de inundación por efecto de tsunamis, e incluso se utiliza distinto criterio para determinar la zona de riesgo de inundación en la zona baja y media. En la zona media se observa que se considera la totalidad de la ribera del estero y en la parte baja solo el área colindante al cauce o laguna, en comparación con el mapa de susceptibilidad de flujos e inundaciones (Estudio Diagnóstico Áreas de Riesgo Localidades Costeras IV Región, 2007), que presenta una gran superficie en la desembocadura del estero. El establecer toda la zona susceptible de inundación (color amarillo en figura 38) como zona de riesgo y se limite la construcción de cualquier tipo de infraestructura, se podrá contar con un instrumento de planificación que proteja de manera concreta el ecosistema presente en el humedal, aun cuando el objetivo de protección sea otro. Es por esto que se hace necesario en el corto



plazo respetar la zona de inundación descrita en el estudio de diagnóstico, con la finalidad de proteger a la población y las comunidades bióticas que allí se desarrollan.

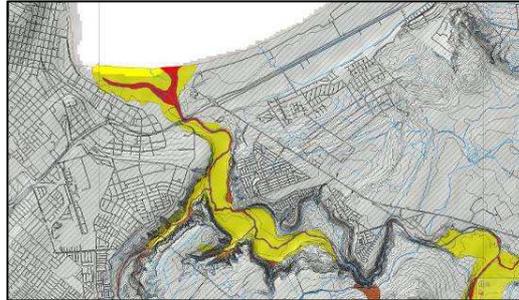


Figura 38: Mapa de susceptibilidad de flujos e inundaciones.
(Fuente: INFRACON, 2007)

Siguiendo aguas arriba es posible observar el actual y futuro impacto en la alteración de las orillas y ribera del estero. Entendiendo orilla como la zona del cauce inundable en crecidas periódicas en un período aproximado de dos años y como ribera, la zona inundable en crecidas de gran magnitud (Períodos de hasta 100 años), donde pueden estar incluidas varias terrazas aluviales. Actualmente la feria agrícola y pesquera ha producido la modificación de la orilla oeste del estero y el plan regulador (ZU 9) permite usos similares en la orilla este, por lo que el estero en esta zona quedara reducido solo al área húmeda perdiendo el ecotono del sistema acuático al terrestre. De igual forma la zona ZU 10 ubicada en la ribera nor-este recibió la alteración del canal producto de un relleno de terreno para uso deportivo, es posible encontrar otros lugares con esta misma zonificación donde aun no se ha producido esa modificación, estos se encuentran en el sector del Club de Campo pan de Azúcar.

Las áreas urbanas consolidadas (ZU 4) colindantes con el estero se encuentran delimitadas a causa de la geografía local y eso es reconocido en el PRCC, no presentando áreas de expansión urbana hacia el estero, por lo que no debiesen continuar expandiéndose a futuro, aún cuando el PRCC sea modificado. Su uso permitido es principalmente residencial y pudiese presentar presión al sistema por un aumento del flujo de persona que circulan por él, pero esto es poco probable debido a la altura y alta pendiente que los separa.

En el área ubicada entre el cordón el alambrado y el estero es posible reconocer la determinación de zonas de tipo ZC (ZC 3, ZC 4 y ZC 5) que recibirían una baja densidad poblacional, debido a que presenta un grado de urbanización mínimo. El PRCC menciona que una vez mejorada el aspecto urbanístico se comenzará a considerar como área de expansión urbana (ZU), pero no menciona a qué tipo de zonificación corresponderá, por lo que la presión que generara esta área no puede ser proyectada, además es necesario considerar que en estas áreas se tiene un acceso más expedito hacia el estero y dependiendo de la densidad poblacional será su impacto en el sistema.



Capítulo 4

Objetivo N° 4

Proponer un programa de monitoreo que permita a futuro evaluar la calidad ambiental del estero El Culebrón (Calidad de aguas, zonas de ribera y otras de importancia para la evaluación ambiental del humedal).

Para el cumplimiento del objetivo N° 4, se describen la siguiente actividad.

Actividad N° 1

“Establecer un procedimiento de monitoreo y seguimiento ambiental para determinar la condición de calidad ambiental del Estero El Culebrón, que permita en un plan futuro, evaluar calidad de agua y condición ambiental del humedal, incluidas zonas de ribera que requieran restauración.”



Metodología

Complementariamente al Plan Integral de Restauración se genera un procedimiento de monitoreo y seguimiento ambiental para las distintas componentes reconocidas, además se establece la metodología de muestreo para generar las bases en cuanto a aspectos que hoy en día no cuentan con información, como lo es la calidad de aguas y la aplicación de índices ecológicos que permitan determinar la condición de calidad ambiental. Todo esto teniendo un visión holística tomando como base territorial para ello, la cuenca hidrográfica del Estero El Culebrón, entendiendo que los impactos generados aguas arriba del Humedal afectan directamente el funcionamiento natural de este último.

El programa de monitoreo establece un procedimiento de medición de variables ambientales que deben ser tomadas en cuentas al momento de evaluar el funcionamiento natural del estero El Culebrón, y es primordial considerar que al aplicar un programa de este tipo, este no debe realizarse por periodos de tiempo demasiado cortos ya que no representará la variabilidad natural del humedal.

Las variables descritas a continuación se han establecido debido a su importancia en el funcionamiento natural del sistema y se han planteado de forma de ser una opción económica al momento de generar la información, debido a su facilidad de obtención y de metodología aplicada. A excepción de algunas variables críticas que requieren de un análisis de laboratorio y donde sus costos son más elevados.

Para el mantenimiento de la calidad del estero, se sugiere realizar monitoreos hidrológicos, físicos y químicos, muestreo de peces, censo de aves y estimación de cobertura vegetal. Los monitoreos deberán realizarse con la periodicidad mínima adecuada para cada parámetro.

Además, es recomendable constatar que la vegetación de las riberas se encuentre en buenas condiciones, puesto que ésta desempeña un importante papel en el aumento de las poblaciones piscícolas, representa también una zona de amortiguación y filtro de nutrientes provenientes de la escorrentía, proporcionando refugio y alimento de origen terrestre a los peces, estabiliza los taludes de orilla, mantiene las aguas a temperaturas frescas en verano y protege de las heladas invernales. También controla la forma de la sección transversal del cauce, favoreciendo formas más profundas que tienen una mayor capacidad de refugio. Esta medida es preventiva pero muy eficaz para mejorar la calidad de las aguas y mantener la capacidad de desagüe del cauce, evitando otros trabajos de mantenimiento como podas y dragados que son mucho más costosas y menos eficaces, y que pueden dañar el estado ecológico y geomorfológico del sistema fluvial.

Se ha considerado que la estación fluviométrica DGA es suficiente para cubrir el estero en cuanto a los parámetros físicos, químicos, microbiológicos, metales pesados, entre otros, pero se han incluido estaciones en otros puntos del estero que permitirán complementar y generar datos que la estación DGA no entrega, como lo son los índices bióticos.

Por lo tanto este programa de monitoreo se genera con la finalidad de ser realista en cuanto a los costos disponibles para este tipo de investigación y perdurable en el tiempo para lograr contar con información periódica.



Objetivo

- Generar información periódica de las principales variables físicas, químicas y biológicas que componen el funcionamiento del estero El Culebrón, las que permitirán evaluar su calidad ambiental.

Justificación variables

Los parámetros establecidos para realizar un seguimiento ambiental son los siguientes:

Profundidad, ancho, velocidad y caudal: Constituyen los componentes físicos del cauce, describen el comportamiento hidráulico del sistema.

Temperatura: La temperatura del agua es uno de los parámetros más importantes. Mientras más alta es la temperatura del agua, más baja será la solubilidad del oxígeno disuelto, lo que afectará el metabolismo de muchas especies vegetales y animales (Massanés y Evers, 1999).

pH: El pH indica acidez o alcalinidad, es decir la concentración de ion hidrogeno en el agua. La neutralidad se ve indicada por un valor de pH 7, mientras que se considera básico valores mayores a 7 y ácidos a valores menores. Valores ácidos aumentan la solubilidad de muchas sustancias tóxicas en el agua (Massanés y Evers, 1999).

Oxígeno disuelto: Su concentración depende substancialmente de la temperatura del agua, la presión atmosférica y la concentración de sales. El balance del oxígeno disuelto se ve determinado por los aportes de oxígeno atmosférico y la producción de O₂ primario a través de la fotosíntesis, así como su consumo a través de la respiración y la actividad de organismos heterótrofos (Massanés y Evers, 1999).

Conductividad eléctrica: Evalúa la cantidad de sales minerales presentes en el agua. La conductividad de los ríos es afectada sobre todo por la geología del área en la cual el agua fluye. Las aguas superficiales con fondos formados con rocas de granito tienden a presentar conductividad más baja porque el granito se compone de materiales inertes no ionizables por las corrientes de agua. Las aguas superficiales con fondos arcillosos presentan conductividades mayores debido a la presencia de compuestos ionizables por las corrientes de agua.

Sólidos disueltos: La determinación de sólidos disueltos mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 20 µm. Los sólidos disueltos afectan la penetración de luz en la columna de agua y la absorción selectiva de los diferentes largos de onda que integran el espectro visible.

Carga de nutrientes: Los nutrientes regulan el estado trófico del humedal, frecuentemente son el nitrógeno y el fósforo, en sus formas biodisponibles. Es importante señalar que esta condición es dinámica y depende de la concentración, sobre ciertos umbrales otros nutrientes o factores pueden llegar a ser limitantes. En general podemos establecer que concentraciones superiores a 50 µg/l de fósforo y 100 µg/l de nitrógeno, aceleran el proceso de eutroficación (CEA, 2006). Los nitratos son indicadores de contaminación agrícola y los fosfatos de detergentes y fertilizantes.



Producción primaria: Los productores primarios son los organismos que hacen entrar la energía en los ecosistemas. Los principales productores primarios son las plantas verdes terrestres y acuáticas, incluidas las algas, y algunas bacterias.

DBO 5: Es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua.

Potencial Redox: Es un indicador de la transferencia de electrones. En la medida que el oxígeno deja de ser el elemento dador de electrones por procesos de reducción química, el Eh torna hacia valores decrecientes. En sedimentos reducidos, es usual encontrar valores Eh menores a 0 mV. Es por ello que el pH de los sedimentos con bajo Eh también presentan una acidez creciente

Hierro: El hierro en pequeñas cantidades es imprescindible para los organismos, ejemplo de esto es su función en la formación de hemoglobina, su ausencia causa enfermedades y su exceso intoxicaciones.

Cobertura de macrófitas emergentes: Las macrófitas son excelentes indicadores del nivel de producción global. La composición específica es un aspecto relevante a considerar como hábitats y oferta de alimento para la fauna, pero como variable de estado es más relevante la cobertura total del humedal (CEA, 2006).



Programa de Monitoreo Ambiental Humedal El Culebrón Región de Coquimbo

Alcances

Este programa establece las variables mínimas y metodologías aplicables al seguimiento ambiental del estero El Culebrón, considerando dos sistemas principales, uno correspondiente a la laguna estuarina y toda la zona inundable aledaña (sistema léntico) y otro de aguas corrientes (sistema lotico).

Sistema léntico

Las variables deben ser medidas en el punto de profundidad máxima de la laguna estuarina considerando una serie de parámetros obligatorios mínimos, además se debe considerar la medición de estas variables en un punto del brazo oeste del humedal, el cual históricamente constituía la descarga natural del humedal hacia el mar.

Estaciones de monitoreo

La estación n° 1 se ubica en el punto de mayor profundidad de la laguna, punto recomendado por el Centro de Ecología Aplicada (CEA). La estación n° 2 es establecida, ya que el brazo oeste del humedal presenta condiciones de aguas estancadas.

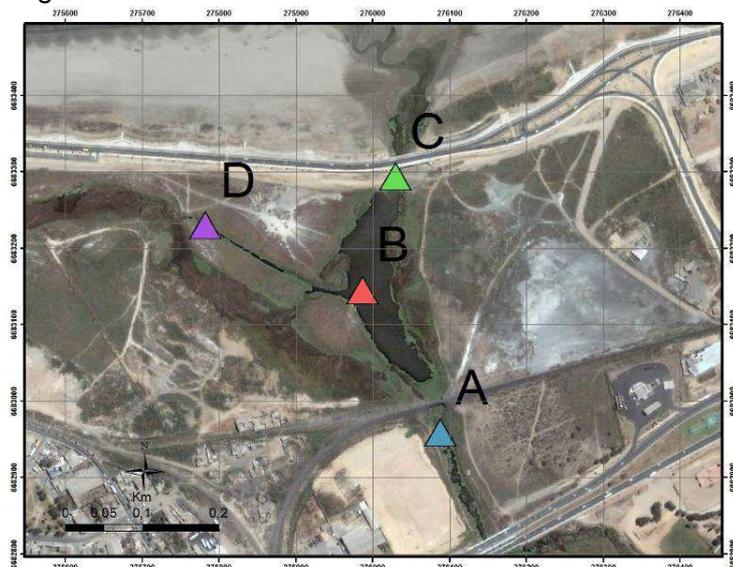


Figura 39: Ubicación geográficas estaciones de monitoreo sistema léntico.

Tabla 38: Ubicación geográfica estaciones de monitoreo sistema léntico.

Estación	Ubicación geográfica	
	Norte	Este
1	6683144,51	275988,76
2	6683228,18	275784,06

Datum: WGS 84, Huso 19 sur

**Variables Abióticas**

Tabla 39: Variables abióticas sistema léntico.

Variable	Unidad	Metodología	Periodicidad
Variables Abióticas			
Profundidad	m	Batimetría	Mensual
Temperatura			Mensual
pH	pH	pHmetro	Mensual
Caudal	m ³ /s		Mensual
Presencia de residuos sólidos en sus aguas			Mensual
Presencia de residuos sólidos en sus riberas			Mensual
Conductividad eléctrica	mS/cm	Conductímetro	Mensual
Sólidos disueltos	Ppt , ppm	Multiparametros	Mensual
Nitrato	Mg/l	Fotómetro	Mensual
Fosfato	Mg/l	Fotómetro	Mensual
DBO 5	Mg/l		Trimestral
Potencial redox sedimento			Mensual
Hierro	Mg/l o µg/l	Fotómetro	Semestral

Variables Bióticas

Tabla 40: Variables bióticas sistema léntico.

Variable	Unidad	Metodología	Periodicidad
Producción Primaria	m	Disco Secchi	Mensual
Producción Primaria*	Mg/m ³	Clorofila a	Mensual
Cobertura Macrófitas emergentes	%	Estimación por parte de un especialista	Semestral
Avifauna		Censo de aves	Mensual
Íctiofauna		Densidad poblacional íctiofauna	Trimestral
Macroinvertebrados		Índice Biótico de Familia	Trimestral

* Parámetro sugerido.



Metodologías

Profundidad: La batimetría de la laguna será medida en el punto de profundidad máxima a través de una vara graduada cada 1 mm y con una periodicidad mensual. Esta será registrada en unidad de metros.

Caudal: Debe ser medido solo en las estaciones A y C, para conocer el caudal entrante y el de salida. Utilizar metodología descrita en capítulo 1.

Medidas instantáneas con equipos portátiles

Antes del muestreo es imprescindible conocer los instrumentos de medición, además de comprobar el buen estado de los mismos, lo que incluye calibrado, revisión y limpieza.

Temperatura: Los valores de temperatura serán obtenidos a través de un instrumento electrónico, en el punto de profundidad máxima de la laguna, Esta será registrada en grados Celsius. Considerar medición a nivel superficial, medio y fondo.

pH: Será obtenido a través de un instrumento electrónico que cumpla con el objetivo. También se obtendrá en el punto de profundidad máxima de la laguna. Esta será entregada en unidad de pH. Considerar medición a nivel superficial, medio y fondo.

Conductividad eléctrica: Será obtenido a través de un instrumento electrónico que cumpla con el objetivo. Debe ser obtenido en el punto de profundidad máxima de la laguna. Su valor debe ser registrado en milisiemens por centímetro (mS/cm). Considerar medición a nivel superficial, medio y fondo.

Sólidos disueltos: Será obtenido a través de un instrumento electrónico que cumpla con el objetivo. Debe ser medido en el punto de profundidad máxima de la laguna. Su valor debe ser registrado en partes por millón (ppt). Considerar medición a nivel superficial, medio y fondo.

Potencial Redox: Será obtenido a través de un instrumento electrónico que cumpla con el objetivo. Debe ser medido en el sedimento. Su valor debe ser registrado en milivolt (mV) representados en una escala Eh.

Análisis en laboratorio

Es necesario contar con una metodología de toma de muestras, para ello se deben utilizar recipientes de toma de muestras limpios los que serán facilitados por el laboratorio que realice el análisis. Una vez en terreno, estos serán limpiados con el agua del sistema a estudiar, enjuagando al menos 6 veces.

Los recipientes se deben llenar completamente hasta su parte superior y taparlos de manera que impida que quede aire encima de la muestra y se formen burbujas. Esto limita la interacción con la fase



gaseosa y la agitación durante el transporte. En caso de tener que fijar la muestra hay que dejar un poco de volumen en el recipiente para añadir la sustancia fijadora.

Las muestras serán tomadas en el mismo punto que las anteriores, es decir en el punto de profundidad máxima de la laguna.

Nitrato: Una vez tomada la muestra, esta será manejada de acuerdo a la metodología de análisis establecida para el fotómetro específico con la aplicación de los reactivos correspondientes.

Fosfato: Una vez tomada la muestra, esta será manejada de acuerdo a la metodología de análisis establecida para el fotómetro específico con la aplicación de los reactivos correspondientes.

DBO 5: La toma de muestras se debe realizar según las indicaciones de las NCh 411/2. Of 96 o las exigencias del laboratorio y el análisis a base a los requerimientos metodología descrita en NCh 2313/5.Of 96.

Hierro: Una vez tomada la muestra, esta será manejada de acuerdo a la metodología de análisis establecida para el fotómetro específico con la aplicación de los reactivos correspondientes. El seguimiento de este parámetro debe ser evaluado anualmente, según su comportamiento o concentraciones.

Variables Bióticas

Producción primaria: Utilización de disco Secchi, registrando la profundidad. Evaluar la aplicación de la metodología de Clorofila "a".

Cobertura de macrófitas emergentes: Estima por parte de un especialista de la cobertura total de vegetación macrófita emergente en la totalidad del humedal.

Se debe incluir identificación de otras especies comunes o dominantes.

Avifauna: Se debe realizar el reconocimiento de las especies presentes, con el apoyo de instrumental adecuado y el uso de claves taxonómicas o bibliografía adecuada. Determinar riqueza de especies. Realizar observación directa de individuos mediante binoculares, escucha de cantos y/o gritos y detección e identificación de plumas y egagrópilas.

Ictiofauna: Para realizar este tipo de muestreo se sugiere utilizar la técnica de pesca eléctrica con un equipo portátil que contenga una fuente de poder y un microcomputador de frecuencias, usualmente se emplea un esfuerzo de pesca de 30 minutos. Para mejorar el éxito de pesca se sugiere la utilización de redes de pesca al momento de realizar el monitoreo.

A medida que se vaya desplazando, una segunda persona se encargará de manipular un chinguillo para capturar los peces adormecidos. Estos peces se deberán disponer en baldes con agua y un aireador portátil (suministro de oxígeno). Además se deberá controlar la temperatura del agua mediante un termómetro.



Para la cuantificación e identificación taxonómica de los peces, éstos deberán disponerse en un acuario. Se recomienda utilizar como referencia el texto de Ruiz y Marchant (2004) y/o la Guía de Campo de Peces Dulceacuícolas V Región de Quiroz y Moreno del año 2009. Se puede complementar la información con la obtención de los datos biométricos de los ejemplares capturados. Con las capturas realizadas se debe realizar una estimación del tamaño poblacional. Cabe destacar que los peces que sea posible de identificar en terreno, se pueden analizar en laboratorio, para esto se deben fijar en formalina al 10% y deben ser conservados en bolsas plásticas.

Índices Bióticos

Macroinvertebrados: Se propone la utilización del **Índice Biótico de Familia**. La metodología para la aplicación del índice, se encuentra descrita en el capítulo 1 del presente trabajo, donde se detalla la metodología de toma de muestras y la tabla de puntuación para cada una de las familias.

Se deben utilizar lupas electrónicas y claves taxonómicas para llegar a determinar el nivel de familia.

Sistema lótico

El siguiente programa de monitoreo debe ser complementado con los datos fluviométricos y de calidad de las aguas, que genera la estación DGA, El Culebrón en el Sifón. Para el seguimiento de las variables en el estero se ha considerado,

Estaciones de monitoreo

Se describen 3 estaciones de seguimiento ambiental dentro del estero, las que serán apoyadas en cuanto a generación de información por los datos otorgados por la estación fluviométrica DGA.

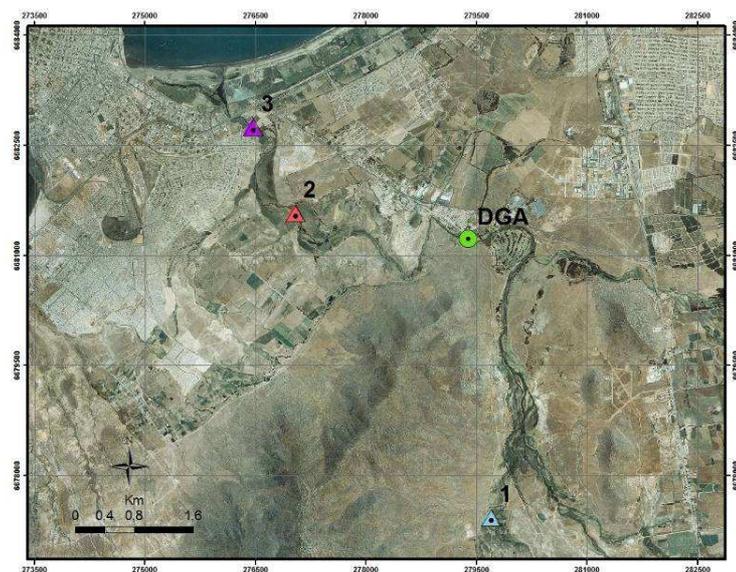


Figura 40: Ubicación geográfica estaciones de monitoreo sistema lótico.



La estación n°1 se establece como un punto de baja presión antrópica y con la calidad de sus aguas sin mayor influencia por la entrada de excedentes de riego.

La estación n°2 se ubica en una zona con bajo grado de degradación, siendo un referente para la calidad de las aguas de la estación n°3, punto altamente alterado.

Tabla 41: Ubicación geográficas estaciones de monitoreo sistema lótico.

Estación	Ubicación geográfica	
	Norte	Este
1	6677368,69	279713,00
2	6682737,42	276438,46
3	6681538,02	277028,64
DGA	6681271,49	279370,32

Datum: WGS 84, Huso 19 sur

Variables Abióticas

Tabla 42: Variables abióticas sistema lótico.

Variable	Unidad	Metodología	Periodicidad
Profundidad	m	Batimetría	Mensual
Ancho	m		Mensual
Velocidad	m/s		Mensual
Caudal	m ³ /s		Mensual
Granulometría de sustrato			Mensual
Color			Mensual
Presencia de residuos sólidos en sus aguas			Mensual
Presencia de residuos sólidos en sus riberas			Mensual
Temperatura		Multiparámetros	Mensual
pH	pH	Multiparámetros	Mensual
Oxígeno disuelto	mg/l	Multiparámetros	Mensual
Conductividad eléctrica	mS/cm	Multiparámetros	Mensual
Sólidos disueltos	Ppt, ppm	Multiparámetros	Mensual



Variables Bióticas

Tabla 43: Variables biológicas sistema lótico.

Variable	Metodología	Periodicidad
Avifauna		Trimestral
Íctiofauna	Densidad poblacional íctiofauna	Trimestral
Macroinvertebrados	Índice Biótico de Familia	Trimestral
Vegetación ripariana	Índice de Bosque de Ribera	Semestral
Calidad física del estero	Índice de Hábitat Fluvial	Semestral

Metodologías

Medición de variables hídricas

Profundidad: Generar perfiles de fondo con un batímetro graduado cada 1mm. Esto se realiza registrando cada un metro la profundidad del estero en una línea ficticia (transecta) que cruza al estero perpendicularmente partiendo desde ribera sur hacia ribera norte.

Ancho del estero: El ancho corresponde sólo al lecho mojado, y se recomienda medir con huincha geomensora de 50 y 100 m de longitud de ribera a ribera.

Velocidad de la corriente: Se mide utilizando un flujómetro comenzando en la ribera sur, para continuar con el centro y terminar en la ribera norte. El aforo se realiza a $\frac{3}{4}$ de la profundidad si la columna de agua tiene una profundidad menor o igual a 60 cm de profundidad, y a $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{4}$ de la profundidad si tiene una profundidad mayor.

Caudal: Será obtenido por medio de la metodología descrita en el capítulo 1. La que relaciona el área mojada, cálculo de profundidad por ancho, con la velocidad obtenida.

Granulometría de sustrato: Se realiza reconociendo las características del fondo físico del estero, según la clasificación de granulometría de sustrato descrita por Cemagref (Ginot, V., 1998) y se registra el o los sustratos más dominantes.

Color: Inspección visual de la coloración del agua.



Presencia de residuos sólidos y/o espumas en las aguas: Inspección visual. En caso de constatarse la situación estimar superficie afectada en metros cuadrados.

Presencia de residuos sólidos en riberas: Inspección visual. En caso de constatarse la situación estimar superficie afectada en metros cuadrados.

Temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos y oxígeno disuelto: Se recomienda realizar mediciones en la ribera norte, centro y ribera sur del lecho. Para la medición se puede utilizar un Multiparámetro siempre y cuando se le realice previamente una calibración a fin de evitar errores. Para la determinación de oxígeno disuelto se puede utilizar un Sistema Portable de Medición de Oxígeno Disuelto, el cual deber ser cuidadosamente calibrado, de no ser así, se debe realizar una toma muestra de agua para luego ser analiza en laboratorio.

Variables Bióticas

Avifauna: Se debe realizar el reconocimiento de las especies presentes, con el apoyo de instrumental adecuado y el uso de claves taxonómicas o bibliografía adecuada. Realizar observación directa de individuos mediante binoculares, escucha de cantos y/o gritos y detección e identificación de plumas y egagrópilas.

Determinar riqueza de especies, composición y abundancia de la avifauna, la caracterización en grupos funcionales, dependiendo de sus hábitos alimentarios, permitirá evaluar los flujos de energía dominantes en el humedal (CEA, 2006)

Ictiofauna: Para realizar este tipo de muestreo se sugiere utilizar la técnica de pesca eléctrica con un equipo portátil que contenga una fuente de poder y un microcomputador de frecuencias, usualmente se emplea un esfuerzo de pesca de 30 minutos.

Una persona se encarga de manipular el electrodo y un chinguillo y deberá realizar un barrido en forma zigzag y en dirección aguas arriba del estero.

A medida que se vaya desplazando, una segunda persona se encargará de manipular un chinguillo para capturar los peces adormecidos. Estos peces se deberán disponer en baldes con agua y un aireador portátil (suministro de oxígeno). Además se deberá controlar la temperatura del agua mediante un termómetro.

Para la cuantificación e identificación taxonómica de los peces, éstos deberán disponerse en un acuario. Se recomienda utilizar como referencia el texto de Ruiz y Marchant (2004) y/o la Guía de Campo de Peces Dulceacuícolas V Región de Quiroz y Moreno del año 2009. Se puede complementar la información con la obtención de los datos biométricos de los ejemplares capturados.

Cabe destacar que los peces que sea posible de identificar en terreno, se pueden analizar en laboratorio, para esto se deben fijar en formalina al 10% y deben ser conservados en bolsas plásticas.

Con las capturas realizadas se debe realizar una estimación del tamaño poblacional.



Índices Bióticos

Macroinvertebrados: Se propone la utilización del **Índice Biótico de Familia**. La metodología para la aplicación del índice, se encuentra descrita en el capítulo 1 del presente trabajo, donde se detalla la metodología de toma de muestras y la tabla de puntuación para cada una de las familias.

Se deben utilizar lupas electrónicas y claves taxonómicas para llegar a determinar el nivel de familia.

Vegetación ripariana: Se debe aplicar el **Índice de Bosque de Ribera**. La metodología de aplicación se describe en el capítulo 1.

En este caso, al trabajar en un ecosistema semi-árido se deben considerar las especies vegetales arbustivas como las especies arbóreas que se mencionan el índice.

Esta debe ser aplicada por un especialista en terreno.

Calidad física del estero: Se debe utilizar el **Índice de Hábitats fluvial**. La metodología para la aplicación de este índice se describe en el capítulo 1 del presente trabajo.

El seguimiento de este índice se relaciona directamente con la aplicación de algunas medidas de restauración, las cuales son formuladas para ser aplicadas en cada tipo de hábitat reconocido (homogéneo, heterogéneo, etc.).



Capítulo 5

Objetivo N° 5

Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que defina entre otros aspectos: áreas críticas y/o sensibles, áreas a recuperar, propuestas de obras a implementar, objetivos y metodologías de técnicas de restauración.

Para el cumplimiento del objetivo N° 5, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 1

“Delimitar zonas críticas o sensibles, en base a los impactos ambientales que se suscitan en el lugar a través de la observación en terreno y revisión de antecedentes bibliográficos. Se espera sean considerados al menos: influencia antrópica, degradación de los suelos, presencia de microbasurales, presencia de especies exóticas invasivas, zonas de nidificación, descanso y alimentación de aves, entre otras que el consultor desee incorporar. Además, la priorización de las zonas que se encuentran en una condición de alta degradación.”



Metodología

Se delimitarán las zonas críticas o sensibles de acuerdo a su degradación actual o potencial, se detallarán los criterios utilizados para la determinación de estas zonas considerando al menos: influencia antrópica, degradación de los suelos, presencia de microbasurales, presencia de especies exóticas invasivas, zonas de nidificación, descanso y alimentación de aves, predación de fauna urbana sobre la fauna nativa, extracción no controlada del recurso agua o de otros recursos presentes en el lugar, entre otros motivos que sean reconocidos en terreno.

Una vez reconocidas las áreas que presentan problemas, se establecerá una jerarquización cualitativa, en cuanto al grado de degradación ambiental que presenten, considerando como una alta degradación del ecosistema sectores donde su condición natural ha sido altamente alterado.

Los criterios para determinar su condición han sido los siguientes:

- **Urbanización:** Presencia de caminos pavimentados, alcantarillado y tendido eléctrico.
- **Crecimiento urbano:** Potencial riesgo futuro de ser afectado el medio natural.
- **Alteración del cauce:** Modificación física del trazado natural del estero.
- **Degradación de suelos:** presencia de zonas con evidencia de erosión ó compactación.
- **Especies invasivas de flora:** Presencia de especies exóticas que alteran el sistema natural.
- **Microbasurales:** Presencia de desechos sólidos en riberas del estero.
- **Residuos:** Presencia de residuos sólidos dentro del cauce o dispersos, no concentrados en un punto.
- **Zona de nidificación, descanso y alimentación de aves:** Presencia de áreas apropiadas para el desarrollo de un número considerable de especies de avifauna.
- **Hábitats acuáticos:** Presencia de hábitats propicios para el desarrollo de fauna acuática (íctiofauna y crustáceos).
- **Biodiversidad:** Número de especies.

Se ha propuesto una metodología de evaluación para cada área donde a cada criterio se le ha otorgado una puntuación de acuerdo al grado de importancia de este, otorgando un rango que va desde -3 para el aspecto más negativo y +3 para el más positivo.

La categorización se realiza para cada una de las áreas de influencia descritas con anterioridad, en el caso de la unidad El Culebrón se evalúan sus sub-unidades separadamente.

- **Zona Crítica:** Zona que debe ser protegida y restaurada lo antes posible, debido a su daño ambiental y a la biodiversidad que mantiene.
- **Zona Sensible:** Zona que presenta condiciones naturales excepcionales, aún cuando no alberga mayor biodiversidad. Esta se encuentra amenazada por el crecimiento de la ciudad.
- **Zona Sin Problemas:** Zona que no presenta mayor presión urbana y presenta una baja biodiversidad.



Resultados

En base a la información disponible y visitas a terreno se han determinado 2 zonas sensibles, una crítica y una sin problemas. Al otorgar puntuación a cada criterio se obtiene lo siguiente:

Tabla 44: Resultados zonas críticas o sensibles.

Criterio	Unidades			
	Pan de Azúcar	San Martín	Santa Filomena	El Culebrón
Urbanización	+3	-3	+3	-3
Crecimiento urbano	+1	-1	+3	-3
Alteración del cauce	+1	-1	+3	-3
Degradación de suelos	+3	-1	+3	-3
Microbasurales	+2	-1	+3	-3
Residuos	-1	-2	+3	-3
Especies invasivas de flora	+3	+3	+3	-3
Zonas de desarrollo avifauna	+1	+1	+2	+3
Hábitats acuáticos	+1	+1	+2	+3
Biodiversidad	+1	+1	+2	+3
Total	+ 15	-1	+27	-12

La unidad **Pan de Azúcar** no presenta aspectos dañinos de gran magnitud, por lo que no se le ha otorgado una clasificación de **sin problemas**. Tiene un bajo crecimiento urbano y la fauna allí presente no se encuentra en riesgos de perder sus hábitats.

La urbanización es baja y este se considera como un aspecto positivo dentro de la mantención de la condición de naturalidad en la parte alta de la cuenca. Este mismo aspecto no permite un gran desarrollo urbano y las densidades poblacionales en el sector son bajas. Las alteraciones al cauce son mínimas y puntuales, aún cuando su condición agrícola permite la canalización y acumulación de aguas.

En cuanto a la degradación de los suelos en sus riberas, esta es baja a pesar de observarse crianceros en el sector. La vegetación de ribera presenta poca cobertura debido a características naturales del lugar y en general se observa una cobertura de especies nativas en sectores más alejados al cauce.

No se presentan especies invasivas de flora y las áreas de desarrollo de avifauna se concentran en las zonas con cobertura de especies helófitas. Los hábitats acuáticos se ven limitados por el bajo caudal, pero se ve favorecido por la mezcla de aguas corrientes y lentas.

Para esta unidad no se debiesen aplicar mayores acciones para mantener su calidad ambiental.

La Unidad **San Martín** presenta un ambiente alterado y las viviendas se encuentran a pocos metros del estero. Se considera como una **zona sensible** debido a la presión urbana. Las medidas a aplicar en este sector son principalmente limpieza de residuos sólidos.



La urbanización llega hasta el borde del estero, con la presencia de una calle no pavimentada en su ribera norte frente a La Cantera Alta, lo que demuestra la presión antrópica y el crecimiento urbano en el sector.

La alteración del cauce se puede observar en la presencia de lagunas artificiales dentro del Club de Campo Pan de Azúcar, lo que no presenta una alteración significativa debido a que mantiene el flujo del agua, manteniendo la continuidad del cauce. Además su presencia constituye una ventaja en el mantenimiento de las condiciones aguas abajo, este es el disminuir la velocidad del agua y aumentar la sedimentación de partículas que ingresan al sistema.

Microbasurales en el sector no es posible encontrar, pero si se observan residuos sólidos domiciliarios dispersos a lo largo del tramo, sobre todo en los sectores aledaños a la población. Además, en este mismo sector se observa gran cantidad de residuos sólidos dentro del cauce.

No se observan especies invasivas, el sector se ve dominado por especies helófitas principalmente. En cuanto a los hábitats acuáticos el área se ve interrumpido por una caída de agua, y la riqueza de fauna acuática es baja.

En cuanto a la degradación de los suelos, toda su ladera norte se encuentra urbanizada, con la presencia del club de campo antes mencionado, la población La Cantera Alta y un parque cementerio a diferencia de su ladera sur donde es posible encontrar cactáceas, arbustos e incluso en el sector la Cueva el Chivato especies arbustivas. La biodiversidad presente es baja.

Esta unidad presenta una belleza escénica dentro de la cuenca (sector Cueva del Chivato) lo que destaca su condición de zona sensible, la valoración del sector es primordial para el cuidado por parte de la población.

La unidad **Santa Filomena** presenta una calidad ambiental excelente, la presencia de microbasurales es menor en cuanto a su superficie afectada, por lo que una limpieza puede solucionar el único aspecto negativo que presenta.

No presenta urbanización y el crecimiento urbano está prohibido por el Plan Regulador Comunal debido a que es un área con riesgo de inundación, lo que indirectamente le ha otorgado una protección oficial.

El estero se muestra natural no observándose alteración físicas del cauce. Tampoco es posible ver degradación de los suelos en sus riberas y tampoco en laderas de cerros cercanos.

No presenta especies vegetales invasivas y los hábitats acuáticos se observan sanos, con alta presencia de especies hidrofitas y aguas corrientes que mantienen una limpieza del exceso de sedimentos.

No presenta alta biodiversidad, pero aún así es un tramo del río que merece sea tomado en cuenta al momento de plantear áreas de esparcimiento para la población.



Es por lo anterior que la unidad Santa Filomena se considera una **zona sensible**, debido a que presenta una excelente calidad en términos de paisaje y naturalidad del sistema, y si bien no tiene un uso permitido para la construcción de viviendas según el plan regulador, el área se encuentra cercana a las poblaciones de San Juan y la Cantera teniendo un acceso expedito al lugar.

El sector debe ser reconocido como un área de esparcimiento para la población, transformándose en un bien público, las autoridades deben velar por conservar la naturalidad del lugar. El optar por el cuidado traerá beneficios para la población y ahorrará recursos debido a que el sistema se mantendrá en buenas condiciones naturalmente, requiriendo solo de una limpieza periódica.

La unidad **El Culebrón** es considerada como una **zona crítica** debido a la gran presión de crecimiento urbano que se presenta en la parte baja de la cuenca. Se contraponen una gran cantidad de aspectos negativos en contra de los aspectos positivos relacionados con la biodiversidad. Por lo tanto todas sus sub-unidades quedan definidas como zonas críticas.

Tabla 45: Resultados zonas críticas o sensibles.

Criterio	Unidades			
	La Cantera-San Juan	La Garza	Laguna El Culebrón	Playa Changa
Urbanización	-3	-3	-1	-1
Crecimiento urbano	-3	-3	-3	-1
Alteración del cauce	-3	-3	-3	-3
Degradación de suelos	-3	+2	-1	+3
Microbasurales	-3	+3	-3	+3
Residuos	-3	-1	-3	+3
Especies invasivas de flora	+3	+1	-3	-1
Zonas de desarrollo avifauna	+2	+1	+3	+3
Hábitats acuáticos	+3	+3	+3	+3
Riqueza	+2	+1	+3	+3
Total	-8	+1	-10	+14

La sub-unidad **La Cantera- San Juan** presenta una alta urbanización, donde incluso es posible observar la presencia de ductos de alcantarillado que cruzan el estero en dos puntos. La expansión urbana se ve limitada por lo establecido por el plan regulador pero aún así, la implementación deportiva de sus riberas ha afectado la morfología del cauce, trayendo consigo la pérdida total de la ribera norte.

Sus suelos se ven afectados por varios factores: superficie de cultivo abandonada, rellenos, zona de acopio de material de relleno, escombros y derrames de hidrocarburos. Estas situaciones son las que remarcan su condición de zona crítica.

La presencia de microbasurales es alta, y afecta tanto a la condición natural del sector, como a la población que se encuentra a pocos metros de estos depósitos ilegales. También se observa gran cantidad de residuos dentro el cauce, que corresponden principalmente a plásticos.



En cuanto a especies invasivas de flora, estas no se observan, pero si se reconoce un crecimiento excesivo de vegetación palustre que debe ser controlada. Siendo estas mismas nichos para el desarrollo de avifauna y fauna acuática. Su riqueza a diferencia de las otras sub-unidades a la presencia de árboles en su ribera norte.

La sub-unidad **La Garza** se encuentra altamente alterada, la urbanización, crecimiento urbano y alteración del cauce lo han limitan a una pequeña superficie. La morfología del cauce se encuentra canalizada con la presencia de protecciones fluviales en su ribera oeste.

Su ribera este mantiene su vegetación natural en gran medida, pero se ve amenaza por la venta de esos terrenos por parte de los propietarios del lugar, por lo que posiblemente este tramo termine por limitarse a un pequeño canal limitado por gaviones en ambas riberas. Es por ello que su pérdida se hace inminente y solo una intervención de las autoridades podría rescatar el lugar.

Extraordinariamente el lugar se encuentra libre de microbasurales y sólo es posible ver algunos desechos arrojados en la ribera oeste a un costado de la feria agrícola pesquera la Garza. En cuanto a los residuos dentro del cauce se observan en menor medida, pero requieren de la aplicación de medidas de limpieza de todas formas.

Especies invasivas no se observan, pero si se comienza a generar una cubierta vegetal por parte de dos especies *Rorippa chubutica* (Berro) y *Apium nodiflorum* (Apio) que si bien no son agresivas se han visto favorecidas por la baja velocidad del agua y la ausencia de crecidas.

La biodiversidad del lugar es baja debido al poco hábitat disponible, el que se vio drásticamente disminuido con la construcción de la feria agrícola pesquera a un costado. En cuanto al hábitat fluvial este se ve afectado por la alta carga sedimentaria y de nutrientes que genera el crecimiento excesivo de algunas especies vegetales, además del aumento del consumo del oxígeno disponible.

Dentro de la unidad El Culebrón su sub-unidad El Culebrón corresponde a la zona más importante dentro de toda la cuenca de Pan de Azúcar. Corresponde a un remanente del sistema de vegas que alguna vez existió a lo largo de toda la bahía de Coquimbo.

Se encuentra urbanizada en todos sus límites y el crecimiento urbano lo afecta de igual manera. Se ve efectivamente desprotegida ante tales amenazas, ya que el Plan Regulador establece solo como área protegida de construcciones sus límites inundados existentes hoy en día, no tomando en cuenta sus riberas, las cuales son consideradas áreas de expansión urbana, las cuales podrán sostener hasta una población de 1700 habitantes por hectárea, densidad que puede ser alcanzada solo por grandes proyectos inmobiliarios.

En cuanto a la alteración del cauce, este ha sido gravemente afectado, modificando una de las salidas naturales al mar que tenía el humedal que se ubicaba en el extremo oeste de la bahía y fue eliminado por la construcción de la avenida Costanera, obra que solo reconoció la salida de la laguna costera como la salida del estero al mar. El brazo que se dirige al oeste producto del bloqueo de su desembocadura comenzará a presentar condiciones eutróficas debido al bajo flujo de agua que remueve los nutrientes, lo que al descomponerse consumirán el oxígeno disponible para la biota acuática.



Sus suelos se ven afectados por la compactación debido a la presencia de una serie de senderos informales, los que en comparación con dos situaciones graves son impactos menores. Estas situaciones son: primero, la presencia de un acopio de mineral de hierro que ha alterado de manera significativa la calidad del suelo de la ribera este, segundo: la presencia de un vertedero ilegal que ha afectado gran superficie al oeste de la laguna costera. Gracias a la alta capacidad de resiliencia de este tipo de ecosistemas húmedos, el término resiliencia indica la capacidad de los ambientes naturales de absorber o mitigar las perturbaciones antrópicas de las cuales son víctima, tal es el caso de los alrededores del acopio de mineral donde es posible ver cómo logra crecer vegetación nativa. Por lo que la aplicación de medidas de restauración se ven apoyadas por la capacidad del sistema para autorecuperarse.

Como se mencionaba anteriormente el problema del vertido de desechos en el lugar es un tema grave, en total se tiene un área afectada por residuos y escombros de 2,2 ha. y que generan una contaminación visual de magnitud, además de generar condiciones de insalubridad para la fauna nativa y doméstica y para la propia población humana que se encuentra a escasos metros del lugar.

En cuanto a los residuos es posible ver la poca conciencia de la ciudadanía por el cuidado del lugar, ya que fue posible encontrar en la laguna costera elementos de gran tamaño como un sillón y un coche de bebe, sin mencionar residuos menores.

En un problema de importancia se ha convertido la presencia de la especie invasiva *Eichornia crassipes*, conocida comúnmente como Jacinto de agua. Esta corresponde a una especie de origen tropical de rápido crecimiento que ha llegado a cubrir hasta un 90 % de la laguna costera y que solo hace unas pocas semanas se ha realizado la limpieza de esta. Al igual que otras especies introducidas esta produce cambios en la composición de los hábitats, presión sobre especies nativas y representa una amenaza real para el funcionamiento de todo el ecosistema.

Para el desarrollo de la avifauna existe una variedad de ambientes, ya sea la laguna costera, lagunas someras permanentes y estacionales, vegetación halófito y helófito, las que proporcionan refugio, sitios de nidificación, áreas de descanso y protección para la etapa reproductiva.

Los hábitats acuáticos también presentan características únicas con respecto al resto del estero debido a la entrada de la influencia marina y que permite el desarrollo de la especie *Mugil cephalus* (Lisa), única especie de pez nativo presente y que se encuentra en categoría de conservación vulnerable a nivel nacional.

En cuanto a su riqueza de especies, esta es la más alta de toda la cuenca, la que contribuye a la característica de resiliencia mencionada con anterioridad, ya que ecosistemas más complejos presentan una mayor cantidad de funciones ecológicas que funcionan como "buffer" o mecanismo mitigador de las alteraciones antrópicas.

Una vez que ocurrió la alteración de la desembocadura oeste, la salida al mar solo se canaliza a través de la descarga directa de la laguna costera, esta área denominada unidad **Playa Changa** se presenta como un sistema extremadamente dinámico, donde el trazado por donde el estero se mueve hasta llegar a la desembocadura sufre cambios periódicamente.



La urbanización se ve reflejada en la presencia de una vía pavimentada que ha separado los ecosistemas de dunas de los de humedales y ha generado una barrera para el movimiento de fauna entre ambos hábitats., especialmente para especies de avifauna que se asocian a la vegetación de ribera.

El crecimiento urbano que recibe al área, lo recibe indirectamente con el aumento de los visitantes al borde costero para realizar actividades de recreación y no directamente por la entrada de nuevas construcciones.

Para el criterio de alteración del cauce, su valoración es altamente negativa debido al impacto provocado al bloquear una de las salidas naturales, además de un potencial encauzamiento de la salida actual, el cual pretende establecer una salida directa desde la laguna costera hacia el mar, perdiendo toda el área de meandros formadas sobre la playa. Esta situación desde el punto de vista de mantención de los ecosistemas es una contradicción, ya que se pretende resguardar la zona del humedal no la zona de dunas, siendo que ambas comparten un número de especies y la alteración de una de las área tendrá efectos sobre la otra, ya que provocara que las poblaciones se trasladen a un punto que no tiene la capacidad para recibir mayor cantidad de fauna que la que ya posee. Desde el punto de vista económico la alteración del cauce tampoco resulta viable, ya que este tipo de obra se deberá realizar periódicamente, debido a que el estero siempre buscara su punto de descarga natural hacia el mar, el que se tiende a encontrarse hacia el oeste de la playa.

La degradación de los suelos es baja, no presenta pérdida de dunas, más allá de la provocada por la Avenida Costanera y tampoco es posible ver contaminantes. La erosión que presenta es natural, producto del trazado del estero y se da el caso de que esta erosión ha afectado parte de la avenida, socavando su parte baja.

Con respecto a los microbasurales, estos no son posibles de observar en el sector. Los residuos que se pueden observar son menores y una limpieza periódica puede mantener la calidad ambiental.

Se presenta también en esta sub-unidad la especie *Eichornia crassipes*, cubriendo parte de la salida de la laguna costera, pero en menor medida en comparación a la cobertura que logro alcanzar en la laguna. De todas formas requiere de limpieza, debido a la ya mencionada capacidad de rápido crecimiento de la especie.

La riqueza de especies es alta en este sector y alcanza gran abundancia en algunos casos, sobre todo para la clase aves, tal es el caso de *Larus dominicanus* que alcanzó un gran número de individuos en el censo realizado, como también a modo de ejemplo la especie *Coragyps atratus* que fue posible solo verla en esta sub-unidad descansando y alimentándose. De mayor importancia es la presencia de especies migratorias que encuentran un lugar de descanso y alimentación, tales como son las especies *Larus pipixcan*, *Sterna elegans*, *Rynchops niger*, y en censo el registro de *Phalaropus tricolor*, entre otros. Por lo tanto esta es un área donde es posible encontrar especies terrestres, marinas y asociadas a la vegetación ripariana, esto gracias a la presencia del actual trazado del estero, el que tiene la capacidad de recibir mayor riqueza y abundancia de especies.



Tabla 46: Clasificación de las unidades y sub-unidades.

Unidad	Sub-unidad	Clasificación	Prioridad
Unidad Pan de Azúcar		Sin problemas	-
Unidad San Martín		Sensible	Baja
Unidad Santa Filomena		Sensible	Baja
Unidad El Culebrón	Sub-unidad la Cantera- San Juan	Crítica	Alta
	Sub-unidad La Garza	Crítica	Media
	Sub-unidad Laguna El Culebrón	Crítica	Alta
	Sub-unidad Playa Changa	Crítica	Media-baja

Conclusión

Se reconoce que toda la zona baja se ha clasificado como una zona crítica en cuanto a que su condición natural ha sido afectada gravemente hasta la fecha y se encuentre fuertemente amenazada por la expansión urbana de la ciudad. Se torna complejo realizar una clasificación más detallada dentro de cada sub-unidad, debido a que en su totalidad se encuentra degradada o en su defecto amenazada.

Preocupante es la situación de la unidad El Culebrón y se requiere de una gran campaña de apoyo técnico, en cuanto que no sólo es necesario aplicar mejoras sobre el ecosistema, sino que de igual importancia es la educación de la población para lograr la valoración y cuidado del patrimonio ambiental de la ciudad, considerando al humedal El Culebrón como el humedal más importante de la región por su cercanía física con la población, el que puede ser destacado entre los otros como un humedal urbano.

Se prioriza realizar acciones de mejora en las sub –unidades críticas de La Cantera-San Juan y Laguna El Culebrón. Áreas que presentan elevadas posibilidades de ser recuperadas a través de la aplicación de medidas tendientes a devolver la calidad ambiental del lugar.

Las zonas sensibles, aún no sufren en demasía la presión de la ciudad y se reconocen ambientes naturales de calidad los que deben ser reconocidos y valorados por la población, tal es el caso del sector conocido comúnmente como La Cueva del Chivato.



Capítulo 5

Objetivo N° 5

Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que defina entre otros aspectos: áreas críticas y/o sensibles, áreas a recuperar, propuestas de obras a implementar, objetivos y metodologías de técnicas de restauración.

Para el cumplimiento del objetivo N° 5, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 2

“Delimitación de las áreas a ser recuperadas, presentando su debida justificación. Se requiere que la recuperación sea dirigida a las condiciones naturales esperables para este ecosistema costero, lo cual favorezca la recuperación de flora o fauna nativa.”



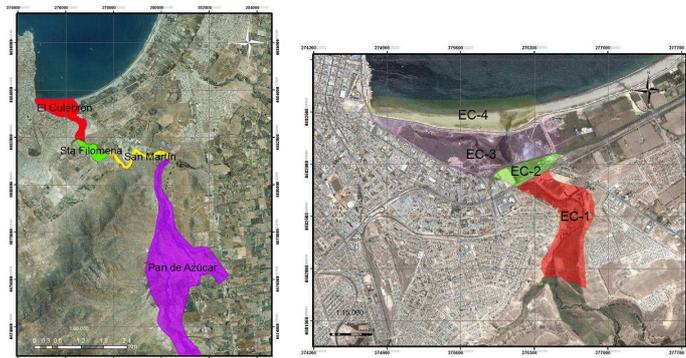
Metodología

A partir del análisis de las zonas críticas o sensibles reconocidas en las actividades anteriores, se establecerán las áreas a ser recuperadas, teniendo como criterios base lo siguiente: primero, la capacidad del medio para recuperar su condición natural; y segundo: la efectividad de la aplicación de técnicas de restauración sobre un componente o varios, teniendo presente que existen condiciones donde los daños ambientales existentes son irreversibles. La justificación de cada una de las zonas se dará de acuerdo a la factibilidad de ser aplicada una técnica de restauración.

Los resultados serán apoyados por medio de la entrega de información en formato digital, correspondiente a formato (.shp o .prj) para SIG.

Las zonas a recuperar serán descritas a través de fichas para cada sector, las cuales son presentadas de la siguiente manera:

Ficha

Nombre:	
Descripción: descripción física o de ubicación	
Zona: Crítica o sensible	Superficie o longitud aproximada.
Unidad:	Ubicación
Sub-Unidad:	Se muestran los límites físicos del área de influencia para cada unidad v sub-unidad.
Fotografías	 <p>Para la unidad El Culebrón se delimita solo su perímetro.</p>
Problemática: Situación conflictiva.	
Importancia: Ambiental.	
Aspecto crítico: Elemento ambiental más importante.	
Justificación: Argumentación de aplicar acción en el lugar.	

Las fichas son ordenadas según la categoría de mejora aplicada, entendiéndose para ello las siguientes:

- Limpieza.
- Generación de hábitats.
- Mejora del Paisaje.
- Mejora de calidad fluvial.



Limpieza

Ficha 1

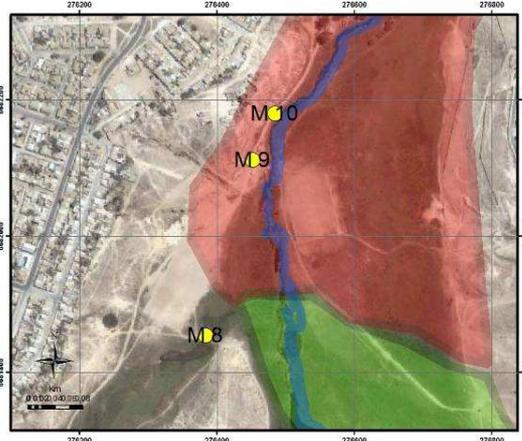
Nombre: Microbasural 1	
Descripción: Pozón aislado a un costado del estero.	
Zona: Sensible	Superficie: 2 m ² aprox.
Unidad: Pan de Azúcar	Ubicación
Fotografías	
Problemática: Residuos sólidos domiciliarios y agrícolas en aguas.	
Importancia: Calidad de aguas superficiales.	
Aspecto crítico: Contaminación biológica de las aguas, aumento de DBO.	
Justificación: Evitar la eutrofización de las aguas.	

Ficha 2

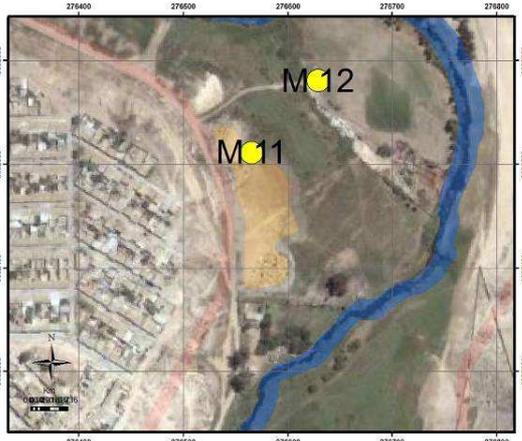
Nombre: Microbasurales 2-7	
Descripción: Costado de camino que bordea la ribera.	
Zona: Sensible	Superficie: 91 m ² aprox.
Unidad: Santa Filomena	Ubicación
Fotografías	
Problemática: Presencia de residuos sólidos principalmente escombros	
Importancia: Calidad del paisaje.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje.	



Ficha 3

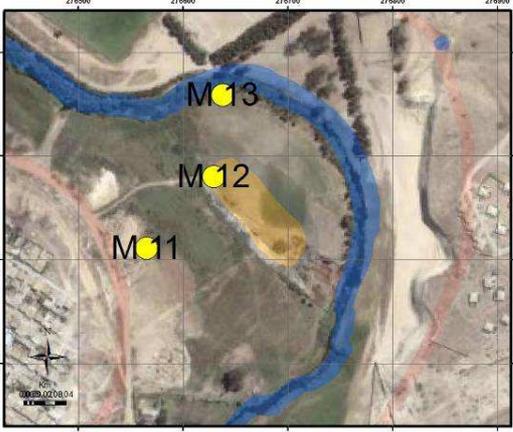
Nombre: Microbasurales 8-10	
Descripción: Canchas de fútbol.	
Zona: Sensible	Superficie: 70 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
	
Problemática: Presencia de residuos sólidos principalmente escombros	
Importancia: Calidad del paisaje.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje.	

Ficha 4

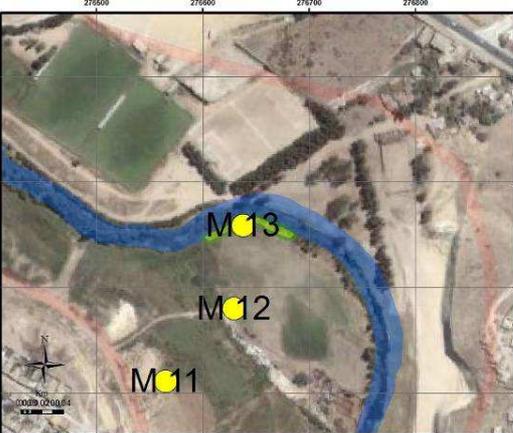
Nombre: Microbasural 11	
Descripción: Costado de camino secundario.	
Zona: Crítica	Superficie: 0,89 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
	
Problemática: Presencia de rellenos de material.	
Importancia: Calidad del paisaje.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje y recuperación de hábitat.	



Ficha 5

Nombre: Microbasural 12	
Descripción: Ribera sur. Zona con vivienda. Frente a Club de Tiro y Club Atenas.	
Zona: Crítica	Superficie: 0,9 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
	
Problemática: Presencia de rellenos de material y chatarra.	
Importancia: Calidad del paisaje.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje y recuperación de hábitat.	

Ficha 6

Nombre: Microbasural 13	
Descripción: Ribera sur, frente a Club de Tiro y Club Atenas.	
Zona: Crítica	Superficie: 548 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
	
Problemática: Presencia de rellenos y escombros.	
Importancia: Calidad del paisaje y morfología del cauce.	
Aspecto crítico: Alteración física del estero.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje, recuperación de hábitat y recuperación de ribera.	



Ficha 7

Nombre: Microbasural 14-16	
Descripción: Ribera sur, aguas arriba de puente La Garza.	
Zona: Crítica	Superficie: 0,2 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
Problemática: Presencia de rellenos y escombros.	
Importancia: Calidad del paisaje y morfología del cauce.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje y recuperación de hábitat.	

Ficha 8

Nombre: Vertedero ilegal (Microbasural 17)	
Descripción: Norte de calle Maipú.	
Zona: Crítica	Superficie: 1,2 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Presencia residuos sólidos domiciliarios orgánicos y escombros de construcción, alterando una gran superficie. Generación de condiciones de insalubridad.	
Importancia: Calidad del paisaje y salud pública.	
Aspecto crítico: Contaminación visual, contaminación de napa subterránea y propagación de enfermedades.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje y recuperación de hábitat.	



Ficha 9

Nombre: Microbasural 18	
Descripción: Norte de calle Maipú. Costado de línea férrea.	
Zona: Crítica	Superficie: 1 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Presencia de rellenos y escombros.	
Importancia: Calidad del paisaje y salud pública.	
Aspecto crítico: Contaminación visual, contaminación de aguas superficiales y subterráneas y propagación de enfermedades.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje y recuperación de hábitat.	

Ficha 10

Nombre: Residuos 1	
Descripción: Estero se encuentra a pocos metros de población La Cantera Alta.	
Zona: Sensible	Longitud: 450 m aprox.
Unidad: San Martín	Ubicación
Fotografías	
Problemática: Presencia de residuos sólidos domiciliarios y aumento de vectores de enfermedades.	
Importancia: Calidad de aguas superficiales.	
Aspecto crítico: Contaminación biológica de las aguas, aumento de DBO.	
Justificación: Evitar la eutrofización de las aguas y mejora de la calidad de vida de las poblaciones cercanas.	



Ficha 11

Nombre: Derrame hidrocarburos	
Descripción: Ribera sur.	
Zona: Critica	Superficie: Derrames puntuales 1m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
Problemática: Derrames de hidrocarburos. Manchas evidentes y olor característico.	
Importancia: Contaminación de suelo, aguas superficiales y subterráneas.	
Aspecto crítico: Contaminación hídrica.	
Justificación: Mejora en calidad de suelo y agua.	

Ficha 12

Nombre: Residuos en cauce.	
Descripción: Canal y laguna. Tramo bajo de la cuenca.	
Zona: Critica y sensible.	Longitud: 3 km aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La cantera-San Juan, La Garza, El Culebrón y Playa Changa.	
Fotografías	
Problemática: Contaminación por residuos sólidos domiciliarios y automotrices dentro del cauce.	
Importancia: Contaminación física en algunos casos interacción química con el agua.	
Aspecto crítico: Contaminación física y química del agua.	
Justificación: Mejora de la calidad del agua y del paisaje.	



Ficha 13

Nombre: Residuos vegetales	
Descripción: En Playa y riberas sur y norte.	
Zona: Crítica y sensible	Superficie: 6 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La cantera-San Juan y Playa Changa	
Fotografías	
Problemática: Disposición de residuos vegetales.	
Importancia: Contaminación visual.	
Aspecto crítico: Ninguno.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje.	

Ficha 14

Nombre: Eliminación elemento antrópico 1	
Descripción: Ribera norte del estero	
Zona: Crítica.	Superficie: 6 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Garza	
Fotografías	
Problemática: Presencia de radier de antigua construcción.	
Importancia: Contaminación visual.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Mejora paisajística.	



Ficha 15

Nombre: Eliminación elemento antrópico 1	
Descripción: Borde laguna	
Zona: Crítica.	Longitud: 640 m aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Presencia de cierre perimetral en mal estado.	
Importancia: Contaminación visual.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Mejora paisajística.	

Generación de hábitats

Ficha 16

Nombre: Recuperación de ribera	
Descripción: laguna y ribera norte y sur del tramo bajo del estero.	
Zona: Crítica.	Superficie: 3 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La cantera-San Juan y El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Deterioro de la vegetación de ribera.	
Importancia: La cobertura vegetal genera estabilidad de los suelos y protección de la erosión hídrica.	
Aspecto crítico: Cambio en la morfología y erosión.	
Justificación: Protección de estructuras antrópicas y generación de hábitats.	



Ficha 17

Nombre: Generación de hábitat fluvial	
Descripción: borde ribera	
Zona: Crítica.	Longitud: 2 km aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón, La Garza y La Cantera-San Juan.	
Fotografías	
Problemática: Tramos alterados físicamente.	
Importancia: Pérdida de hábitats.	
Aspecto crítico: Pérdida de vegetación de ribera y áreas de descanso para fauna acuática.	
Justificación: Generación de hábitats.	

Ficha 18

Nombre: Mejora hábitats	
Descripción: Generación de hábitat para aves en brazo oeste	
Zona: Crítica.	Superficie: 2000 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: -	
Importancia: Aumento de hábitats disponible para aves	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Otorgar protección física a la avifauna, complementando la ya existente	



Ficha 19

Nombre: Recuperación área agrícola	
Descripción: Ribera sur estero	
Zona: Crítica.	Superficie: 0,7 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera-San Juan	
Fotografías	
Problemática: Área erosionada por el abandono de un cultivo.	
Importancia: Alteración del paisaje y pérdida de hábitat.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: recuperar zona dañada por el uso agrícola.	

Mejora del Paisaje

Ficha 20

Nombre: Montículos	
Descripción: Ribera sur.	
Zona: Crítica	Superficie: 0,8 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Alteración del paisaje.	
Importancia: Contaminación visual.	
Aspecto crítico: Contaminación visual.	
Justificación: Mejora en calidad del paisaje.	



Ficha 21

Nombre: Cubierta vegetación 1	
Descripción: En pendientes. Ambos lados de línea férrea y sobre protecciones Av. Costanera.	
Zona: Crítica.	Superficie: 2,5 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón y Playa Changa	
Fotografías	
Problemática: Alteración del paisaje natural.	
Importancia: Contaminación visual.	
Aspecto crítico: Ninguno.	
Justificación: Mejora de la calidad del paisaje.	

Ficha 22

Nombre: Cubierta vegetación 2	
Descripción: Laderas.	
Zona: Crítica.	Superficie: 2,5 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La cantera-San Juan	
Fotografías	
Problemática: Laderas propensas a la erosión.	
Importancia: Entrada excesiva de sedimentos en episodios de precipitaciones.	
Aspecto crítico: Ninguno.	
Justificación: Control de erosión y mejora de la calidad del paisaje.	



Ficha 23

Nombre: Armonización del entorno	
Descripción: Ribera norte del estero.	
Zona: Crítica.	Superficie: 1000 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Cantera- San Juan	
Fotografías	
Problemática: Presencia de especie arbustiva introducida.	
Importancia: Alteración visual del paisaje.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Mejora paisajística y generación de hábitats.	

Ficha 24

Nombre: Pantalla vegetacional	
Descripción: Ribera oeste del estero.	
Zona: Crítica.	Longitud: 172 m aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La Garza	
Fotografías	
Problemática: Presencia de gaviones en la ribera.	
Importancia: Alteración visual del paisaje.	
Aspecto crítico: Pérdida de vegetación de ribera y alteración del paisaje.	
Justificación: Mejora paisajística y generación de hábitats.	



Ficha 25

Nombre: Eliminación acopio de mineral	
Descripción: Acopio ubicado al este de laguna costera.	
Zona: Crítica.	Superficie: 2,4 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: presencia de mineral de hierro en las cercanías de la laguna costera.	
Importancia: Contaminación visual, hídrica y de suelos.	
Aspecto crítico: Contaminación hídrica.	
Justificación: Mejora en la calidad del paisaje y protección contra la contaminación de las aguas.	

Ficha 26

Nombre: Senderos	
Descripción: Ubicados en tres puntos de la zona baja de la cuenca	
Zona: Crítica.	Longitud: 1 km aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: Presencia de senderos informales.	
Importancia: Compactación del suelo.	
Aspecto crítico: pérdida de cobertura vegetal y alteración del paisaje.	
Justificación: Mejora en la calidad de la cobertura vegetal y delimitación de áreas de desplazamiento de la población.	



Mejora de calidad fluvial

Ficha 27

Nombre: Control vegetación	
Descripción: Vegetación en tramo bajo de la cuenca.	
Zona: Crítica.	Superficie: 6 ha aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: La cantera-San Juan, La Garza, El Culebrón y Playa Changa	
Fotografías	
Problemática: Excesivo crecimiento de la cobertura vegetal.	
Importancia: Generación de condiciones poco favorable para la biota acuática.	
Aspecto crítico: Eutrofización del estero.	
Justificación: Mantenimiento del flujo del cauce y calidad de las aguas.	

Ficha 28

Nombre: Control de erosión en duna	
Descripción: Borde costanera	
Zona: Crítica.	Superficie: 362 m ² aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: Playa Changa	
Fotografías	
Problemática: Erosión hídrica afecta obras civiles.	
Importancia: Daño estructura vial.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Encausamiento del estero con metodologías menos invasivas.	



Ficha 29

Nombre: Cambio punto de evacuación de aguas	
Descripción: Descarga aguas lluvias en calle Condell.	
Zona: Crítica.	Longitud: 128 m aprox.
Unidad: El Culebrón	Ubicación
Sub-unidad: El Culebrón	
Fotografías	
Problemática: -	
Importancia: Entrada de agua al humedal.	
Aspecto crítico: -	
Justificación: Devolver caudal que antiguamente entraba al humedal y que hoy se descarga directamente al mar.	

Ficha 30

Nombre: Canal	
Descripción: Excedentes canal bellavista al norte de cerro Pan de Azúcar.	
Zona: Crítica	Superficie: -
Unidad: Pan de Azúcar	Ubicación
Fotografías	
Problemática: Entrada excesiva de sedimentos y nutrientes al sistema natural.	
Importancia: Calidad de aguas superficiales.	
Aspecto crítico: Contaminación biológica de las aguas, aumento de DBO.	
Justificación: Evitar la eutrofización de las aguas y la colmatación de la laguna costera.	



Conclusión

Se reconoce que las medidas tendientes a mejorar la calidad ambiental de la cuenca de Pán de Azúcar se concentran en su zona baja, el área con mayores problemas y que presentan el mayor riesgo de ser dañados irremediablemente.

Pocas medidas se observan en la parte alta y media de la cuenca y estas corresponden principalmente a limpieza de residuos. Las medidas que se desarrollan en la parte alta representarán mejora también en la parte baja de la cuenca.

En la caso las áreas de laderas revegetadas, se consideran que estas áreas es lo mínimo por hacer para lograr la protección en cuanto a erosión y posterior colmatación de la laguna, ya que es necesario aplicar medidas de forestación o reforestación en toda la cuenca.



Capítulo 5

Objetivo N° 5

Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que defina entre otros aspectos: áreas críticas y/o sensibles, áreas a recuperar, propuestas de obras a implementar, objetivos y metodologías de técnicas de restauración.

Para el cumplimiento del objetivo N° 5, se describen las siguientes actividades.

Actividad N° 3

“Proponer un Plan de Restauración del Humedal El Culebrón, que contemple medidas técnicas y metodologías para la restauración o recuperación de las distintas zonas identificadas (críticas y/o sensibles), diferenciándolas según componente (flora, fauna, suelo, etc.). Jerarquizar las actividades a corto, mediano y largo plazo, según la urgencia de implementación y cumplimientos de objetivos propuesto.”



Metodología

Se propondrá un Plan Integral de Restauración del Humedal El Culebrón, enfocado a los diferentes aspectos bióticos y abióticos que necesiten restaurar sus condiciones naturales. Para el cumplimiento de esta actividad se detallarán las técnicas de restauración a aplicar y la metodología de planificación, ejecución y seguimiento de estas.

Estos resultados se entregarán diferenciados según componente, describiendo para ello cada una de las técnicas de restauración a aplicar y las zonas críticas donde serán aplicadas.

La jerarquización se realizará primero, de acuerdo a la urgencia de la implementación basada en la necesidad de recuperar una zona antes de que su restauración se torne irreversible, segundo, al cumplimiento de los objetivos propuestos y por último a su duración (corto, mediano y largo plazo).

Antecedentes.

Una de las definiciones más aceptadas es la que plantea la Sociedad Internacional para la restauración Ecológica (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) en el año 2004, donde la restauración ecológica “es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”.

En cuanto a la restauración fluvial esta es la actuación que intenta incrementar la conectividad de las partes afectadas y no afectadas, a través de medidas correctoras para los fenómenos de alteración antrópica que fragmentan la dinámica continua de un río (Granado, 1999, Jalon 2001).

Cuando hablamos de restauración de ríos también aludimos a su recuperación o reparación, reconociendo que en la actualidad se encuentran degradados y que es conveniente mejorar el aspecto y funcionamiento que presentan, tratando de recuperar el estado que tuvieron en tiempos pasados, que asociamos a una condición más “natural”.

De los ríos igual que de otro tipo de ecosistemas naturales, se puede recuperar o restaurar distintos tipos de elementos o atributos, según sea los objetivos propuestos. Por ello en nuestro caso resulta más preciso hablar de restauración ecológica, indicando de forma explícita que la finalidad de dicha restauración es la recuperación del funcionamiento ecológico del estero y sus riberas.

Por tanto como definimos el concepto de restauración, quizás la definición más completas sería “Conjunto de actividades encaminadas a devolver al río su estructura y funcionamiento como ecosistemas, de acuerdo a unos procesos y una dinámica equivalentes a las condiciones naturales, o que establecemos como de referencia del buen estado ecológico”.

Hay dos aspectos que destacan por su importancia en este concepto de restauración ecológica de los sistemas fluviales. En primer lugar, a través del proceso de restauración el sistema recupera algo que era suyo, que formaba parte de su estructura y funcionamiento como ecosistema natural, y que por diferentes motivos lo ha perdido o se ha deteriorado o degradado. Y en segundo lugar, con la



restauración ecológica se pretende conseguir que el sistema se aproxime a su estado natural, lo que requiere que dicho estado se conozca o defina previamente, como una condición de referencia a seguir en las actuaciones propuestas de restauración, que debe estar avalada por una documentación histórica con base científica.

Las posibilidades que existen para la mejora ambiental de los sistemas fluviales degradados son muy amplias, y, como hemos comentado, la restauración ecológica es la más ambiciosa en este sentido, al ser la que trata de recuperar el estado primitivo del río, anterior a su degradación.

Sin embargo, por diferentes motivos no siempre es posible o conveniente proceder a la restauración, ya que la degradación responde a unos efectos acumulativos procedentes de numerosas actividades humanas, llevadas a cabo a lo largo de los años en diferentes puntos de la cuenca.

Por ello, y sin renunciar a las posibilidades de llevar a cabo una verdadera restauración ecológica del sistema, se puede plantear otros tipos de intervenciones más modestas, siempre positivas, con las que se inicie el proceso de recuperación del ecosistema fluvial.

En este sentido, y valorando siempre la mejora que puede alcanzarse en el estado ecológico de los sistemas con cualquiera de actuaciones propuestas para el estero culebrón, es importante diferenciar cierta terminología:

1. **Rehabilitación**, implica la recuperación de un funcionamiento más natural con una tendencia a conseguir que el sistema rehabilitado se vaya haciendo cada vez más similar al sistema que fue anteriormente a su degradación, reconociendo en ello ciertas limitaciones impuestas por las presiones existentes.
2. **Remediación**, es otro tipo de intervención que significa, “rectificar, aplicación de un remedio para la mejora” de la condición actual, y se emplea con mayor frecuencia en los casos en que se parte de un nivel de degradación muy intenso, cuando se reconoce que únicamente se inicia el proceso hacia una recuperación con escasos logros a corto plazo, dando una gran importancia al proceso en sí, más que al estado que se va avanzando y mejorando gradualmente, que se desconoce o es incierto.
3. **Mejora**, significa un aumento del valor del río pero no necesariamente de acuerdo a la recuperación de su funcionamiento ecológico, sino más bien enfocado a la mejora de su aspecto estético, al incremento de su estructura o diversidad, sin que los elementos mejorados de dicha estructura sea una consecuencia del funcionamiento del propio sistema (ej. Mejora de hábitat para peces).
4. **Adecuación**, implica un enfoque encaminado a potenciar un determinado uso del sistema, siendo muy frecuente en este sentido la adecuación recreativa de riberas, o el acondicionamiento del cauce para mejorar su acceso a los diferentes usos.
5. **Mitigación**, representa la moderación o disminución de la intensidad de los efectos que se consideran nocivos para los ecosistemas y que son causados por el hombre.



Restauración Fluvial

Se realizó en toda la longitud del Estero el Culebrón una caracterización jerárquica de los hábitats fluviales presentes con el objeto de evaluar su estado en la escala espacial, para la implementación de un programa de restauración y conservación.

A partir de la caracterización in situ, se describieron las posibles técnicas de restauración.

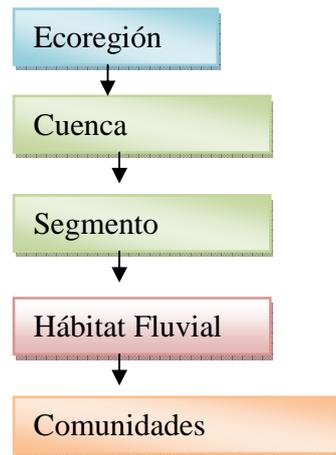


Figura 41: Factores que configuran los hábitats y comunidades biológicas de los ríos y esteros.

A partir del análisis de las zonas críticas o sensibles reconocidas en base a la investigación realizada en las actividades anteriores, se establecerán las metodologías para las áreas a ser recuperadas, teniendo como criterios base lo siguiente: primero, la capacidad del medio para recuperar su condición natural; y segundo: la efectividad de la aplicación de técnicas de restauración sobre un componente o varios, teniendo presente que existen condiciones donde los daños ambientales existentes son irreversibles. La justificación de cada una de las zonas se dará de acuerdo a la factibilidad de ser aplicada una técnica de restauración.

Al igual que la actividad anterior los resultados serán entregados en su correspondiente capítulo y serán apoyadas por medio de la entrega de información en formato digital, correspondiente a formato (.shp o .prj) para SIG.

Se ha reconocido en terreno un ambiente altamente impactado y alterado en términos medio ambientales, con la presencia de vertederos ilegales de residuos sólidos (VIRS), modificaciones en la ribera del río, presencia de rellenos de material, evidencia de derrames de hidrocarburos, desechos en el canal del estero, presencia de especies invasivas, entre otros.



Consideraciones

Al momento de planificar la restauración de un ambiente natural es necesario tener presente lo siguiente:

- Restablecer las cualidades geomorfológicas e hidrológicas de la cuenca.
- Establecer condiciones físico y químicas de suelo y agua.
- Establecer flora y vegetación tomando en cuenta la teoría ecosucesional.
- Elección de especies y técnicas biológicas de restauración.

Para cada una de las medidas propuestas se establece su objetivo, su duración, su metodología y seguimiento.

Limpieza de residuos sólidos

Objetivo: Limpiar vertederos y microbasurales ilegales y recuperar sus áreas.

Duración: Corto plazo.

La limpieza de los residuos sólidos corresponde a una de las medidas esenciales para la recuperación estética del humedal el culebrón. Para ello se han establecido en terreno los puntos donde es necesario aplicar medidas de limpieza (ver figura 19), considerando puntos con presencia de microbasurales y escombros.

De acuerdo al catastro realizado es necesario aplicar esfuerzos diferenciados, en el primer caso se utilizará una metodología extensiva, donde será necesario realizar una limpieza por parte de un grupo de trabajo compuesto por no más de 3 o 4 personas quienes efectuarán una recogida manual de los residuos, contando con todos los elementos de protección personal adecuados para este tipo de actividades. Estos serán apoyados con un camión tipo $\frac{3}{4}$ el cual permitirá transportar los desechos recolectados hacia el sitio de disposición final, que corresponderá al relleno sanitario El Panul. Complementariamente a esta recogida en sitios puntuales, se requerirá realizar un recorrido de limpieza por las riberas del estero donde es posible ver residuos dispersos por el viento, o que han sido arrojados accidentalmente.

En el segundo caso se requiere ampliar la escala de esfuerzos debido a la magnitud de la alteración, esto se logrará con el apoyo de maquinaria pesada, por lo que se requerirá de una retroexcavadora y un camión de alto tonelaje como lo son los camiones de transporte de áridos. Esta metodología será aplicada para la eliminación tanto de residuos sólidos como de rellenos de material. El material recogido será llevado al relleno sanitario El Panul como sitio de disposición final.

La entrada de maquinaria pesada solo en algunos casos provocará alteraciones en la estructura del suelo, ya que en general los lugares donde se llevará a cabo este tipo de limpieza se encuentran de antemano alterados por efectos de los camiones que hasta allí transportaron los desechos. La alteración en el suelo provocada por la maquinaria pesada corresponderá a compactación y en algunos casos



destrucción de la cobertura vegetal, esta última situación será evitada dentro de lo posible, pero en caso de que se produjese se llevarán a cabo acciones de recuperación de la cobertura vegetal.

Tabla 47: Metodologías de recolección.

Punto	Superficie m ²	Metodología de recolección
M 1	2	Extensiva
M 2	15	Extensiva
M 3	1	Extensiva
M 4	3	Extensiva
M 5	9	Extensiva
M 6	3	Extensiva
M 7	60	Extensiva
M 8	30	Intensiva
M 9	20	Intensiva
M 10	20	Intensiva
M 11	100	Intensiva
M 12	9.000	Intensiva
M 13	548	Intensiva
M 14	255	Intensiva
M 15	852	Intensiva
M 16	1032	Intensiva
M 17	6464	Intensiva
M 18	20.485	Intensiva

Si bien en la tabla se observa que las metodologías de recolección extensivas se concentran en la parte alta y media de la cuenca, como se menciono anteriormente es necesario aplicar esta medida en ambas riberas, sobre todo en las áreas críticas y sensibles que se concentran en el tramo anterior a la desembocadura.

Para las limpiezas realizadas en las sub-unidades La Cantera-San Juan y El Culebrón se llevarán a cabo acciones de revegetación con especies nativas propias del lugar, las que serán extraídas de puntos considerados como sanos o con alta cobertura natural, donde la extracción no provocará alteración y su recuperación se desarrollará de manera natural, considerando la alta capacidad de resiliencia de estos sistemas húmedos.

Los escombros en algunos casos, siempre y cuando se compongan de materiales estériles, pueden ser utilizados para rellenar las laderas aledañas que presentan excavaciones, las cuales luego serían cubiertas por material de relleno.

Las especies principales para conformar esta medida son: *Paspalum vaginatum* (chépica), *Sarcocornia fruticosa* (Sosa) y *Distichlis spicata* (Pasto salado). Se establece el éxito del prendimiento de estas especies en base a observaciones personales realizadas en el área de influencia, donde es posible ver el crecimiento de estas especies en puntos altamente alterados.

Se incluye dentro de esta medida la eliminación de montículos de material propio del sistema que son resultado de la canalización para la evacuación de aguas en algunos puntos del humedal. Para su retiro es necesario contar con maquinaria pesada. EL material puede ser utilizado en zonas donde sea



necesario aplicar una capa de sustrato natural, como pueden ser los puntos donde se hizo retiro de escombros o rellenos.

Para el seguimiento de esta medida, se deben realizar recorridos periódicos para evaluar el estado de sanidad de la Unidad El Culebrón principalmente. En ocasiones realizar recorridos en las unidades restantes. Según los resultados se debe evaluar la periodicidad de los mismos.



Figura 42: Zonas donde se aplicarán medidas intensivas. En la fotografía de la derecha es posible ver un relleno de aproximadamente 1 m por sobre el nivel natural del sistema (Fuente: Propia).

Limpieza de residuos sólidos presentes en el cauce

Objetivo: Mejorar la calidad visual y química del agua.

Duración: Corto plazo.

Se debe realizar un recorrido general por el cauce, desde la unidad San Martín hasta la desembocadura en una primera instancia. El recorrido debe ser realizado por una cuadrilla, que cuente con implementos de seguridad que permitan recoger residuos sin poner en riesgo su salud.

Este recorrido debe comenzar en la parte alta del estero y puede ser realizada junto con la limpieza de residuos sólidos dispersos en la ribera del estero, descrita con anterioridad. La cuadrilla debe ser apoyada para el traslado de los desechos por un camión $\frac{3}{4}$ o incluso una camioneta, donde los residuos serán transportados dentro de bolsas plásticas, adecuadas para el objetivo, las que luego serán llevados a un residuos sanitario como medida de disposición final.

En caso de encontrar elementos sepultados en el lecho del río por sedimentos, estos deberán ser sacados del lugar, por ejemplo neumáticos. Se observa también en la laguna elementos mayores, como secciones de concreto del sistema de alcantarillado, los que sólo podrán ser sacados del lugar mediante camiones con grúa pluma. El mismo camión puede llevar los elementos al relleno sanitario.

Para el seguimiento de la medida se deben realizar recorridos periódicos y la continuidad de los mismos debe ser evaluada constantemente.



Figura 43: Izquierda, restos de tramo de alcantarillado. Derecha, plásticos y neumáticos (Fuente: Propia).

Limpieza de residuos vegetales

Objetivo: Mejorar la calidad visual.

Duración: Corto plazo.

La presencia de residuos vegetales corresponde a una acción antrópica aún cuando en algunos casos se trate de residuos de vegetación del mismo sistema que han sido dejados los restos de cortes realizados, al parecer para utilizar sus fibras con fines manuales en la confección de artesanías.

Su limpieza corresponde a una medida de tipo estética y será realizada a baja escala con un grupo de 3 a 4 personas que realizarán un recorrido en la unidad El Culebrón, para la recogida se les dotará de las herramientas necesarias para manejar el residuos, el que será depositado en contenedores plásticos de 200 litros, los que serán llevados al relleno sanitario El Panul, aun cuando se debe tener presente la posibilidad de ser entregados a alguna entidad que realice compostaje.

Los puntos más conflictivos se encuentran en la sub-unidad San Juan La Cantera y Playa Changa y si bien hay puntos con residuos concentrados es necesario realizar una limpieza general.

Para su seguimiento realizarán recorridos periódicos y la continuidad de los mismos debe ser evaluada constantemente.



Figura 44: Residuos vegetales depositados en el sector (Fuente: Propia).



Limpieza de residuos peligrosos

Objetivo: Limpieza de derrames de hidrocarburos y extracción de elementos contaminados.

Duración: Corto plazo.

Para la limpieza de residuos peligrosos tales como envases de solventes, tarros algún tipo de elementos de construcción y derrames de hidrocarburos, se debe realizar de acuerdo a lo que establece el Decreto Supremo n°148/03, Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.

Esta limpieza se hace exclusivamente en la sub-unidad La Cantera-San Juan.

La recolección de elementos contaminados se debe realizar de manera manual por personal que cuente con elementos de protección personal, que evitan que la persona sufra algún daño o se exponga físicamente a los contaminantes. En este se realizará un barrido de toda la zona, comenzando desde el límite este de la zona.

En el caso de la limpieza de derrames, estos son puntuales, y la metodología de limpieza corresponde a extraer el suelo contaminado aparente (otra coloración u olor) y el área ubicada alrededor, considerando como mínimo 5 cm de perímetro de limpieza fuera del lugar donde se presente la mancha.

De igual manera se debe extraer el suelo hasta la profundidad que sea necesaria, es decir donde no sea posible encontrar evidencias de contaminación.

Los elementos y suelos contaminados serán depositados en contenedores metálicos, apropiados para el transporte de estos, los cuales tendrán como destino de disposición final un relleno sanitario de seguridad.

No se prevé un seguimiento de esta medida, pero en caso de originarse nuevos derrames se debe realizar su limpieza debido al posible agua sobre la calidad de las aguas.



Figura 45: Izquierda, derrames de hidrocarburos. Derecha, elementos contaminados (Fuente: Propia).

Limpieza de pasivo minero



Objetivo: Mejora de calidad del paisaje.

Duración: Corto plazo.

La presencia del pasivo minero genera una alteración importante de la calidad ambiental del sector. Es por ello que se debe retirar todo el material acopiado, para ello será necesario utilizar maquinaria pesada, retroexcavadora y camión tolva. Todo el mineral de hierro pertenece al señor Willian Morgan, el que se ha comprometido ante la I. municipalidad de Coquimbo en retirado. Una vez realizada esta acción se deberá sacar lo primeros centímetros de suelo contaminado con mineral en un amplia área. Este plan de restauración no considera la aplicación de técnicas de biorremediación, debido a que es necesario realizar un estudio más acabado sobre el tema, en cuanto a concentraciones de mineral en el suelo, en las aguas subterráneas, especies vegetales a utilizar las que además sean tolerantes a suelos salinos y saturados de agua. También, en cuanto a las especies se debe evaluar si serán especies que acumularán el mineral en sus raíces, tallos u hojas.



Figura 46: Pasivo minero de mineral de hierro (Fuente: Propia).

Eliminación de elementos antrópicos

Objetivo: Mejorar la calidad visual.

Duración: Corto plazo.

Consiste en la eliminación de un radier de concreto que se ubica en la sub-unidad La Garza. Debido a que la zona donde se ubica no presenta mayor daño sobre su cobertura vegetal, excepto por un sendero peatonal, es que no se considera la entrada de maquinaria pesada al lugar.

La extracción será realizada de manera manual por una cuadrilla de personas, que dotadas de herramientas adecuadas, extraerá todo el concreto.

Una vez llevada a cabo esta acción se revegetará con las mismas especies que conforman la vegetación ribereña en aquel punto. El suelo se preparará de manera de que pierda su nivel de compactación, para luego replantar ejemplares que serán extraídos de puntos cercanos, cuidando de afectar en el menor grado posible la cobertura natural. La especie a utilizar para la revegetación del lugar corresponde es *Distichlis spicata* (Pasto salado).



Se realizará el seguimiento de vegetación plantada en el lugar.



Figura 47: Izquierda, elemento antrópico. Derecha: *Distichlis spicata* (Fuente: Propia).

También se considera el retiro del cierre perimetral que existe actualmente alrededor de la laguna, el que debido a su mal estado ya no cumple con su objetivo de protección.

Mejora Cobertura vegetal

Objetivo: Mejorar la calidad del visual del paisaje.

Duración: Corto a mediano plazo.

Se implementará un parche verde en los taludes que mantienen la estructura férrea, con la finalidad de cubrir la coloración negra que esta mantiene en sus taludes. La especie a utilizar será *Carpobrotus aequilaterus* (Doca), especie nativa que es ampliamente utilizada para el control de erosión en suelos con pendiente.

Esta especie suculenta perenne, crece expuesta al sol en áreas de secano, sus hojas son carnosas y miden de 3 a 5 cm. La floración se produce desde fines de septiembre y sólo se aprecia en días de sol, en días nublados la corola se cierra. Aves y roedores se alimentan del fruto de esta.

La superficie aproximada a revegetar, corresponde a 2,5 ha pero se priorizarán aquellas cercanas a los puentes de la vía férrea y al puente de Avenida Costanera, para luego ir gradualmente avanzando hacia el oeste.

En el puente de la vía férrea se realizará la plantación sobre el sustrato de relleno que será traído desde la sub-unidad La Cantera-San Juan. Cubriendo unos 2.500 m² a ambos lados del puente y por el talud de exposición norte y sur.

En el caso de la cubierta en el puente Avenida Costanera, se revegetará una zona aproximada de 2.000 m². Se realizará además de la plantación directa sobre el sustrato existente, la aplicación de suelo sobre las estructuras de protección fluvial existentes a ambos costados. La capa de suelo a aplicar será obtenida del material de relleno que se encuentra en la sub-unidad La Cantera –San Juan. Y se cubrirá un área aproximada de 340 m².



Se realizará un seguimiento del comportamiento del porcentaje de cobertura y se evaluará las necesidades de riego requeridas. Dependiendo de los resultados se debe evaluar el cambio de la especie por una que no requiera riego y se adapte mejor a las condiciones de suelo y climáticas del lugar.



Figura 48: Izquierda, talud de línea férrea. Derecha, talud de puente costanera (Fuente: Propia).

Control de erosión

Objetivo: Disminuir la erosión hídrica y mejorar la calidad del paisaje.

Duración: Largo Plazo.

Se realizará el control de la erosión en las laderas de la zona baja de la Cuenca, esta corresponde a un área mínima sobre la cual actuar ya que la mejor manera de solucionar esta problemática es actuando a nivel de toda la cuenca, acción que se escapa de la aplicación realista de este trabajo debido a los altos costos asociados.

La superficie a intervenir corresponde 2,5 ha, en ella se realizará la plantación de cactáceas, especies arbóreas como *Schinus molle* ó *Acacia caven*, y herbáceas. En el caso de esta última se rescatarán las coberturas que se han desarrollado sobre los rellenos de material que serán retirados.

Se requerirá en algunos casos dotar de protección a los ejemplares. El seguimiento se realizará en cuanto a la adaptación de los ejemplares a las condiciones del lugar.



Figura 49: Laderas a revegetar (Fuente: Propia).



Control de especies vegetales

Objetivo: Reducir las alteraciones que producen las especies exóticas y el sobrepoblamiento de especies nativas.

Duración: Mediano a largo plazo.

Para este ítem se reconocen 3 formaciones vegetacionales que necesitan de diferentes grados de control:

Control Intensivo:

Para la especie *E. Crassipes* se deben realizar limpiezas periódicas cada 3 meses aproximadamente, debido a su rápido crecimiento.

En caso de que no se realicen estas limpiezas periódicas, es necesario destinar mayores recursos económicos y humanos, para lograr la disminución de la cobertura de la planta sobre la laguna.

Se considera la disminución gradual del porcentaje de la cobertura a través de la limpieza mecánica, la que consiste en retirar superficies de la cobertura vegetacional, realizando el arrastre de estos “paños” hasta sacarlos a tierra. Si no se logra separar estos paños fácilmente es necesario realizar un corte que genere el mínimo de residuos o trozos vegetales, ya que estos formarán nuevos ejemplares y el esfuerzo de limpieza no se verá reflejada en el tiempo, ya que la cobertura crecerá rápidamente.

Para el arrastre de los “paños” por sobre el agua se pueden fabricar ganchos metálicos y para mantenerlo unido, un cordel puede cumplir esa función al rodear el “pañó”. Una vez fuera del agua se dejarán deshidratar por unos días con la finalidad de disminuir el peso del material y con ello disminuir los costos de transporte. Primera etapa se debe considerar una zona de amortiguación, establecida como un corredor de 1 m. de ancho en la ribera.

Para el manejo de los residuos vegetales se priorizará el proceso de compostaje en un sitio autorizado y apropiado para esos fines, en caso de que esto no sea posible los desechos serán llevados a un relleno sanitario.

Para mantener la especie en coberturas pequeñas es necesario realizar campañas de limpieza general, aproximadamente cada tres meses. En ellas se realizará la limpieza de los remanentes en crecimiento que existan en el sector de laguna, descarga de laguna (playa) y en brazo oeste.

La Ilustre Municipalidad de Coquimbo ya ha realizado una limpieza de la laguna en el presente año, pero para mantener estas condiciones será necesario realizar mantenimiento constantemente. En caso de que esto no se realizase, la especie cubrirá nuevamente gran porcentaje de superficie de la laguna. Se debe considerar también, eliminar esta especie de sectores como brazo oeste y sector playa y no solo la laguna.



Figura 50: Resultado de la aplicación de medida de limpieza realizada por la Ilustre Municipalidad de Coquimbo (Fuente: Propia).



Figura 51: *Eichhornia crassipes*, conocida comúnmente como Jacinto de agua (Fuente: Propia).

Control extensivo:

Considerados para las especies helófitas presentes en toda la unidad El Culebrón y las hidrófitas de la sub-unidad la Garza.

El crecimiento acelerado de algunas especies debido a la gran cantidad de sedimentos y nutrientes provoca un aumento de la sedimentación, otorgando nutrientes al fondo del cauce, el que comienza un proceso de eutrofización. Además, la alta cobertura disminuye la velocidad de flujo con que el agua entra a la laguna, aumentando la velocidad del proceso denominado como Hidrosere.

Las hidrófitas serán relegadas solo a los bordes, con la finalidad de permitir el normal flujo de las aguas por esta sección, dejando un borde de cobertura de aproximadamente 1 metro de ancho. Las especies consideradas son *Rorippa chabutica* y *Apium nodiflorum*.

Para ello se realizará la extracción de raíz de los ejemplares, y luego se aplicará un lavado en el mismo lugar de donde fueron extraídas con la finalidad de desprender huevos, larvas y macroinvertebrados presentes en sus tallos y hojas. El borde de vegetación que quedará una vez llevada a cabo la medida, deberá presentar condiciones de naturalidad como el aspecto sinuoso que se observa en las fotografías.



Figura 52: Rápido crecimiento hidrófitas, en la izquierda se observa cobertura en el mes de agosto, a la derecha la cobertura del mes de noviembre (Fuente: Propia).

Para las especies helófitas se debe realizar un manejo mayor, debido a la extensión que alcanzan, los áreas de manejo corresponderán a las sub-unidades El Culebrón y La Cantera - San Juan.

Para la sub-unidad La Cantera-San Juan, se realizarán podas selectivas, en una primera instancia con la finalidad de limpiar el estero y la sobrecarga de sedimentos que mantiene, permitiendo el flujo de un agua corriente y no lenta, como ocurre hoy en día.

Para el caso de la sub-unidad El Culebrón se considera la limpieza periódica de los totorales en dos puntos principales, primero en el brazo oeste se implementará un programa de limpieza que permita un mayor flujo de agua, que permita la circulación del agua, la oxigenación y evite las condiciones eutróficas por sobrecarga de nutrientes.

Para el caso de la laguna se realizará el manejo de la vegetación ubicada en el borde este de la laguna ampliando la superficie de la laguna gradualmente, esta medida se justifica en la comprensión del concepto de hidrosere, el cual es definido por Ramírez & San Martín (2006) como el proceso de sucesión natural que ocurre en cuerpos de agua lénticos, donde la zonación litoral de hidrófitos y helófitos puede avanzar hacia el centro del agua, llegando a cegar completamente el cuerpo de agua. Situación que se puede corroborar por la presencia de helófitas en el lugar, por lo que gradualmente se relegara esta cobertura hacia el exterior de la laguna, para que el mismo sistema limpie del exceso de sedimento que se presentan en la orilla este, orilla que presenta menor velocidad.

Se establece que el avance de las helófitas hacia el centro de la laguna, se debe por la disminución de los episodios de las crecidas y el aumento de la carga de sedimentos del sistema, y se le considera como un efecto producido por efecto antrópico y natural. En caudal al nivel de agua necesario para aumentar la superficie de la laguna, no debiese presentarse problemas ya que el caudal actual se encuentra cercano al caudal histórico. Se provocará artificialmente el impacto que genera una crecida de magnitud que limpia el sistema, pero no se realizará de forma agresiva, sino que con el retroceso gradual de la vegetación.

El éxito de esta medida dependerá de mantener un caudal y velocidad adecuado en el estero, medidas de apoyo para lograr esta medida son las limpiezas al estero realizadas aguas arriba de la laguna y que corresponden a las medidas descritas anteriormente. Además, la disminución de los sedimentos que entran al sistema natural también colaborará con este fin.



Figura 53: Izquierda, helófitas que serán relegadas hacia el este. Derecha. Presencia de antiguo nivel de la laguna, similar al que actualmente se observa en la orilla oeste (Fuente: Propia).

Recuperación zona agrícola

Objetivo: Revegetar área alterada por la actividad agrícola

Duración: Mediano plazo.

En sub-unidad la Cantera-San Juan, se realizará la limpieza del relleno que se presenta en esta área agrícola. Realizando un escarpe en el lugar, sacando la fina capa de relleno. Este material de relleno puede ser utilizado en otras medidas que lo requieran o puede ser llevado al relleno sanitario. El área será recuperada con ejemplares de *Sarcocornia fruticosa* (Sosa), especie que es posible reconocer en esta área alterada.

El seguimiento consistirá en evaluar periódicamente el avance de la cobertura vegetal.

Armonización del entorno

Objetivo: Contar con un paisaje natural.

Duración: Largo plazo.

Esta medida se llevará a cabo en la sub-unidad La Cantera- San Juan y corresponde al cambio de la vegetación de ribera existente en el lugar, esto significa el cambio de la especie *Eucalyptus globulus* que corresponde a un especie exótica, por una especie nativa.

Esta medida no solo tiene su argumento desde el punto de vista estético al querer generar un ambiente más natural o próximo al natural, con la presencia de especies nativas y que se desarrollan en este tipo de ambiente, sino que también se considera que *Eucalyptus globulus* es una especie que produce la acidificación de los suelos, que en este caso debido a la baja cobertura no es un factor crítico, la importancia radica en su alta tasa de evapotranspiración, por lo que consume grandes cantidades de



agua a través de sus raíces, que luego es emitida a la atmósfera en estado gaseoso. Es por eso que esta especie fue ampliamente utilizada en siglos anteriores para la desecación de vegas y pantanos.

Es por ello que se privilegia la presencia de especies nativas, en este caso la especie que reemplazará a la especie exótica corresponde a la especie *Salix humboldtiana* (Sauce chileno), esta especie se encuentra de manera natural en el sector y la especie que actualmente comparte el borde de ribera con los ejemplares de eucaliptus.

Esta especie nativa de porte arbóreo puede llegar a alcanzar una altura de hasta 10-15 metros. En Chile, es frecuente en orillas de ríos, esteros y canales, en general, en terrenos húmedos desde Copiapó a Concepción. Se encuentra a nivel del mar hasta los 600msnm, principalmente en la Cordillera de la Costa y el Valle Central. Florece en los meses de Septiembre a Noviembre (INFOR, 2009). Es una especie de crecimiento rápido, su propagación se realizará a partir de estacones, pudiendo alcanzar los 4 metros de altura al tercer año (Riedemann, Aldunate & Teillier, 2006).

Se considera al aplicar esta medida que en la pantalla vegetacional existente actualmente a un costado de la ruta 5 norte, se dejen "ventanas" o espacios donde el transeúnte puede observar la presencia de un humedal aguas arriba, lo que mejorará la valoración en cuanto al patrimonio ambiental de la ciudad. No se considera la eliminación de esta pantalla, ya que otorga protección a las especies y separa el espacio natural del urbano.

El seguimiento a realizar es asegurar la propagación de los ejemplares plantados y su reemplazo en caso de su muerte.



Figura 54: Izquierda, es posible observar un conjunto de eucaliptus ubicados en el borde del estero. Derecha, actual pantalla de eucaliptus a un costado de ruta 5 norte (Fuente: Propia).

Pantalla vegetacional

Objetivo: Minimizar impacto antrópico visual.

Duración: Largo plazo.



En sub-unidad La Garza la Feria Agrícola y Pesquera del mismo nombre ha producido un encajonamiento del estero y un alto impacto visual, cambiando la ribera por gaviones. Se propone crear una pantalla vegetacional que separe el medio natural del humano.

Para ello se plantarán ejemplares de Sauce chileno, *Salix humboldtiana* en el borde de estero que ha dejado la feria. Esta se plantarán por estacones a una distancia de 8 metros uno de otro, cubriendo un tramo de 170 metros complementariamente esta ribera será revegetada con herbáceas.

Se considera que la salinidad no afectara a la especie ya que incluso en la sub-unidad La cantera-San Juan, la especie se desarrolla con niveles similares de conductividad eléctrica a los encontrados en la sub-unidad El Culebrón, 1,21 y 1,22 mS/cm respectivamente. Debido a que en el sector circulan personas que se dirigen a la playa, será necesario implementar un cerco protector a cada uno de los ejemplares.

El seguimiento a realizar es asegurar la propagación de los ejemplares plantados y su reemplazo en caso de su muerte.



Figura 55: Vistas del área donde se propone una pantalla vegetacional (Fuente: Propia).

Generación de hábitats de aves

Objetivo: Aumentar la cantidad de hábitats disponibles para aves acuáticas.

Duración: Mediano a largo plazo

En el brazo oeste de la laguna se ha reconocido a través de las continuas visitas a terreno un área donde es posible ver una variedad de aves acuáticas compartiendo un espacio reducido de unos 200 m² aprox., entre las aves observadas se pueden mencionar: *Anas georgica*, *Anas cyanoptera*, *Himantopus melanurus*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax* y *Fulica rufifrons*.

Se crearán lugares con similares condiciones a las existentes en el área antes descrita, es decir un hábitat con protección de helófitas en el 60 % del contorno del pozo de agua y se crearán islas que servirán para el descanso y nidificación de algunas especies.

Para ello se limpiarán algunos sectores de helófitas y se dejará solo una pared de protección, creando un nuevo sector húmedo libre similar al que se observa en la figura 56.



Figura 56: Izquierda, vista del hábitat a simular. Derecha, aves descansando en isla (Fuente: Propia).

Para la creación de islas se realizará una excavación que permitirá contar con un mosaico de islas de diferentes tamaños y formas. Ya que estas pozas son de características someras, se considera que la excavación sea realizada por una cuadrilla de hombres y no se considera la entrada de maquinaria pesada.

Para el seguimiento de esta medida, se evaluará las condiciones de profundidad del agua y conteo e identificación de especies de aves acuáticas.

Control de erosión en dunas para protección de estructuras viales

Objetivo: Proteger estructura vial de erosión hídrica.

Duración: Corto a mediano plazo.

En la sub-unidad Playa Changa se realizará la protección de un área que se encuentra dañada por el paso del estero y la entrada del mar en el mismo sector.

Se considera en una primera instancia la aplicación de una opción de impacto mínimo, que no necesitan de grandes recursos.

Primero será necesario realizar la fijación del sistema dunario, para ello se utilizará un cordón trenzado que disminuirá la velocidad de flujo del estero y permitirá la acumulación de partículas o arenas detrás de las mismas. Se basa en los mismos principios de reducción de erosión eólica en dunas, ya que ambos se comportan como un fluido.

Esta cordón trenzado se dispondrá de manera tal que genere una barrera para el normal flujo del agua, disminuyendo su velocidad, esta se ubicará en la orilla que se desee proteger y se dispondrán maderas amarradas entre sí, que se ubicaran presentando su borde más ancho oblicuo a la dirección del flujo. Debido a la ubicación de este proceso erosivo será necesario considerar un flujo aguas abajo de salida del estero y un flujo aguas arriba del estero, de entrada del mar. Para ello se considera disponer algunas de las hileras oponiendo resistencia al flujo de entrada, aún cuando su efecto será menor. Cada madera



estará separada de la siguiente por 15 cm y serán enterradas en la arena aproximadamente 25 cm. Se ubicarán varios cordones trenzados con la finalidad de aumentar la resistencia. Cada madera será de 80 cm aún cuando será necesario evaluar la longitud de esta para cada caso, porque en este tipo de sistema dinámico la profundidad del cauce también puede variar.

La estructura será mantenida en el lugar hasta que se conforme la duna nuevamente. Este tipo de estructura puede ser utilizada en otros puntos donde se esté produciendo un impacto similar o donde se reconozca que esta pudiese ocurrir. Esta estructura no está ideada para combatir la erosión marina, aún cuando puede tener un efecto similar al que presenta en un flujo laminar.

Otra opción es utilizar maderas (rollizos) que se ubiquen perpendiculares al flujo de manera horizontal, las que crearán una zona de calma tras ellas y provocarán la acumulación de sedimentos.

Una vez fijada la duna es posible estabilizarla realizando una revegetación, para este caso se debe evaluar la especie a utilizar la que debe ser de preferencia herbácea.

El seguimiento de esta medida debe realizarse constantemente con la finalidad de evaluar la efectividad del ángulo en que ubicaron los cordones.



Figura 57: Erosión hídrica en playa (Fuente: Propia).

Control de sedimentos

Objetivo: Disminuir la carga de sedimentos y nutrientes que entran al estero.

Duración: de mediano a largo plazo.

Para realizar un control de los sedimentos se ha considerado la implementación de un decantador de partículas y un filtro biológico en el sector alto de la cuenca, con la finalidad de disminuir la entrada de carga externa de nutrientes al sistema natural. Es decir controlar el arrastre de sedimentos en el canal que se encuentra ubicado en el borde norte del cerro Pan de Azúcar.

Para la implementación de un decantador es necesario primero conocer el tamaño promedio de las partículas que trae el canal, y su coeficiente de sedimentación, datos que son obtenidos mediante pruebas en laboratorio.



Una vez conocidos estos datos es posible dimensionar una piscina decantadora, donde el factor principal para lograr la sedimentación de las partículas será la longitud de la obra. Esta será construida con elementos que no alteren en demasía la estética del lugar ó será cubierta con elementos que la oculten dentro del paisaje, como pudiesen ser rocas que la hagan parecer que su muro es una pirca del lugar.

La técnica de sedimentación se denomina sedimentación discreta y se basa en la relación que tiene la velocidad del canal con el tamaño y la capacidad de sedimentar de las partículas, donde la disminución de la velocidad del fluido permitirá que partículas de ciertas características sedimenten y no sean arrastradas por el flujo.

Se debe realizar un ensanchamiento del canal de entrada a la laguna para disminuir la velocidad, donde luego se presentan una serie de pozones contenidos por una muralla de concreto, las que atraparán los sedimentos de mayor tamaño o peso.

La aplicación de un sedimentador como pre-tratamiento radica en la protección del filtro biológico, entendiéndose a este como un sistema biológico que no resiste la entrada excesiva de material.

Requerirá de mantención periódica, con el retiro del material sedimentado.

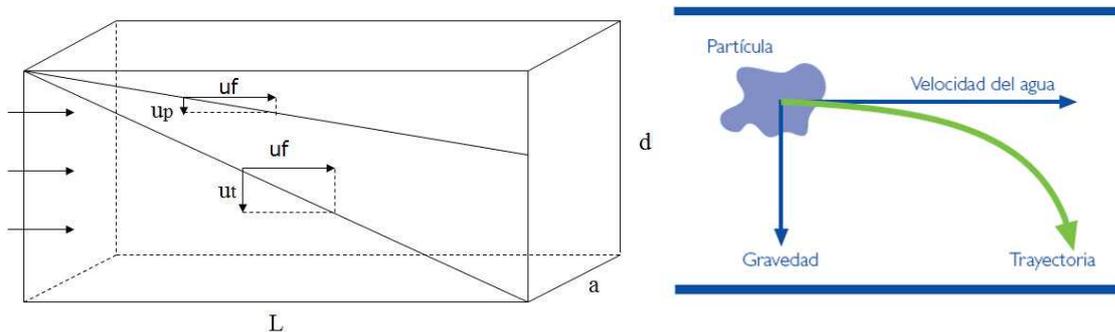


Figura 58: Relación de velocidad de terminal (u_t) y la velocidad de flujo (u_f) en sedimentación discreta (Fuente: de Miguel, 2004).

Posteriormente, a la laguna de decantación se aplicará un tratamiento biológico a las aguas con la implementación de un filtro biológico ó wetland artificial, conformado por especies de macrófitas emergentes (helófitas ó hidrófitas), que serán extraídas desde puntos cercanos del estero. Estas especies disminuirán la carga orgánica del flujo que entra el estero, mejorando la calidad aguas abajo. La metodología corresponderá al de un humedal de flujo sub-superficial (SsF)

Las plantas degradan, absorben y asimilan los contaminantes, al tiempo que proporcionan una extensa superficie donde se posibilita el crecimiento bacteriano y se filtran elementos sólidos en suspensión (Junta de Andalucía).



El filtro biológico de macrófitos emergentes consiste en la creación de pasillos ó canales de una profundidad aproximada de 0,7 m, cubiertos por medio de un geotextil e impermeabilizados por medio de un polietileno, el cual se cubre con el sustrato a utilizar que puede ser grava o arena y donde se fijarán especies helófitas, como *Typha angustifolia* ó *Scirpus californicus*, las que al ser extraídas de puntos cercanos se asegura su adaptación al clima local. Estas hidrófitas actuarán de filtro, mejorando los procesos de floculación y sedimentación, además servirán de soporte de microorganismos, oxigenarán el agua circundante en la rizosfera, y extraerán nutrientes, lo que redundará en la disminución de la carga contaminante (Fernández *et al*, 2004).

Los humedales artificiales son sistemas de apariencia simple pero muy complejos en cuanto a su funcionamiento, Actúan a modo de filtro, sumidero de sedimentos y precipitados, y como motor biogeoquímico que recicla y transforma nutrientes. Para su seguimiento se deben realizar análisis de DBO5, nitrato y fosfato, antes y después de pasar por el filtro. Además, de muestreos puntuales de la calidad de las aguas dentro del humedal considerando al menos parámetros como oxígeno disuelto, temperatura y pH.

Se realizarán limpiezas de los sedimentos acumulados y cambio de coberturas vegetales, de acuerdo al estado en que se encuentren. Según su crecimiento se deben realizar podas periódicas y para el manejo de estos residuos se priorizará su compostaje, aunque puede tener otros usos como ser utilizado en artesanías, por último se evaluará la opción de disposición final en un relleno sanitario.

Para ambos casos es necesaria la utilización de maquinaria pesada, ya sea para nivelación del área y para construcción de canales. Además se considera la instalación de un cierre perimetral, que proteja la planta y evite cualquier tipo de accidente.

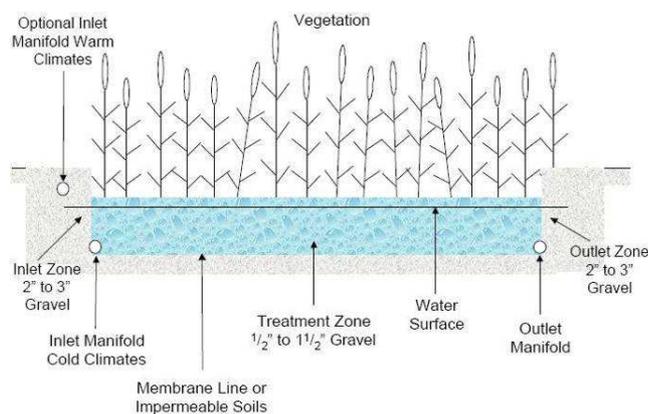


Figura 59: Humedal de flujo sub-superficial (Fuente: EPA, 2000).

Cambio de punto de evacuación de aguas

Objetivo: Inyectar agua al sistema.

Duración: Corto plazo.



En calle Condell se ubica una descarga de aguas lluvias, que atraviesa una zona eriaza en el extremo oeste del humedal y descarga directamente al mar. Es posible realizar una canalización con una retroexcavadora que cambie la dirección de esta descarga y la entregue al humedal y si bien en el periodo de estío se observa seco, en el estación lluviosa permitirá inyectar al sistema natural toda el agua que escurre desde esa ladera, la que resulta en una cantidad considerable.

Para ello es necesario desviar las aguas canalizando por un costado y paralelo a la calle Maipú. Este canal pasaría entre el edificio Altamar y la línea férrea, por lo que sería necesario construir un canal embovedado que no presente filtraciones y pueda afectar a ambas estructuras.

Restauración fluvial

Objetivo: Mejorar las condiciones fluviales del estero.

Duración: Mediano a largo plazo.

Las medidas de restauración fluvial aquí presentadas se encuentran directamente ligadas con las condiciones de hábitat fluvial descritas por la metodología IHF. Es por ello que las medidas son separadas de acuerdo a la condición que se presenta en el lugar, ya sean: muy homogénea, homogénea, relativamente heterogénea y heterogénea.

A la hora de establecer la ubicación de la técnica de restauración, es indispensable tener conocimiento sobre el caudal o velocidad de la corriente del estero. Puesto que existen medidas de restauración que no son recomendadas para tramos del estero de alta velocidad. Como ocurre en toda obra de restauración, previamente se debe identificar y abordar la causa del problema.

La selección de la mejor técnica de restauración, en el presente estudio se asocio justamente a la evaluación de hábitat fluvial, valor que se obtiene de la aplicación del índice de hábitat fluvial (IHF). Al respecto los valores se agrupan dentro de la siguiente evaluación:

1. Hábitat muy homogéneos
2. Hábitat homogéneos
3. Hábitat muy heterogéneos
4. Hábitat heterogéneos

Es necesario considerar que una vez aplicadas las técnicas de restauración, se mejorará la calidad del estero, pero en algunos casos no se alcanzará un valor máximo de calidad ambiental al aplicar un índice, por ejemplo, para el Índice biótico de Familia difícilmente se alcanzar valores altos ya que de manera natural las aguas presentan menores concentraciones de oxígeno, lo que no permitiría la llegada de especies indicadores de aguas sanas.



A continuación se entregan los apartados para cada uno de los hábitat posibles obtener en la evaluación, y de la técnicas de restauración más apropiadas a estos hábitat.

Hábitat muy Homogéneo

Rollos de pasto

Medida de restauración apta para zonas de baja velocidad

Se usan a menudo para revegetar los bancos de ríos en donde el tipo primario de vegetación son pastos o vegetales similares, y donde no resulta práctico sembrar semilla debido a que el nivel del agua fluctúa.

Esta técnica reintroduce vegetación herbácea en un sitio al mismo tiempo que proporciona estabilidad estructural ya que el manto de pasto formará un denso sistema de raíces a lo largo del banco. Una vez que el pasto crezca, sus hojas colgarán por encima del banco, proporcionando un hábitat apropiado para la crianza de los peces.

Algunas de las ventajas de emplear esta técnica son:

- ✓ Es barato.
- ✓ Uso de materiales de construcción que no requiere empleo de maquinaria pesada.
- ✓ Se requiere poco entrenamiento.
- ✓ Restablece las condiciones naturales del estero.
- ✓ Alto nivel de supervivencia.
- ✓ Mayor efectividad en zonas de baja velocidad de la corriente.
- ✓ Proporciona control de erosión.

Puesto que el pasto es sensible al pisoteo, éste debe ser protegido mediante pasarelas elevadas o simplemente restringir el acceso.

Construcción

El pasto puede ser recolectado desde la misma zona de estudio o en zonas aledañas. Se recomienda fabricar el rollo en el lugar mismo de manera que la cantidad almacenada en el rollo coincida con la longitud del lugar en el cual se va a plantar.

Construya un rollo de pasto estableciendo una cierta cantidad de tela biodegradable, coloque sobre la parte central de la tela, trozos de pasto uno junto a otro, lo más compacto posible. Envuelva los lados de la tela biodegradable por sobre los montones de pasto para formar un rollo. Ate el rollo con cordel cada cierto número de pulgadas, para mayor calidad observar la figura 60.

Corte agujeros en la tela biodegradable con el fin de dejar expuesto parte del pasto. Luego extraiga las puntas de los pastos apuntando hacia arriba. Finalmente ancle el rollo de pasto en la orilla del estero.

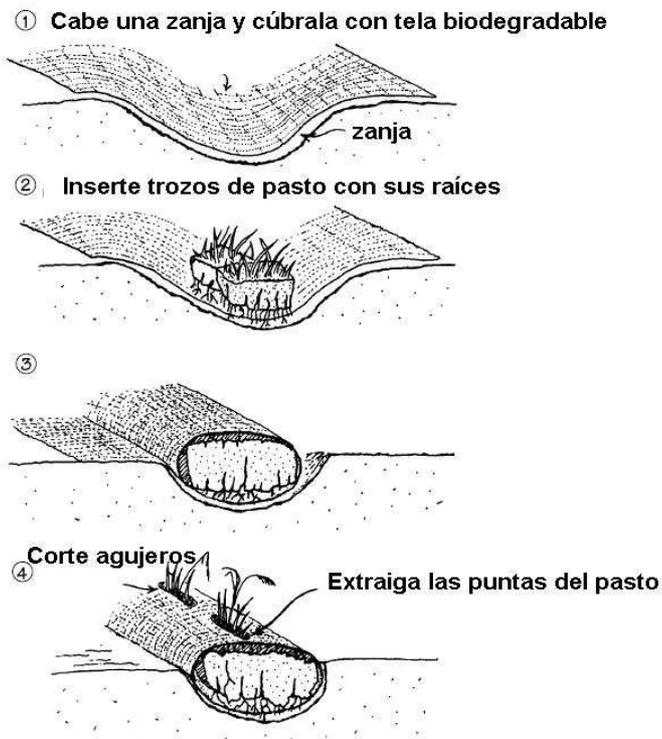


Figura 60: Instalación del rollo de pasto.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.

Implementación

- Asegurar la base de la pendiente utilizando un tronco con ramas.
- Excavar una zanja poco profunda e instalar el rollo de pasto a lo largo del nivel alto del agua.
- Ancle firmemente el rollo al banco, utilice estacas en tramos donde la velocidad del agua sea baja. Si es necesario, aplique revegetación en las áreas adyacentes (Figura 61).

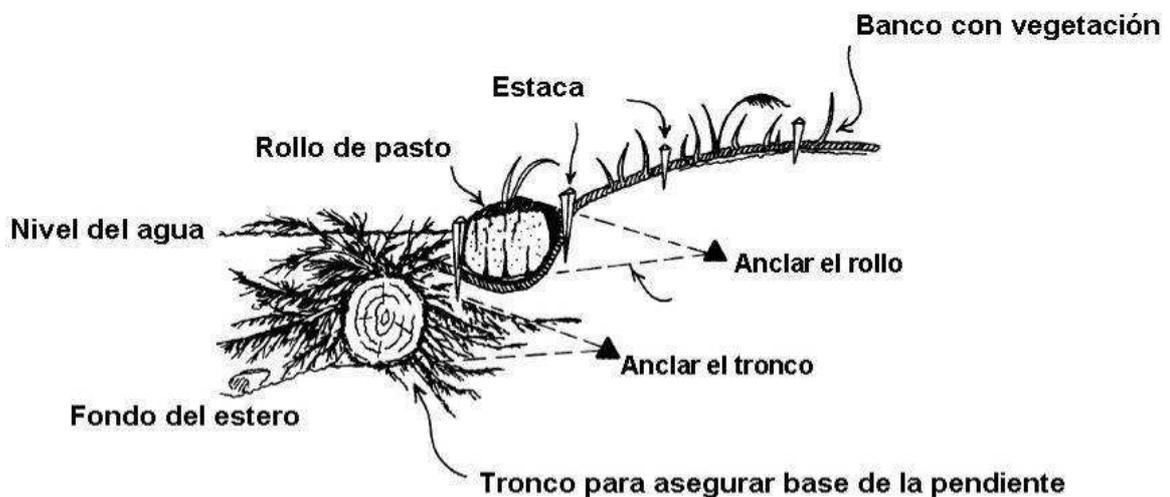


Figura 61: Vista lateral del rollo de pasto.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.



Si siguió paso a paso las indicaciones anteriores, el rollo de pasto debería tener una forma similar a la Figura 62 que se muestra a continuación:



Figura 62: Rollo de pasto

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.

CRIBA CON VEGETACIÓN

Medida de restauración apta para zonas de alta velocidad.

Es una técnica usada en sitios en los que otras técnicas de revegetación pueden no proporcionar suficiente protección ante la erosión.

Combina elevaciones de suelo reforzada y material vegetal similar a capas de matorrales con la adición de una criba protectora.

Se destacan las siguientes ventajas y observaciones de la estructura:

- ✓ Es estable.
- ✓ Evita la erosión del banco.
- ✓ Puede proporcionar hábitat para los peces.
- ✓ Puede ser usado en situaciones de altas velocidades de corriente.
- ✓ De elevado costo.
- ✓ Puede requerir el uso de maquinaria pesada, dependiendo de la longitud del área a restaurar.

Construcción

- Los troncos sin tratamiento previo son unidos unos a otros para crear la criba.
- Periódicamente se instalan otros troncos cruzados para mejorar la estabilidad.
- Las capas de criba pueden ser agregadas para alcanzar la altura deseada del banco, pueden ser construidas verticalmente o escalonadamente dentro de la pendiente con escalones mayores o menores.
- El suelo expuesto debe ser sembrado para protegerlo de la erosión.

Para mayor claridad, observa la Figura 63;



Figura 63: Vista lateral de la estructura.
Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.



Figura 64: Técnica aplicada al río Kenai.
Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.



Figura 65: Técnica aplicada al río Kenai, Alaska. Tres semanas después de implementado.
Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (2005).



Barreras de árboles

Técnica de protección económica y funcional que protege a los bancos de erosión.

Las barreras de árboles instaladas atrapan sedimentos y con el tiempo ayudan a reconstruir la estructura del banco y a establecer una estabilidad a largo plazo.

Las ramas del árbol reducen las velocidades del agua en las cercanías del banco, proporcionan protección contra la erosión, abrigo y cubierta para peces juveniles y actúan como una fuente de desechos orgánicos.

Estas barreras se usan en combinación con las técnicas de revegetación. Al momento de aparecer las primeras plantas, proporcionan inmediatamente una cubierta para los peces

Las barreras de estos árboles pueden involucrar una sola capa de árboles, múltiples árboles juntos y atados o capas simples apiladas. Todas estas barreras requieren un sistema adecuado de cables y anclajes.

Los árboles seleccionados deben ser verdes y sus troncos deben poseer muchas ramas. Cuando se recolectan y transportan se debe tener cuidado de no dañar la vegetación que lo rodea. Es muy importante que la barrera sea anclada en bancos con amplia vegetación y bancos estables (no perturbados), tanto corriente arriba como corriente abajo.

A continuación se detallan las ventajas y observaciones de la presente técnica:

- ✓ Fácil instalación
- ✓ No requiere equipo pesado
- ✓ Materiales de construcción asequibles
- ✓ Proporciona protección contra la erosión del suelo
- ✓ Proporciona hábitat para los peces
- ✓ Requiere mantención cada 1 a 3 años
- ✓ Debe eliminarse el exceso de cables o anclas visibles y agregar nuevos árboles según las necesidades.

Construcción e Implementación

- Instale árboles de 4 a 6 pulgadas de diámetro en forma paralela al banco del río y superpóngalo 1/3 de la mitad de su longitud en forma individual. La parte superior del árbol debe ser orientada corriente abajo.
- Los árboles se aseguran estrechamente al banco con cables de 1/8 de pulgada y anclas de tierra cada 4 a 6 pies. En sistemas de mayor velocidad se puede usar cables de 3/16 de pulgadas y anclas mayores y más frecuentes.
- Mantener estas barreras agregando nuevos árboles cada 1 a 3 años. Árboles frescos y con brotes pueden ser atados directamente frente a la barrera original. Los árboles deben ser anclados seguramente y revisados anualmente para reemplazar cable y agregar árboles nuevos.



Retire el exceso de cable y vuelva a estirar cualquier cable que esté suelto en torno a los árboles. Si los árboles no son mantenidos, deteriorándose en el tiempo cualquier ancla o cable visible deben ser retirados debajo del nivel normal de agua.

A continuación se ilustra paso a paso la construcción e implementación de las barreras de árboles

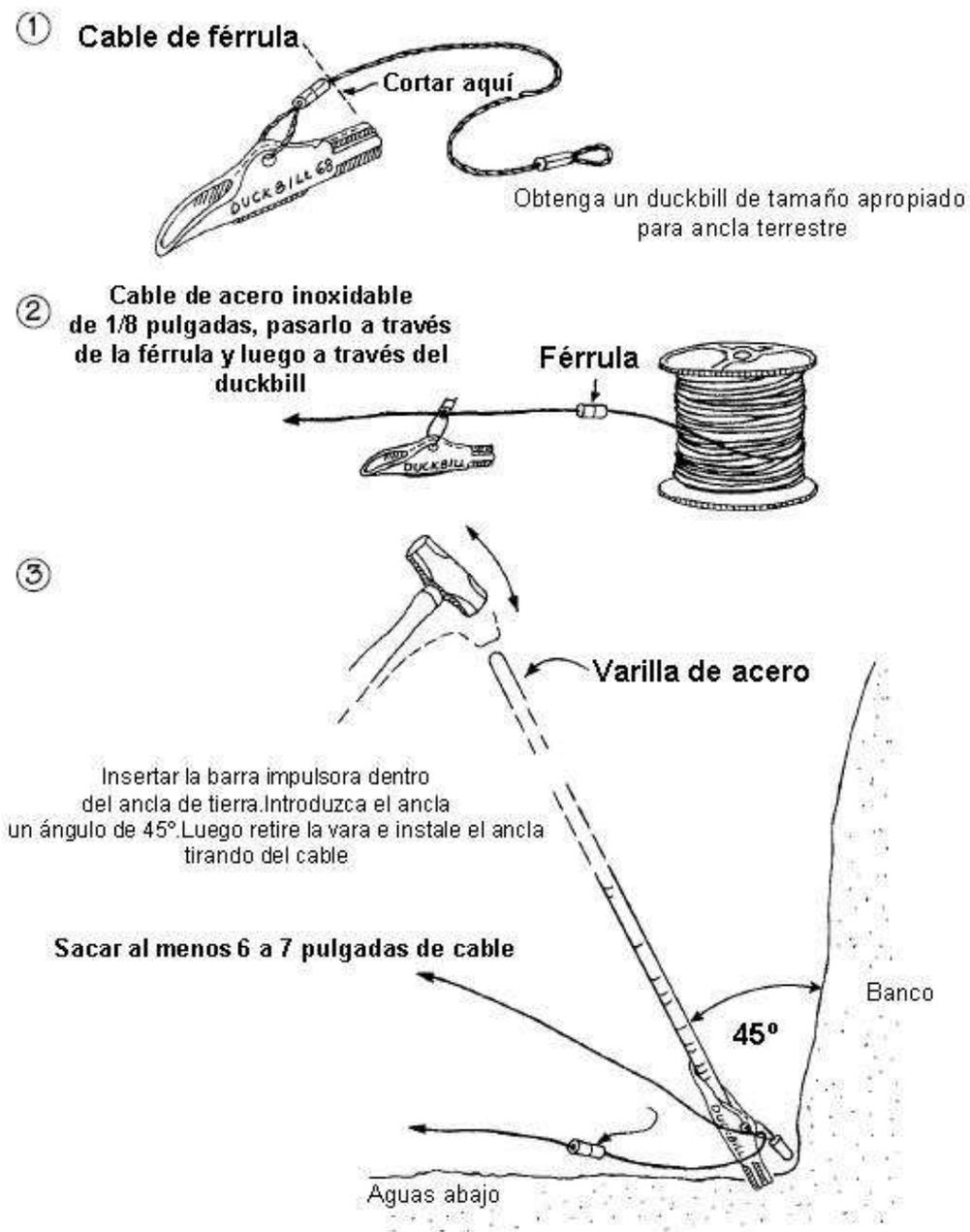


Figura 66: Metodología barrera de árboles, pasos del 1 al 3.

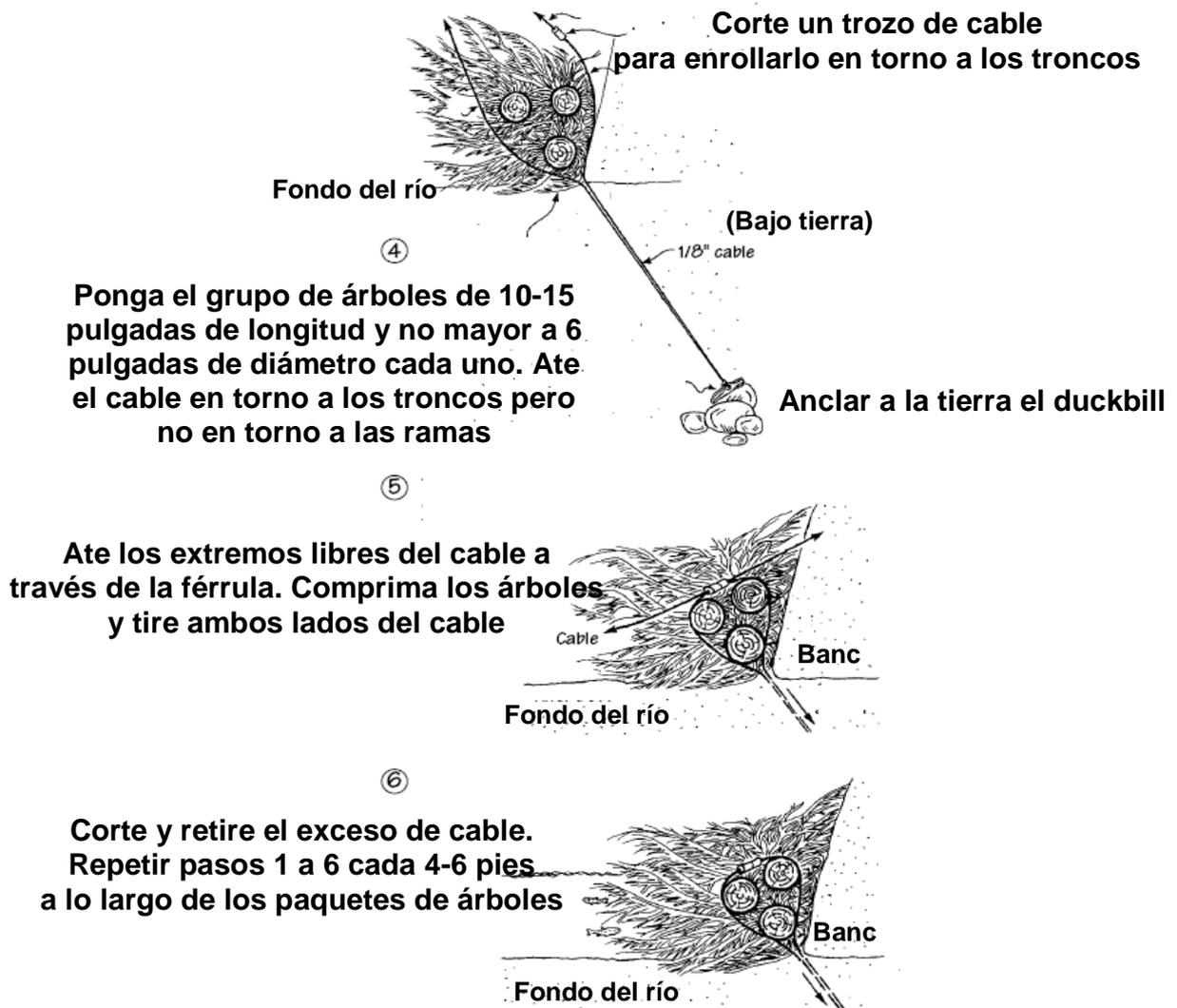


Figura 67: Metodología barrera de árboles, pasos del 4 al 6.

Finalmente se obtiene una imagen similar a la que ilustra la Figura 8.



Figura 68: Técnica aplicada al río Kenai, Alaska.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska, 2005.



Hábitat Homogéneo

Deflectores de corriente

La presente técnica tiene como finalidad cambiar la dirección del flujo del agua con el objetivo de crear pozones, los cuales pueden servir como frezaderos o área de descanso para los peces migratorios. También cumple con el propósito de mejorar los meandros, proteger las orillas, excavar pozas, concentrar las aguas en estiaje o bien crear rápidos, ya que las pozas son importantes como refugios (especialmente con caudales de estiaje) y los rápidos lo son como zonas productoras de alimento para los peces. Por consiguiente la proporción de ambos debe mantenerse, tanto por razones de estabilidad geomorfológica, como por razones biológicas. Son adecuados en zonas donde la orilla del estero es demasiado baja (baja pendiente) o ancha.

Los deflectores no ocupan todo el lecho del río, produciéndose la sedimentación de la materia orgánica al golpear con los bordes del deflector beneficiando la alimentación de los peces.

No provocan alteración a la estética puesto que poseen una apariencia natural, ya que el material de construcción debe ser obtenido en zonas aledañas al estero. Y el costo de la mantención va a depender de la disponibilidad de los materiales, de la accesibilidad al tramo y del tamaño del estero.

Construcción

Los deflectores se construyen fácilmente a partir de materiales como troncos, piedras y gaviones, pero han de ser cuidadosamente instalados para evitar ser erosionados y arrastrados por las crecidas.

Generalmente son diseñados de forma triangular, con su lado de mayor longitud bien anclado en las orillas.

Para determinar el ángulo del deflector se necesitarán los siguientes materiales: dos tablas, un transportador, un derivador de corriente y material de relleno. El relleno estará compuesto por rodados, cuyo tamaño dependerá del tamaño del deflector a construir. Los rodados de mayor tamaño deben ser dispuestos en los extremos del deflector, y los más pequeños en la parte central.

Para una mayor seguridad, los rodados de las capas siguientes se deben disponer de manera tal que encajen en cada espacio libre que quedó de la primera capa (el número de capas va a depender de la corriente y profundidad del estero).

Consideraciones generales para su construcción:

- No deben ser ubicados en áreas de recreación ni en superficies desniveladas.
- Deben poseer una altura mayor a la corriente de agua a fin de desviar el flujo, y su longitud no debe sobrepasar la mitad del ancho del estero. Lo ideal es que la superficie del deflector esté sobre la corriente de estiaje.
- El ángulo que debe tener el deflector de corriente para evitar la erosión de la orilla opuesta, debe ser entre los 45 y 90°, y va a depender de las dimensiones del estero. Mientras mayor sea la velocidad de la corriente, menor es el ángulo.



- Para una mejor estabilidad se deben ubicar grandes rocas en las orillas del triángulo, y al interior, rocas de menor tamaño.
- Se debe evitar la generación de un embalsamiento.
- No son efectivos en fondos rocosos, ni en cuerpos de agua donde haya una alta carga de sedimento.
- Las riberas opuestas a estos deflectores deben ser monitoreadas para asegurarse que no se esté produciendo erosión.
- Para el relleno de los deflectores se sugiere utilizar rodados del mismo lugar de estudio, los cuales deben ser seleccionados de acuerdo a su tamaño.
- La durabilidad de esta estructura va a depender del material utilizado y de la dinámica del estero.
- Para una mayor seguridad a la hora de determinar del lugar de los deflectores de corriente, se sugiere conocer las variables hídricas características de cada especie íctica que se desee proteger.

A nivel general, existen 3 tipos de deflectores de corriente: deflector de un ala, deflector de doble ala y deflector de posición alternada, los cuales son descritos a continuación:

Deflector de un ala

Desvía el flujo de agua hacia la ribera opuesta.

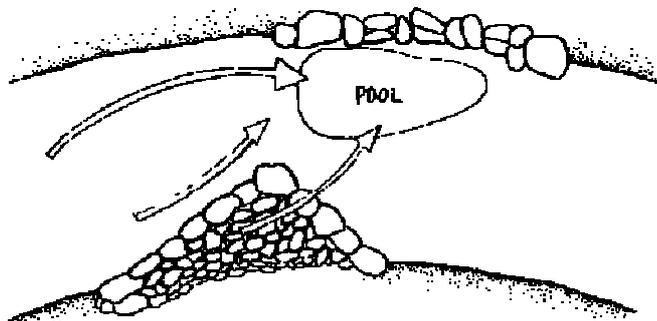


Figura 69: Deflector de un ala.

Fuente: González del Tánago y García de Jalón, 2001.

Construcción:

Se caracteriza por ser una técnica de bajo costo, dependiendo de la disponibilidad de materiales, acceso al sitio y tamaño del estero. Son relativamente fáciles de construir y reemplazar in situ.

Se elaboran a base de rocas, piedras, gaviones, y en algunos casos, estos materiales se protegen mediante una de malla de alambre (Figura 70), o troncos de madera (Figura 71).

Si se construyen base a troncos, éstos deben medir entre 20 -25 cm de diámetro, mientras que los troncos de menor tamaño deben ser anclados a la ribera del estero o atornillados unos con otros , para mayor claridad, observe la Figura 72, la cual ilustra paso a paso la construcción e implementación de un deflector de un ala.



Figura 70: Deflector de corriente de un ala protegido por una malla de alambre.
Fuente: Ontario's Stream Rehabilitation Manual, Ontario Ministry of Natural Resources. 2000.

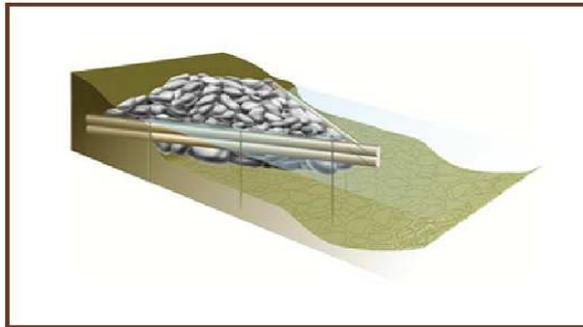


Figura 71: Deflector de corriente de un ala protegido por troncos.
Fuente: Ontario's Stream Rehabilitation Manual, Ontario Ministry of Natural Resources. 2000.

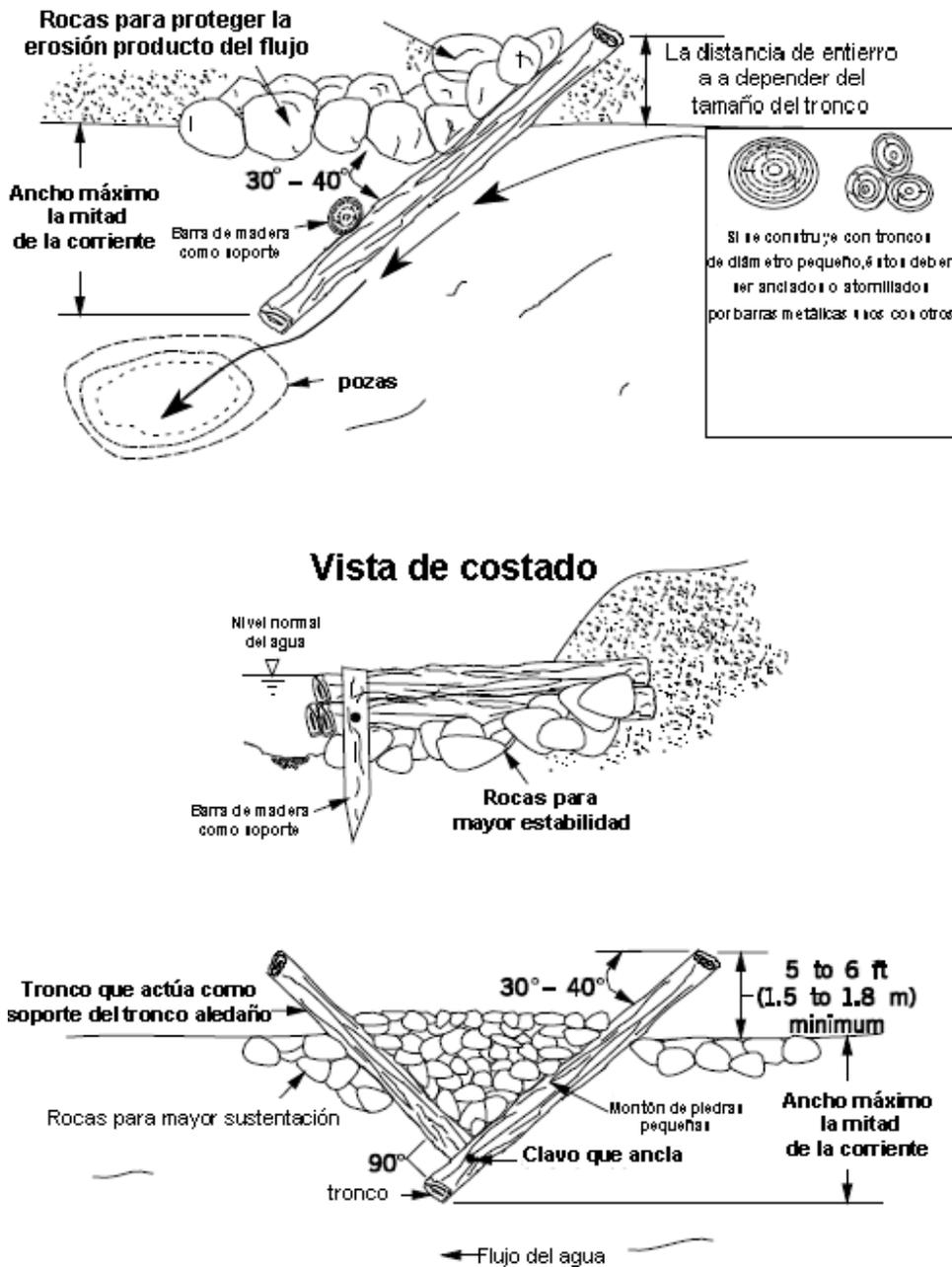


Figura 72: Construcción paso a paso de deflector de un ala.
Fuente: Maryland Department of the Environment. Water Management Administration.

Implementación:

Se propone instalarlo en bancos de arena o planos donde la restauración del hábitat sea necesaria, y en donde exista la posibilidad de desviar la corriente a segmentos estables como gravilla, vegetación, o donde secciones de la ribera opuesta presenten raíces u otro tipo de vegetación que frene el flujo del agua.



En caso contrario, se debe evitar dirigir el flujo de agua en la orilla opuesta, para no erosionarla.

Seguimiento y Evaluación:

Se deben realizar frecuentemente monitoreos y acciones de mantenimiento, sobre todo durante el primer año de implementación, para así asegurar que el deflector esté funcionando correctamente, verificar si se logró una disminución de la erosión y eliminar posibles desechos que estén interfiriendo en la actuación de esta estructura.

Deflector de doble ala

Se caracteriza por desviar la corriente hacia un cauce central, reduciendo la velocidad de la corriente y la erosión, generándose un posón al centro del cuerpo del agua, en dirección aguas abajo, permitiendo el depósito de material orgánico.

Esta técnica no es adecuada para tramos del estero cuyo ancho sea superior a 9 metros, donde la pendiente sea bastante empinada como para la presencia de sólo 1 deflector.

El efecto “rebote” del agua facilita la deposición de piedrecillas aguas arriba, produciéndose un hábitat ideal para la reproducción de los peces.

Construcción

Se instala cada deflector, uno frente al otro.

Para la determinación del ángulo de ambos deflectores, se sugiere ubicar el transportador entre los extremos de dos tablas, el Angulo debe ser entre los 45 y 90°. Para mayor claridad obsérvese la figura 73, en donde se explica paso a paso la construcción del deflector

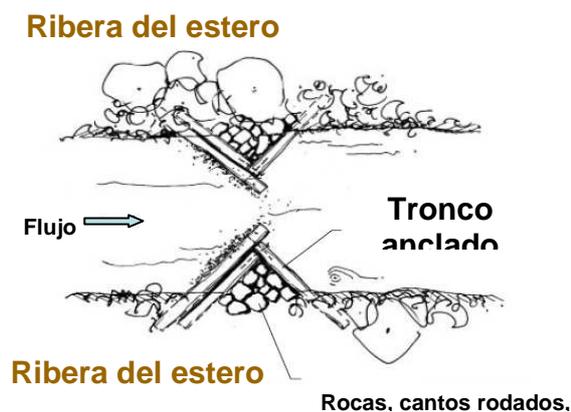


Figura 73: Deflector de doble ala.

Fuente: Stream Habitat Improvement Handbook, USFS; The Restoration of Rivers and Streams, Gore, James A.



Implementación:

Se propone instalarlo en bancos de arena o planos, de baja pendiente, evitando los fondos rocosos.

Deflector de posición alternada

Este tipo de deflector aumenta la velocidad del caudal, creando posones en el cuerpo de agua.

Construcción:

Un deflector debe ubicarse en la ribera norte y otro en la ribera sur, y deben estar espaciados a una distancia igual o mayor al ancho del estero

Implementación

Para la determinación del ángulo de ambos deflectores, se sugiere ubicar el transportador entre los extremos de dos tablas, evitando que sobrepasen los 90°, en caso contrario se producirá una severa erosión en la ribera contraria y no debe ser inferior a los 45° ya que de lo contrario se podría producir un posón al centro del río.

Los deflectores deben ser ubicados en la orilla norte y sur del estero y no sobrepasar la mitad del estero, a fin de evitar erosión en la ribera contraria.

Mejora de la vegetación de orillas

De manera general, el papel de vegetación en la restauración de los ríos se puede resumir de la siguiente forma:

- 1º Mejora del comportamiento hidrológico de la cuenca.
- 2º Control de la influencia de la cuenca
- 3º Estabilización de la forma y trazado del cauce
- 4º Influencia sobre el funcionamiento del ecosistema fluvial.

Esta vegetación representa una zona de amortiguación y filtro de nutrientes provenientes de la escorrentía, desempeñando un importante papel en el aumento de las poblaciones piscícolas. Provee de refugio y alimento de origen terrestre a los peces, estabiliza los taludes de orilla, mantiene las aguas a temperaturas frescas en verano y protege de las heladas invernales. Además controla la forma de la sección transversal del cauce, favoreciendo formas más profundas que tienen una mayor capacidad de refugio.

Cabe destacar que la vegetación por sí sola resulta a veces insuficiente para controlar erosiones en el cauce, y su efecto debe ser reforzado con estructuras como deflectores de corriente para controlar la erosión de márgenes, especialmente en el borde externo.



Aunque en todos los casos debe fomentarse la regeneración natural de la vegetación de las riberas, en determinadas ocasiones resulta conveniente acelerar el desarrollo de esta vegetación y realizar plantaciones de especies que ocupen físicamente el espacio que anteriormente sirvió de sustrato para otra planta.

La revegetación resulta ser una técnica económica con la cual se logra una mejora del hábitat piscícola y un aspecto natural del entorno fluvial. Su realización se fundamenta cuando se quiera ocupar de inmediato el espacio fluvial para evitar que se introduzcan otros usos (paso de vehículos, vertidos de escombros), cuando se quiera realizar alineaciones que remarquen físicamente los límites externos del espacio fluvial para prevenir su ocupación por usos privados o ajenos al río, para dar cohesión a ciertos tramos de orilla que sea necesario estabilizar determinadas estructuras (deflectores de corriente, lunkers)

Una vez realizada la revegetación, se debe mantener un control sobre el crecimiento de esta vegetación, además si se evita un excesivo sombreado del cauce, se permite un cierto desarrollo de macrófitos acuáticas, que proveen refugio para los peces y sustrato para los macroinvertebrados.

Preparación del terreno:

Antes de proceder a la revegetación, el lugar debe presentar ciertas condiciones que faciliten el establecimiento de la vegetación durante los primeros días vegetativos, para esto se aconseja realizar los siguientes pasos:

- Limpieza de las riberas; eliminando basuras, escombros o cualquier tipo de material ajeno al suelo ripario.
- Poda selectiva de especies no deseadas en las riberas.
- Estabilización de los taludes laterales del cauce cuando éstos presenten síntomas de inestabilidad o erosión (desmoronamiento, cárcavas). Cuando se trate de erosiones superficiales, se debe realizar nivelación de la superficie y se logra mediante relleno de piedras o material estable. Para el caso de erosiones más profundas se debe disponer en la base del talud estructuras permeables utilizando piedras grandes y sueltas, gaviones, enrejados de troncos, bloques de cemento u hormigón.
- Previamente a la revegetación es necesario saber los causales de la degradación de la vegetación, tales como: dragados, canalizaciones, pastoreo, quema, presencia de escombros, basura o material arcilloso con alta capacidad de retención del agua, entre otros. Una vez determinado estos causales se procede a controlarlos o eliminarlos.
- Luego, es necesario conocer que tipo de vegetación existía antes o cuales corresponderían a unas condiciones próximas a las naturales. Para ello se deberá recurrir al reconocimiento de la vegetación existente en los tramos del estero que se encuentren en excelente o buena clase de calidad fluvial, o a cuerpos de agua equivalentes o a estudios donde se detalle la vegetación riparia que corresponden a cuerpos de agua de la misma tipología, en cuanto a región



biogeográfica, tamaño y naturaleza geológica de la cuenca vertiente, tipo de régimen de caudales y morfología fluvial.

- Las especies utilizadas para revegetar deben ser nativas y propias del lugar.
- En cuanto a las labores de revegetación, los más efectivos son los estaquillados de mimbres y salicáceas arbóreas (sauces y chopos), y las plantaciones de árboles.
- La revegetación con otra especie va a depender de las condiciones que estas requieran para subsistir, por ejemplo las especies que requieran mayor humedad deben ubicarse lo más cercano al estero. Se aconseja una densidad más elevada en plantaciones cercanas a la orilla del estero y una plantación de mucha menor densidad en los espacios riparios.
- La plantación debe ser diversa y heterogénea, imitando pautas de distribución observadas en tramos cercanos que posean una excelente o buena clase de calidad fluvial
- El hoyo de plantación no debería ser inferior en profundidad a 40 o 50 cm.
- Cuanto menor sea el tamaño de la planta mejor va a ser su arraigo y crecimiento posterior.
- La vegetación riparia debe quedar conectada funcionalmente con el cauce. Debe existir una franja de especies en contacto con las orillas del estero que ofrezca hábitat y refugio para los peces, sombra, materia orgánica etc. Además debe ofrecer un corredor continuo a lo largo de todo el corredor fluvial, ofreciendo siempre un medio continuo, fresco y húmedo para el desplazamiento y dispersión de las especies acuáticas.
- Una vez realizada la revegetación hay que asegurarse de que las plantas estén bien protegidas el tiempo suficiente para que arraiguen bien en la tierra. Para ello se puede cercar la plantación de tal forma que los animales no se puedan acercar.
- El primer riego de implantación es fundamental para aumentar la humedad disponible para la planta y para asegurar el contacto del suelo con la raíz, evitando huecos de aire que puedan provocar su desecación, debiendo realizar una leve compactación manual del suelo una vez colocada la planta.
- Revegetar con vegetación acuática puede provocar un estrechamiento del cauce, con el consiguiente riesgo de inundaciones y contribuir a la contaminación de las aguas por materia orgánica putrescible.
- Control de las escorrentías procedentes de laderas adyacentes mediante el uso de vegetación herbácea de elevada densidad de cubierta y resistencia al paso de las aguas.
- Para el caso de la revegetación con especies herbáceas se utiliza la siembra directa ya que su germinación es rápida y puede iniciarse su cobertura antes de que el suelo llegue a desecarse.



La distribución de las semillas se realiza manualmente, cubriéndola por una capa de tierra para evitar se sean sustraídas animales granívoros. En algunas ocasiones, cuando la talud es pronunciada, esta siembra es protegida por una malla biodegradable la cual sujeta firmemente el suelo permitiendo el desarrollo de la cubierta herbácea a través de las aperturas de la malla.

- Es necesario realizar un seguimiento de la plantación para ver si se desarrolla adecuadamente, especialmente en las primeras etapas, siendo necesario determinar el estado de la plantación y la necesidad de restituir las plantas que no hubieran germinado.
- Con mucha frecuencia en la ribera de los ríos es necesario disponer estructuras mixtas de materiales inertes (estacas, piedras, gabiones) y vegetación, cuyo efecto combinado asegura de forma más completa la estabilización del talud y la resistencia del suelo a la fuerza de transporte de la corriente, desde el primer momento de su instalación. Entre ambos tipos de materiales se va acumulando gradualmente un suelo de relleno ajeno a la estructura inicial, que va consolidando todo el conjunto y favorece notablemente el desarrollo de los materiales vivos inertes iniciales, y el de otras especies colonizadoras posteriores.

Para comprender las ilustraciones que aparecerán más abajo se definirán a algunos de los términos utilizados:

- Faginas y rulos de faginas: Las faginas son grupos de estaquillas lo menos ramificadas posible y atadas con alambre. Se ponen en la orilla de tal forma que las partes que deban enraizar estén en contacto con el suelo fuera del agua. Los rulos de faginas son estructuras cilíndricas de unos 4 a 20 m de longitud y nos 10 a 40 centímetros de diámetro. Los rulos se rellenan y se cubren con tierra para disminuir la desecación.

- Los anclajes: son varas de sauce de 2-3 años y de una longitud de 4,5 a 2m, separadas paralelamente de 1 a 5 cm y dispuestas perpendicularmente a la dirección de la corriente o en dirección inclinada hacia aguas abajo. La base de las varas se introduce en una zanja longitudinal a 15 cm de profundidad y tras colocarla se cierra la zanja. Las varas de sauce extendidas en el suelo se fijan con alambre, con faginas o bien con una estera de sauces. Se ponen estacas de 60 cm a 1 metro para fijar el alambre y para anclar al suelo las esteras de sauce, clavándolas en la tierra antes de instalar las varas de manera que todavía emerjan 10-20cm. Después de colocar las varas, las estacas se unen entre ellas con alambre (hilo galvanizado) y se clavan de nuevo hasta que la capa de varas esté totalmente fijada al suelo. Finalmente todo el anclaje se cubre ligeramente con tierra, de tal manera que las ramas queden tendidas en la tierra pero no del todo recubiertas.

A continuación se muestran las prácticas de bioingeniería extraídas de la Guía Metodológica para la elaboración de proyectosn2007, elaborada por González del Tánago, Marta y García de Jalón, Diego

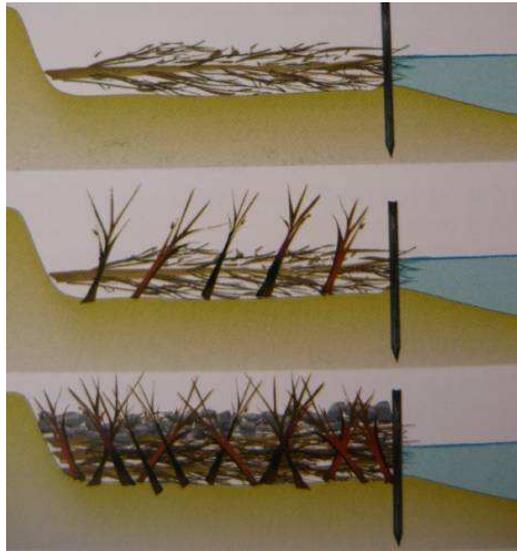


Figura 74: Plantaciones de ramas de sauces en diferentes posiciones para estabilizar la orilla.

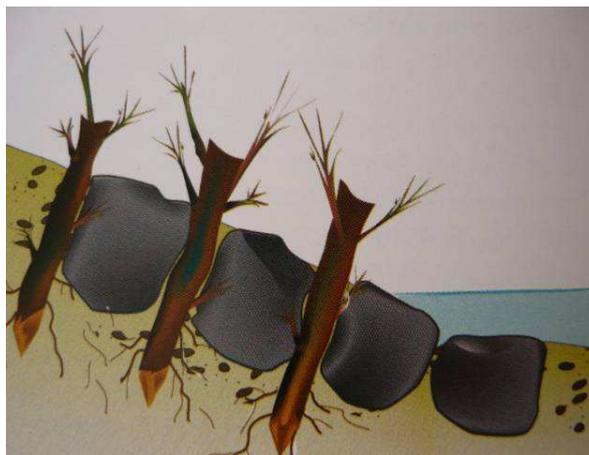


Figura 75: Colocación de escollera en la base del talud del cauce, y estaquillado con ramas de sauce.



Figura 76: Barreras formando una estructura de troncos dispuestos sobre el talud y anclados con ramas de sauces vivos introducidos en el suelo, sobre una base de piedras que da estabilidad a todo el conjunto.

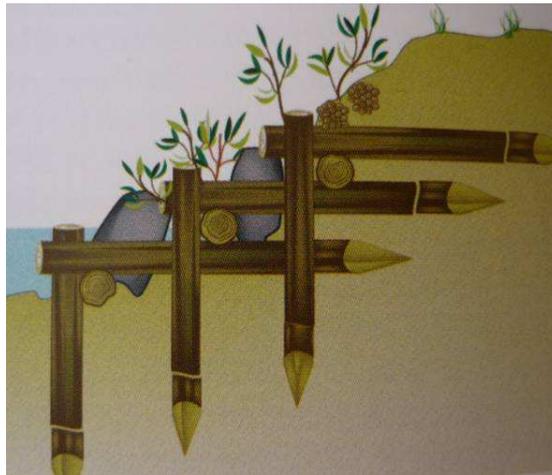


Figura 77: Estructuras combinadas con piedras en la base del talud, y un entramado de troncos verticales y horizontales sobre los que se colocan las estacas del sauce, apropiadas para taludes de elevada pendiente.

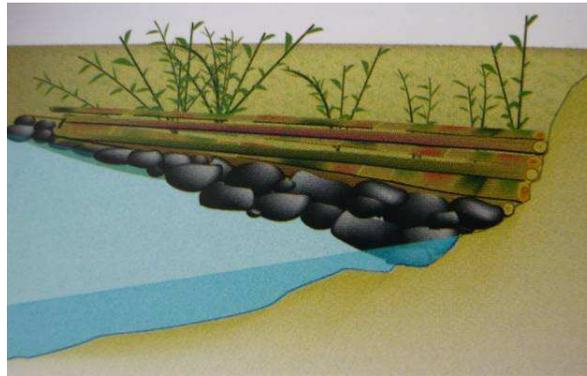


Figura 78: Faginas de ramas de sauces sueltas, sobre una base de escollera situada en la parte inferior del talud del cauce. Las faginas también se pueden entrecruzar con troncos verticales, formando barreras.

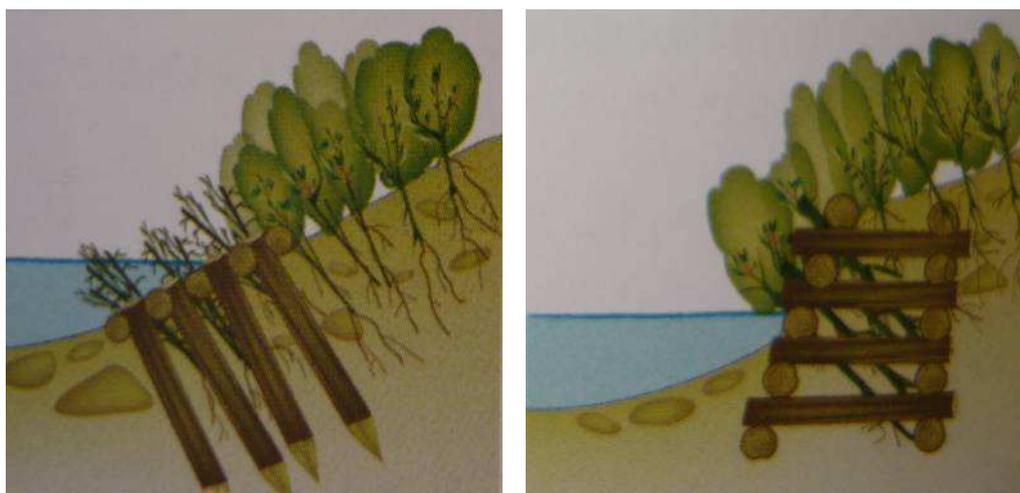


Figura 79: Estructuras combinadas para taludes de mayor pendiente, ofreciendo una mayor resistencia a la erosión de la corriente.



Seguimiento de las mejoras: Deflectores de Corriente y Mejora de la vegetación de orillas

Luego de haber implementado las medidas de mejora, el siguiente paso consiste en el seguimiento y evaluación de los resultados, el mantenimiento de las obras así como la detección y consiguiente corrección de errores.

Para esto se sugiere realizar los monitoreos señalados en este Software (hídricos, físicos y químicos y muestreo íctico).

Es importante señalar que la respuesta de las poblaciones piscícolas a los cambios de mejora en su hábitat puede retrasarse varias generaciones de peces, y además los reajustes geomorfológicos pueden prolongarse por el tiempo. Para tener una idea clara de los efectos en los peces, conviene esperar al menos cuatro años para realizar dicha evaluación.

Pasarelas elevadas

Este tipo de pasarelas proporciona acceso al estero, al mismo tiempo que protege al hábitat ripario, debido a que permite un contacto más cercano entre el visitante y el estero, reduciendo el pisoteo y compactación de la vegetación. Al ser elevadas no impide el paso de la luz solar, por lo que la vegetación de orilla puede crecer sin inconvenientes.

Esta técnica resulta ser moderadamente costosa, requiere mantención y en algunos casos se puede requerir el uso de maquinaria pesada.

Construcción:

La construcción de esta pasarela no debe afectar la estética del estero, por el contrario, debe ser construida con material lo más amigable con el medio ambiente, en lo posible con madera o fibra de vidrio y metal (evitando el cemento).

Deben ser construidas e instaladas de manera tal que permitan que la vegetación del estero crezca lo menos perturbada, para esto se recomienda que la base actúe como una especie de reja (Figura 81). Estas pasarelas pueden ser ubicadas sobre soportes en el suelo, tales como trípodes (Figura 80).

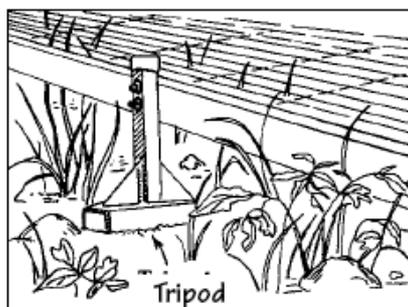


Figura 80: Tripode.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (2005).

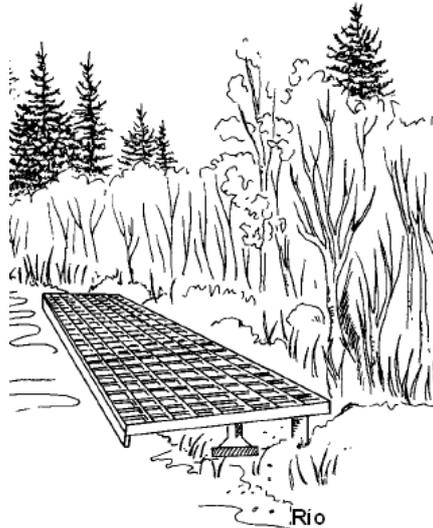


Figura 81: Pasarela.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (2005).

Implementación

Realizar una limpieza del lugar, extrayendo aquellos materiales o sustrato que impiden una correcta nivelación e instalación de la estructura. La pasarela deberá ubicarse a orillas del estero.

Ya que la condición del estero en este tramo es pobre, se descarta la opción de adicionar escaleras que permitan el acceso directo al estero, por lo que estas pasarelas deben ir acompañadas de barandas. No obstante lo anterior, se pueden construir asientos de madera para la comodidad de los visitantes (Figura 82) y papeleros cercanos.

Conjuntamente se sugiere la instalación de una señalética la cual indique que el presente tramo se encuentra con una calidad de clase fluvial pobre, y que existencia de esta pasarela se debe a la necesidad de proteger al estero, y/o a los trabajos de restauración que pudiesen existir.

Un detalle importantísimo a la hora de construir estas pasarelas, es tener en cuenta el nivel del agua durante las crecidas, así evitar el deterioro de la pasarela.

Como resultado final, se obtiene una disminución de la degradación (compactación) de la vegetación riparia producto del caminar de los visitantes.

Cabe destacar que la construcción de esta pasarela se fundamenta y fortalece, cuando en aquel tramo del estero existan proyectos de restauración fluvial tales como: LUNKERS, deflectores de corriente y revegetación de orillas, actuando como estructura protectora de estas acciones.

A continuación se muestran fotográficas de la pasarela ubicada en el río Kenai, Alaska.



Figura 82: Pasarelas con señaletica.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (2005).

Hábitat relativamente heterogéneo

A la hora de establecer la ubicación de la técnica de restauración, es indispensable tener conocimiento sobre el caudal o velocidad de la corriente del estero. Puesto que existen medidas de restauración que no son recomendadas para tramos del estero de alta velocidad.

Lunkers

Los LUNKERS son estructuras de madera de forma cuadrícula (Figura 83). Su objetivo principal es sustituir el área erosionada en la que se encuentra la fauna íctica, proporcionando un nuevo hábitat para su alimentación, reproducción y como zona de desove.



Figura 83: Estructura de un Lunkers.

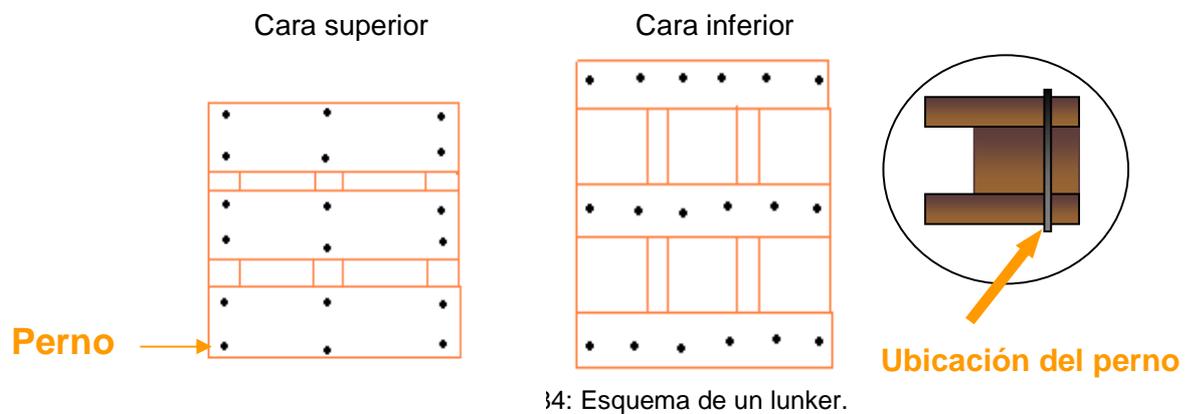
Construcción



Su elaboración puede ser a base de madera de Cedro, puesto que presenta una alta resistencia a ambientes acuáticos (García de Jalón & González de Tánago, 2001), o Pino (*Pinus radiata*) por ser más económico y abundante.

Pequeños bloques de tronco son utilizados como espaciadores. Tanto en la parte superior como inferior de los bloques, se clavan las tablas de manera perpendicular a la corriente y sobre éstas se clavan otra serie de tablas que irán paralelas a la corriente. Se recomienda que para evitar la descomposición de la madera, ésta se selle con líquido impermeabilizante.

La estructura final se asemeja a una jaula, la cual puede ser transportada manualmente a la orilla del estero con la ayuda de otra persona.



Implementación

Una vez concluida la etapa de elaboración, se debe realizar la extracción de material o sustrato (vegetación, piedras) que impiden una correcta nivelación de la estructura.

El LUNKERS deberá ubicarse en las orilla del estero y quedar completamente sumergido bajo el agua (Figura 85). Una vez inserto, se procede a cubrir la estructura, primero con rocas grandes (bolones), de preferencia planas, y luego con rocas de menor tamaño, lo correcto sería que las rocas queden al nivel del agua (Figura 86).

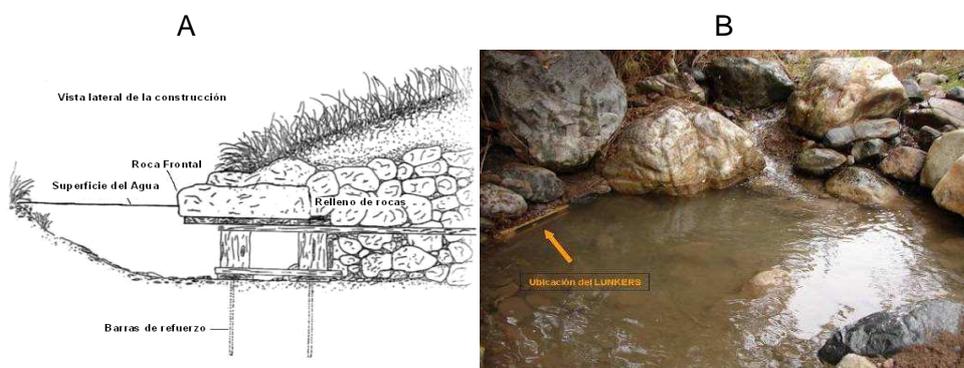


Figura 85: (A) Vista lateral de la construcción de un LUNKER y (B) Ubicación del LUNKERS.



Ubicación del Lunkers



Figura 86: Capa de bolones sobre el Lunkers.

Posteriormente, se ancla pasando barras reforzadas a través de agujeros pre-perforados para luego ser enterrados en el fondo del lecho, y así lograr una sustentación adecuada (Figura 4).



Figura 87: Instalación de barras de refuerzo.

Como último paso se dispone sobre el LUNKERS, tierra compacta y se cubre con vegetación propia de la ribera (Figura 88). Cabe destacar que las rocas deben provenir preferentemente de la misma zona de estudio y utilizar vegetación nativa, propia de la zona, a fin de disminuir el daño al medio ambiente.



Figura 88: Plantación con vegetación de ribera propia del lugar



El resultado final genera que la corriente fluya a través del Lunkers, impidiendo la deposición de fango en la parte inferior los espacios, además que los espacios generados por los bloques de tronco y las tablas en la parte superior e inferior bloquean la corriente lo suficiente como para proporcionar varios sitios de descanso, reproducción y alimentación.

Seguimiento y Evaluación

Luego de haber implementado la estructura Lunkers, el siguiente paso será realizar un seguimiento y evaluación del cumplimiento de los objetivos planteados. Para esto se recomienda realizar muestreos ícticos durante todas las estaciones del año, y verificar si hubo un aumento en la abundancia de peces. Si los resultados son negativos, se debe detectar si se debe a una falla de la estructura o problemas con el hábitat. Para el primer caso, se debe realizar cada cierto tiempo un mantenimiento de la estructura, si es posible cambiarla por una nueva o volver a aplicarle líquido impermeabilizante. Mientras que para el segundo caso sugiere realizar mediciones, con el fin de comparar ambas situaciones. Hay que tener en cuenta que la respuesta de los peces frente a los cambios de mejora en su hábitat puede retrasarse varias generaciones, en tanto que los reajustes geomorfológicos pueden también prolongarse en el tiempo.

Hábitat heterogéneo

Realizar acciones que tengan como objetivo la protección y/o conservación del hábitat fluvial en este tramo del estero, a fin de prevenir su deterioro.

Al ser el estero El Culebrón, un cuerpo de agua poco urbanizado en las zona media alta, su gestión debe tender a que dichas acciones sean mínimas y que sea el propio funcionamiento hidrológico del estero el que controle y mantenga la capacidad de desagüe del cauce y el crecimiento de la vegetación, a través del paso periódico de avenidas de diferente magnitud.

En los casos en los que finalmente sea necesario realizar una limpieza de la vegetación interior del cauce, ésta debe ser hecha en la época en que no se afecte la nidificación o puesta de las especies presentes. De realizarse de forma selectiva, manualmente o con maquinaria apropiada, y por personas especializadas en el tema, y evitando siempre el aporte de herbicidas o productos químicos que supongan el deterioro del ecosistema fluvial

Para complementar las acciones descritas anteriormente, se propone realizar monitoreos hidrológicos, físicos y químicos, muestreos de peces y construir señalética informativa.

Señalética

Debe contener información sobre la importancia de proteger la zona ribereña, su objetivo es educar a los visitantes sobre el rol que cumple ésta en el hábitat de los peces y la vida silvestre. Además se debe informar que en este tramo, el río cuenta con un hábitat heterogéneo, el cual permite albergar en perfectas condiciones a la fauna de peces.



Destacar, mediante fotografía, las especies de peces nativas que comúnmente habitan en esa zona. Mediante esta medida, se contribuye a proteger y evitar una mayor degradación de la zona.

Construcción

La señalética puede construirse a partir de madera, metal o plástico, a modo de ejemplo, a continuación ilustran una serie de diseños:



Figura 89: Señalética a partir de madera.

Fuente: StreamBank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (2005).



Figura 90: Señalética construida de metal.

Fuente: Department of Environment, Parks, Heritage and the Arts. Disponible en <http://www.environment.tas.gov.au>



Figura 91: Señalética de monitoreo de aguas.

Fuente: Surfrider Foundation. Disponible en <http://www.surfrider.org>



Implementación

Una vez construida, ésta deberá ser situada fijamente, en una zona donde no existan problemas de desnivel o crecidas, y a simple vista de los visitantes. En algunos sitios, esta señalética puede informar a la gente sobre la importancia de proteger este tramo del estero, y/o prohibir el acceso a bañistas y la realización de picnic o campings, en complemento a la instalación de cercas.



Criterios para determinar el éxito de la restauración

Los criterios generales para comprobar si la restauración se ha completado con éxito son (Ewel, 1987):

1. Sustentabilidad de la comunidad reconstruida, se refiere a la capacidad de la comunidad para perpetuarse a sí misma y establecerse en el área restaurada a lo largo del tiempo, sin requerir de la intervención del hombre.
2. Susceptibilidad a la invasión de especies o invasibilidad, que involucra la resistencia del nuevo sistema a la llegada y propagación descontrolada de especies exóticas o provenientes de la misma comunidad.
3. Productividad, el sistema restaurado debe ser tan productivo como el original.
4. Retención de nutrientes, es decir, si una proporción adecuada de los nutrientes producidos por la comunidad es retenida dentro del sistema y éstos no se pierden a lo largo del tiempo. Si el flujo de nutrientes en el sistema final es inferior al existente en el original, la restauración no ha sido adecuada.
5. Interacciones biológicas, deben ser similares dentro de la comunidad restaurada respecto de la del ecosistema original. En la práctica, estas interacciones constituyen un buen indicador cuando faltan en el sistema.

Sin embargo, estos no son fáciles de llevar a la práctica, debido a la dificultad que plantea su medición, por ejemplo las interacciones biológicas, la productividad o producción neta. Tampoco existe un criterio general aplicable a diferentes tipos de ecosistemas que nos permita medir cuantitativamente hasta cuánto se ha restaurado (Junta de Andalucía).

Es por ello que para determinar el éxito del plan de restauración se establece lo siguiente:

1. Disminución de sedimentos dentro del estero.
2. Mejora de la calidad del hábitat fluvial.
3. Los dos criterios anteriores permitirán mejorar los valores establecidos por el índice biótico de familia.
4. Mejora en los valores de bosque de ribera.
5. Aumento o mantención de poblaciones de aves y peces.
6. Mejoras en las coberturas vegetacionales.
7. Mayor resistencia a la entrada de especies exóticas.



Conclusiones

De acuerdo al tiempo de aplicación de las distintas medidas es posible reconocer la siguiente temporalidad en su aplicación y seguimiento:

Tabla 48: Resumen de aplicación de medidas.

Medidas	Aplicación temporal
Limpieza	Corto plazo
Generación de hábitats	Mediano largo plazo
Mejora de calidad fluvial	Mediano largo plazo
Mejora del paisaje	Largo plazo

En el caso de las medidas de restauración fluvial estas son más diversas y permitirán recuperar y generar hábitats para peces y macroinvertebrados, los que a su vez serán alimento de las aves piscívoras o insectívoras. Las medidas de revegetación y control de la vegetación también recuperarán hábitat de especies que antes se encontraban ocupados por el hombre o que se encontraban con un alto grado de alteración.

Se cree que la disminución en cuanto a la carga de sedimentos y nutrientes, traerá consigo mejoras aguas abajo, mejorando la calidad de agua, disminuyendo el proceso de eutrofización, y disminuyendo las coberturas de algunas especies vegetales, como el Jacinto de agua y las totoras.



Capítulo 6

Objetivo N° 6

Realizar una estimación de los costos asociados a la implementación de las medidas de restauración propuestas.

Para el cumplimiento del objetivo N° 6, se describe la siguiente actividad.

Actividad N° 1

“Establecer los costos estimados asociados a cada actividad, desglosados separadamente para cada área crítica reconocida. Esto con la finalidad de planificar la implementación de las actividades en el corto plazo.”

Se establecerán los costos estimados para cada medida propuesta descrita en el capítulo anterior, y complementariamente cada tabla desglosará los costos aproximados para cada acción de restauración, con lo cual permitirá apoyar la toma de decisiones sobre las acciones de restauración que serán ejecutadas.

Los costos estimados, además, serán evaluados en base al gasto de recursos humanos, materiales y los costos asociados al seguimiento y evaluación de la efectividad de cada acción, por lo cual son relacionados a las medidas de corto, mediano y largo plazo.



Tabla 49: Costos asociados a medidas de mejoras.

Costos Limpieza de residuos sólidos	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 4.838.400
Maquinaria	\$ 15.030.000
Costos Asociados	\$ 2.520.000
Total	\$ 22.388.400
Limpieza de residuos sólidos presentes en el cauce	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 268.800
Maquinaria	\$ 168.000
Costos Asociados	\$ 24.000
Total	\$ 460.800
Limpieza de residuos peligrosos	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 115.200
Maquinaria	\$ 48.000
Costos Asociados	\$ 24.000
Total	\$ 187.200
Este ítem tendrá costos complementarios a la empresa especializada en retiro de residuos peligroso	
Limpieza de pasivos mineros	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 806.400
Maquinaria	\$ 5.328.000
Costos Asociados	\$ 504.000
Total	\$ 6.638.400
Eliminación de elementos antrópicos	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 321.600
Maquinaria	\$ 240.000
Costos Asociados	\$ 120.000
Total	\$ 681.600
Mejora Cobertura Vegetal	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 528.000
Maquinaria	\$ 10.200.000
Costos Asociados	\$ 960.000
Total	\$ 11.688.000



Control de erosión	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 5.400.000
Maquinaria	\$ 19.488.000
Costos Asociados	\$ 360.000
Total	\$ 25.248.000
Control de especies vegetales	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 2.071.200
Maquinaria	\$ 5.400.000
Costos Asociados	\$ 2.400.000
Total	\$ 9.871.200
Los costos asociados a la mantención de área estudiada, disminuirán significativamente en un 50% del costo inicial	
Recuperación de zona agrícola	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 134.400
Maquinaria	\$ 628.320
Costos Asociados	\$ 120.000
Total	\$ 882.720
Generación de Hábitats de aves	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 1.612.800
Maquinaria	\$ 1.256.640
Costos Asociados	\$ 480.000
Total	\$ 3.349.440
Control de erosión en dunas para protección de estructuras viales	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 134.000
Maquinaria	\$ 996.000
Costos Asociados	\$ 120.000
Total	\$ 1.250.000
Control de sedimentos	
Cuadrilla de trabajadores	\$ 4.200.000
Maquinaria	\$ 18.000.000
Costos mantención	\$ 3.000.000
Costos Asociados	\$ 1.800.000
Total	\$ 27.000.000



Desviación aguas lluvias	
Total	\$ 20.000.000
Total medidas	\$ 129.645.760

Dentro de los costos asociados al programa de restauración se incluye la pantalla vegetacional y la armonización del entorno.

Tabla 50: Costos asociados al programa de restauración.

Programa de restauración	
Limpieza de riberas	
Arriendo de maquinaria	\$ 922.784
Insumos	\$ 437.692
Equipamiento personal	\$ 1.348.180
Total	\$ 2.778.656
Implementación restauración	
Arriendo de maquinaria	\$ 2.343.930
Construcción de artefactos	\$ 9.100.000
Total	\$ 11.443.930
Habilitación del humedal	
Corrección del humedal	\$ 4.997.070
Insumos	\$ 969.132
Total	\$ 5.966.202
Pasarela ribereña	
Construcción de pasarela	\$ 7.047.330
Total	\$ 7.047.330
Dotación de personal	
Total	\$ 18.443.415
Total programa	\$ 45.679.533

Restaurar el humedal El Culebrón tendría un costo total aproximado de \$ 175.325.295.-

Se incluye también los costos asociados al programa de monitoreo descrito en el capítulo 4, considera un monitoreo de 3 días cada 3 meses, las que deben ser realizadas en cada estación del año.

Tabla 51: Costos anuales asociados al programa de monitoreo.

Programa de monitoreo	
Total Honorarios	181 UF + más impuesto
Costos asociados	20 UF
Análisis de muestras agua salobre	10 UF +IVA
Análisis de muestras agua dulce	4,4 UF + IVA
Total	215 UF + más impuestos



Recomendaciones finales

Es necesario considerar una serie de medidas adicionales complementarias a las propuestas y que dependen directamente de las autoridades.

El control de la extracción de aguas dentro de la cuenca es fundamental para mantener las características del humedal, solo manteniendo un caudal mínimo se puede asegurar el buen funcionamiento del sistema. Se recomienda establecer un caudal ecológico que asegure la cantidad de agua necesaria para mantener sano al sistema natural.

En cuanto a la presencia de residuos, se requiere de un seguimiento periódico por parte de las autoridades con la finalidad de evitar nuevos vertidos de residuos y realizar limpiezas periódicas que permitirán ahorrar dinero y tiempo.

La educación ambiental y valoración del patrimonio ambiental de vital importancia para poder lograr los objetivos de protección, cuidado y conservación. La población usualmente tiene malas practicas porque desconoce las especies de flora y fauna que allí están presente y la importancia de estos mismos dentro de los ecosistemas. Solo el acercar la naturaleza a las personas podrá generar un sentido de pertenencia, entiendo a este humedal urbano como propio y como legado histórico y natural de la ciudad.

Se debe realizar un control de especies indeseados de fauna, como lo son los perros vagos, debido a que estos depredan a las aves, en la serie de visitas realizadas al humedal fue posible observar jaurías de perros cazando aves. También, aplicar un control de aves domesticas, como el ganso, que es posible observarlo en la laguna y en el brazo oeste. El control se debe realizar periódicamente o sino los esfuerzos serán en vano.

Es necesario que las autoridades establezcan la prohibición del vertido de escombros y de residuos sólidos en cualquier punto dentro de la cuenca, esto debido al riesgo de mantener desechos dentro de un área susceptible de sufrir inundaciones, con el consecuente arrastre y daño a estructuras viales aguas abajo. Además, la medida disminuiría notablemente el riesgo sanitario que genera su presencia, evitando la llegada de vectores de enfermedades y eliminando las condiciones de insalubridad y malos olores. También, mejora la percepción que tiene el visitante con respecto al cuidado y limpieza de la ciudad.

Con respecto al tramo de la desembocadura que cruza paralelamente por Playa Changa, este se ha convertido en un ecosistema valioso, que no debe ser alterado e incluso protegido de las perturbaciones que pudiesen provocar las personas. Por ningún motivo se debe alterar su trazado, primero, por el daño generado sobre el ecosistema por la pérdida de una gran superficie húmeda, hábitat de varias especies residentes y visitantes, y segundo porque el estero siempre buscara su trazado original, es decir la llegada al mar en el extremo oeste de la bahía.

La medida más importante de restauración del humedal corresponde a devolver al humedal la desembocadura que perdió en el extremo oeste de la bahía, el sólo hecho de rehabilitar la antigua descarga traerá consigo mejoras significativas. La dificultad de realizar esta medida, radica en los altos costos en los que se debiese incurrir para realizar la acción como la modificación del proyecto avenida



Costanera, con el levantamiento de un puente o la habilitación de otro tipo de obra de arte que permita al cauce recuperar su morfología.

Se reconoce que la comuna de Coquimbo posee un valioso patrimonio natural en su red de humedal, sobre todo porque se encuentran en una región semi-árida, donde las zonas húmedas son escasas. Es por ello que se debe contar con un estrategia comunal de conservación de humedales, las que permitirían evitar situaciones de desvalorización de estos espacios naturales como queda de manifiesto en el Plan Regulador Comunal de Coquimbo y la ubicación de la zona de crecimiento urbano dentro de una punto de importancia biológica importante dentro del contexto regional (humedal El Culebrón) e incluso mundial si consideramos que la zona central del país es considera un HotSpot de conservación biológica, es decir un punto crítico de conservación debido al alto número de endemismo de sus especies. Si bien se reconoce el aporte de protección indirecta al espacio natural que generó el PRCC en las unidades San Martín y Santa Filomena, al definir las como zona de riesgo de inundación, es posible establecer este mismo tipo de protección indirecta en la unidad El Culebrón, considerando las zonas de inundación lateral.

Además, la Municipalidad debe contar con una política que permita establecer ordenanzas tendientes a mejorar o resguardar la calidad ambiental de sus humedales.

Por último, si se quiere alcanzar una protección y cuidado efectiva de este espacio es necesario considerar la búsqueda de medidas oficiales tendientes a lograr este fin, como pudiese ser el estatus, por ejemplo, de Santuario de la Naturaleza, quedando bajo el alero de CONAF, e incluso la Municipalidad pudiese declararla zona de protección ecológica y crear un estatus de protección de "Humedal Urbano", definiendo para ello una administración pública o privada.



Conclusión

El Humedal El Culebrón, inserto completamente en el sistema urbano de la ciudad de Coquimbo, rodeado de construcciones, fragmentado su hábitat por el paso de redes viales de importancia, y parte de su superficie convertida en un vertedero, lo hace ver como una zona sin valor, generadora de enfermedades y malos olores, se encuentra hoy en un serio peligro de desaparecer sobre todo por la falta de conocimiento en cuanto a este tipo de ecosistemas y su importancia ecológica, a nivel nacional e internacional .

Impactos sobre la superficie del humedal como el crecimiento urbano o la presencia de rellenos hacen que cada día, el humedal pierda valor y su capacidad de regenerarse, transformándose en un ecosistema frágil, incapaz de resistir a los impactos antrópicos y de albergar una alta biodiversidad. Preocupante es considerar gran parte de su superficie como un área de expansión urbana, que eliminará sus riberas o áreas de amortiguación de crecidas, las que serán cambiadas por gaviones que canalizarán el sistema natural, el que al final será eliminado del paisaje de la ciudad.

Los impactos sobre su calidad de agua también han sido graves y han modificado fuertemente el funcionamiento de los hábitats acuáticas, arrastrando una alta carga de nutrientes y sedimentos que agotan el oxígeno disponible para las especies acuáticas, además de una alta sedimentación que permite la colonización de especies helófitas que modifican el flujo del agua junto con su sección. De todas formas este último aspecto no es del todo negativo, ya que genera refugio y sitios de nidificación para muchas especies de aves, mamíferos, e insectos.

Impactos naturales graves también se han presentado, como la presencia de *Eichornia crassipes* especie de rápido crecimiento que afecta los procesos de fotosíntesis al impedir la entrada de luz al agua y acelera procesos de sedimentación, con la consiguiente colmatación del laguna.

Con un crecimiento de la población proyectado para el año 2020, la ciudad de Coquimbo contará con 255. 000 habitantes, lo que aumentará la presión sobre los espacios naturales, poniendo en riesgo la existencia del humedal. Existe la opción de entregar un espacio público de calidad para la población la que cada año exige del cuidado de espacios naturales donde realizar actividades de descanso y recreación, es aquí donde las autoridades tienen la posibilidad de contar con un espacio natural único en la región, que puede entregar a la ciudad un estatus de una ciudad que respeta sus recursos y patrimonio natural conservando, un ecosistema que en otras circunstancias sería destruido con la finalidad de transformarse en un área urbanizada.

Se hace necesario recordar que la bahía de Coquimbo contaba con un humedal que cubría toda la línea de costa, es decir una longitud de 18 km, las que se han sido cambiadas por un uso agrícola y turístico, y los únicos espacios naturales que han sobrevivido hasta hoy es Laguna Saladita, la desembocadura del río Elqui y el Estero El Culebrón. Es por ello que se debe reconocer la importancia de estos espacios, que son vestigios de un sistema natural complejo y extenso, además de formar parte de una red de humedales que representan lugares de descanso y alimentación para de aves migratorias.



Junto con el programa y medidas de restauración se ha incluido un programa de monitoreo de bajo costo que permita su implementación y asegure su funcionamiento en el tiempo. Este realizará un seguimiento a las variables más importantes que definen la calidad natural del estero.

En cuanto a las medidas de restauración, estas por si solas no lograrán recuperar el humedal, lo que estas buscas es ayudar al humedal a restablecer su calidad y que este ultimo por si mismo genere su condición natural que le permita a través de la “estabilidad” de su ecosistema afrontar los impactos antrópicos de la mejor forma.

El humedal presenta un gran potencial para una variedad de actividades, que con iniciativas como estas le devuelve el valor y reconocimiento que merece por parte de la ciudadanía. Las mismas autoridades pueden potenciar la imagen de una ciudad respetuosa con el medio ambiente, que invierte en conservar y recuperar un área natural que es reconocida a nivel regional como un sitio prioritario de conservación.



Bibliografía Consultada

- AC Ingenieros Consultores S.A. 1998. Control y evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos IV Región. Estudio y Modelo Hidrogeológico Valle Pan de Azúcar.
- Alaska Department of Fish and Game, División of Sport Fish. 2005. Streambank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska.
- Araya, B. & G. Millie. 1992. Guía de Campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria.
- Araya, B., M. Bernal, R. Schlatter & M. Salaberry. 1995. Lista Patrón de Aves Chilenas. Editorial Universitaria.
- Aron, A; Maureira, H & Tabilo, L. 1999. Coquimbo. Construcción y Pavimentación Avenida Costanera, Peñuelas Norte – Merino Jarpa. Capítulo 5: Línea Base. Para Ilustre Municipalidad de Coquimbo.
- Campos C., H. Valdivia. 1996. Mamíferos Terrestres de Chile: Guía de Reconocimiento. Marisa Cuneo Ediciones.
- Centro de Ecología Aplicada Ltda. 2006. Conceptos y Criterios para la Evaluación Ambiental de Humedales.
- Centro de Ecología Aplicada Ltda. 2006. Protección y manejo sustentable de Humedales Integrados a la Cuenca Hidrográfica.
- Cea, A., K. Díaz, C. Robles. 2003. Conservación y Manejo de Humedales Costeros de La Comuna de Coquimbo: Inventario de Flora. Proyecto Conservación y Manejo de los Humedales de la Región de Coquimbo
- Cej, J. M. 1962. Batracios de Chile. Ediciones U. de Chile.
- Cerasa M. D. & L. A. Martínez. 2007. Determinación de impactos ambientales causados por el desarrollo urbano en el estero El Culebrón, IV Región, Chile, aplicando metodologías SIG. Tesis para optar al título de Ingeniero en Prevención de Riesgos y Medioambiente. Universidad Católica del Norte. 164 pp.
- CONAMA, 2006. Metodologías para la Caracterización de la Calidad Ambiental. Publicaciones de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- CONAMA. 2002. Estrategia regional y plan de acción de la biodiversidad IV Región, Coquimbo. 20 pp.
- CONAMA. 2006 La estrategia y plan de acción de la biodiversidad de la región de Coquimbo.
- CONAMA. 1999. Evaluación del Estado de Conservación de las Aves del Humedal de la Región del Bio Bio.
- Corporación Ambientes Acuáticos de Chile. 2003. Inventario del Sistema de Humedales de Coquimbo, Documento elaborado por el Centro de Entrenamiento Neotropical en Humedales, CNEH, a solicitud de la Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, CAACH, 2000.
- Corporación Ambientes Acuáticos de Chile. 2005. Los Humedales no Pueden Esperar: Manual Para el Uso Racional del Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo. Luna Quevedo, D. (ed.) 136 pp, Santiago, Chile.
- Dirección General de Parques Nacionales, Agencia de Parques de Canadá. Principios y Directrices para la Restauración Ecológica en las Áreas Protegidas Naturales de Canadá.
- Dirección Nacional de Medio Ambiente DINAMA, Ministerio de vivienda, ordenamiento territorial y medio ambiente. Uruguay. 2009. Conductividad. En internet: www.mvotma.gub.uy
- Donoso-Barros, R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones U. de Chile.
- Environmental Protection Agency. 2000. Wastewater Technology Fact Sheet. Wetlands: Subsurface Flow.
- Etienne M. & C Prado 1982. Descripción de la Vegetación mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras. Ediciones Universidad de Chile.
- Fernández, J., de Miguel, E., de Miguel, J. & Curt, M^a D. 2004. Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación.
- Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165p.
- Georgia Soil and Water Conservation Commission. 2000. Guidelines for Streambank restoration.
- González del Tánago, M & D. García de Jalón. 2001. Restauración de Ríos y Riberas .Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- González del Tánago, M & D. García de Jalón. Restauración de Ríos, Guía metodológica para la elaboración de proyectos.



- Gayana Zoología. 2006. Biodiversidad dulceacuicola de Chile. Universidad de Concepción. Volumen 70.
- Goodall, J. D., Johnson, A. W. & R. A. Philippi. 1946. Las Aves de Chile. Tomo 1. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
- GUADALMED. Guadalmed Protocol.
- Granado, C. 2002. Ecología de Peces. Universidad de Sevilla.
- Hauenstein, E. 2006. Visión sinóptica de los macrófitos dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70(1): 16-23
- Hiriart Lamas D. 2003. Proyecto Conservación y Manejo de Humedales Costeros de la Comuna de Coquimbo: Inventario de Fauna de Vertebrados. Fondo de las Américas y Corporación de Ambientes Acuáticos de Chile. 24 octubre 2008.http://www.humedalescoquimbo.cl/proyecto/inventario_01/sistema/listafauna.htm
- Hoffmann, A. & I. Lazo. 2000. Aves de Chile. Universidad Andrés Bello, Ril editores.
- Housse, R. 1945. Aves de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.
- Housse, R. 1953. Animales salvajes de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.
- INIA. 2009. Eliminación de Vertederos Ilegales
- Ingeniería Ambiental Ltda. (INGAM). 2009. Valparaíso. Línea de Base Terreno Fiscal con Alto Valor en Biodiversidad, Región de Coquimbo, Humedal El Culebrón. Mandante: Ministerio de Bienes Nacionales.
- Instituto Forestal (INFOR). 2009. Principales especies de Salix presentes en Chile. En internet: <http://www.infor.cl/mimbres/principales%20especies.htm>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2007. Santiago. Encuesta percepción de calidad de vida urbana.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2009. Coquimbo. Informe de Empleo Trimestre Móvil Junio-Agosto 2009.
- Jaramillo, A. 2005. Aves de Chile. Lynx edicions.
- Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. Manual de restauración de Humedales Mediterráneos.
- Luna, D & Mena, S. 2006. Coquimbo. Memoria Explicativa Zonificación para el Manejo Ambiental del Estero Culebrón.
- Mann, G. 1978. Los Pequeños Maníferos de Chile. *Gayana, Zoología*, 40.
- Marticorena C. & M. Quezada. 1985. *Gayana. Catalogo de La Flora Vasculare de Chile*. Editorial Universidad de Concepción
- Martínez, D. & G. González. 2004. Las Aves de Chile. Nueva Guía de Campo. Ediciones del Naturalista.
- Massanés, R & A. Evers. 1998. Corredors blaus i verds. Manual de restauració de riberes fluvials.
- Matthei, O. 1992. Manual de malezas que crecen en Chile. Editorial Universidad de Concepción.
- Miller, S. & J. Rottmann. Guía para el Reconocimiento de Maníferos Chilenos. Expedición a Chile Editora Nacional Gabriela Mistral.
- Ministerio de Planificación y Cooperación (Mideplan). 2006. Coquimbo. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional.
- Ministerio de Obras Públicas. 2009. Construcción de Defensas Fluviales Estero Culebrón, Sector: Puente La Vega, Puente La Laguna y Tramo Intermedio.
- Muñoz M. 1985. Flores del Norte Chico. Dirección de Archivos, Bibliotecas y Museos
- Muñoz, A. R & J. Yáñez (editores). 2000. Mamíferos de Chile. Cea Ediciones.
- Ormeño J. 2005. Estrategias de conservación de la biodiversidad en el humedal costero El Culebrón, Coquimbo, Chile, desde la perspectiva del uso del suelo y sus impactos sobre el ecosistema. Tesis de pregrado. Universidad Católica del Norte, Coquimbo Chile. 109 pp.
- Ramírez, C & C. San Martín. 2006. Macrófitas de Chile. En: Macrófitas y Vertebrados de los ecosistemas límnicos de Chile. I. Vila, A. Veloso, R. Schlatter & C. Ramírez (editores) Editorial Universitaria. Santiago. 190 pp.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casa, J. Moreno, J.L. Vivas, S. Bonada, N. Alba-Tercedor, J. Jáimez-Cuéllar, P. Moyá, G. Prat, N. Robles, S. Suárez, M. L. Toro, M & Vidal-Abarca, M. R. 2002. El Hábitat de los Ríos Mediterráneos de un Índice de Diversidad de Hábitat. *Limnetica* 21 (3-4): 115-133.
- Ramsar 2002, The Ramsar Convention on Wetlands.



- Redford, K.H. & J. F. Eisenberg. 1989. Mammals of the Neotropics. The Southern Cone. Vol.2. university of Chicago Press.
- Riedemann, P., Aldunate, G. & Teillier, S. 2006. Flora Nativa de Valor ornamental, Identificación y propagación, Chile Zona Norte.
- Rottmann, J. S. 1995. Guía de Identificación de Aves de Ambientes Acuáticos. Serie Aves de Chile. Unión de Ornitólogos de Chile.
- Ruiz, V. & Marchant, M. 2004. Ictiofauna de Aguas Continentales. Universidad de Concepción.
- Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. 2005. Cartilla de Caza y Pesca.
- Sielfeld, W. 1983. Mamíferos Marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.
- SIGA Consultores S.A. 2006. EIA Proyecto Hipogeno. Compañía Minera Carmen de Andacollo, IV Región.
- Smith C., Armesto, J. & Valdovinos C. 2005. Historia, Biodiversidad y Ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria.
- Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo, Región de Coquimbo & Ilustre Municipalidad de Coquimbo. 2008. Plan Regulador Comunal de Coquimbo.
- Squeo, F. A., G. Arancio & J. R. Gutiérrez. 2001. Libro Rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena. 372 pp.
- Veloso, A & J. Navarro. 1988. Lista Sistemática y distribución geográfica de Anfibios y Reptiles de Chile. A.. Boll. Mus. reg. Sci. nat. Torino. 6(2): 481-539.
- Vila, I.; Veloso A.; Schalatter R.; Ramirez C. 2006. Macrofitas y Vertebrados de los sistemas Limnicos de Chile. Editorial Universitaria.
- Zunino, S. T., M. Huerta O., C. Palma C. & A. Zamorano F. 2002. Las Rapaces de Chile. Editorial Puntárgenes. Universidad de Playa Ancha



ANEXOS

**ANEXO 1:**

Parámetros de calidad de agua, valores promedio y desviación estándar. Fuente: DGA.

	UNIDAD	PROMEDIO	DESV. ESTANDAR
Conductividad Eléctrica	mhos/cm	1414,64	592,459
Temperatura	Grad. C	15,37	3,72
Oxígeno	mg/l O ₂	10,679	17,998
Ph	unid. ph	7,724	0,648
Boro	mg/l B	0,857	0,278
Cloruro	mg/l Cl	174,91	117,268
Nitrato	mg/l NO ₃	0,716	0,653
Fosforo	mg/l PO ₄	0,138	0,093
Sulfato	mg/l	236,388	82,597
DBO	mg/l O ₂	27,945	17,086
Aluminio	Mg/L Al	0,45	0,383
Arsénico	mg/l As	0,007	0,007
Cadmio total	mg/l Cd	0,01	0,001
Cobre total	mg/l Cu	0,037	0,109
Cromo Hexavalente	mg/l Cr	0,012	0,006
Fierro total	mg/l Fe	0,441	0,671
Magnesio	mg/l Mg	29,363	10,184
Manganeso	mg/l Mn	0,162	0,222
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0
Molibdeno	mg/l Mo	0,027	0,019
Níquel total	mg/l Ni	0,015	0,008
Plata total	mg/l Ag	0,01	
Plomo total	mg/l Pb	0,025	0,019
Potasio	mg/l K	7,263	2,846
Selenio	mg/l Se	0,001	
Sodio di	mg/l	150,899	68,297
Zinc total	mg/l Zn	0,016	0,019
Cobalto	mg/l	0,01	

Fuente: DGA.

**ANEXO 2:****Características morfológicas de terrazas marinas sector La Serena-Coquimbo.**

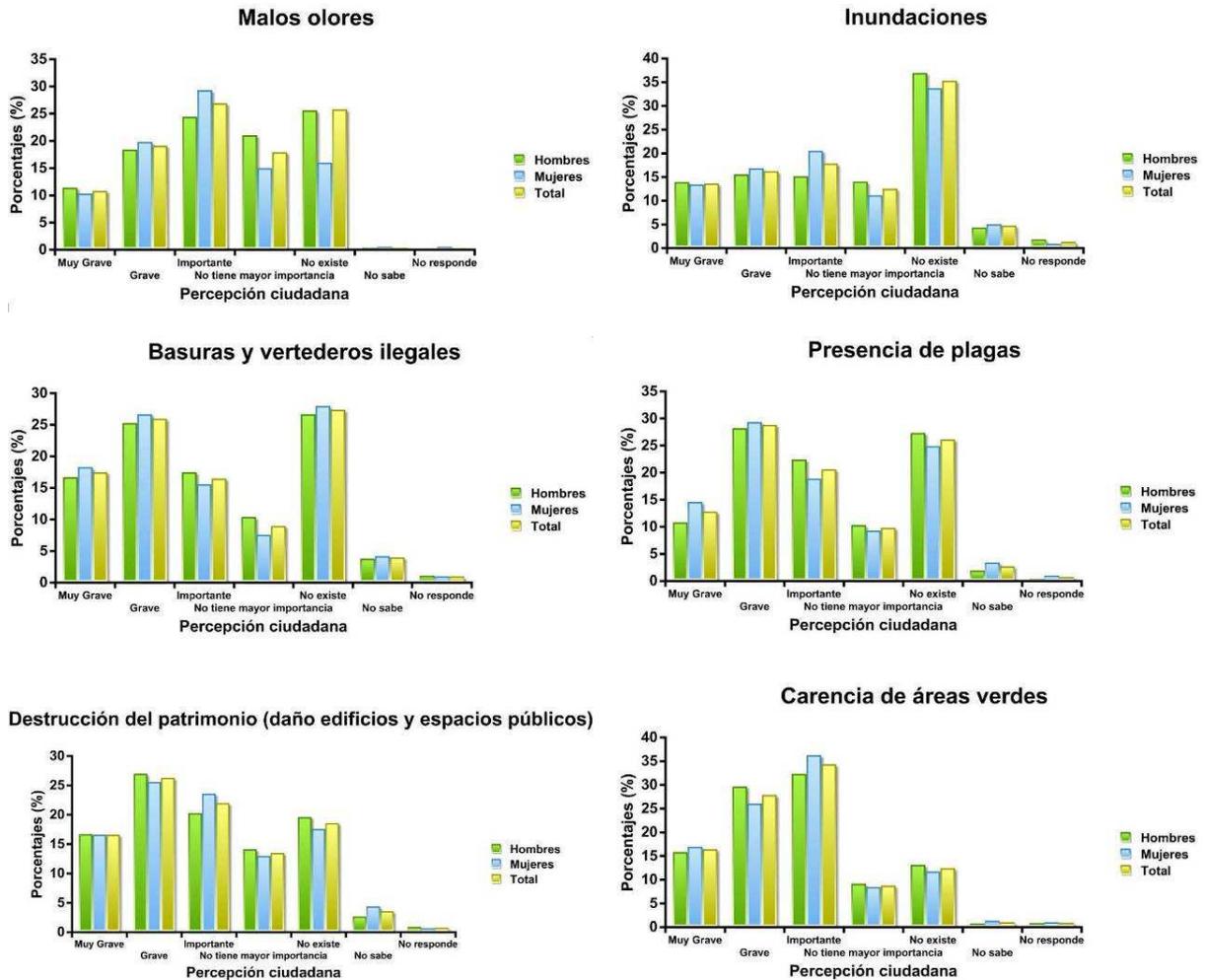
Terraza	Descripción
Terraza Baja	Se extiende desde la playa actual hasta una altura de 5 - 7 metros sobre el nivel del mar, y confirma una banda continua desde la Punta de Teatinos hasta La Herradura. Esta constituida por materiales finos tales como arenas y limos de hasta 2 metros de espesor que excluyen todo elemento grueso en la superficie. El drenaje es malo debido a alineamientos arenosos longitudinales que reprimen el escurrimiento de las aguas y a la escasa profundidad del nivel freático que se encuentra aproximadamente a 1 metro de profundidad.
Segunda terraza Media	Se presente entre una altitud de 15 y 20 metros sobre el nivel del mar y separada de la terraza inmediatamente superior por un escalón de unos 10 metros. Tiene aproximadamente 500 metros de ancho y está representada por una plataforma excavada en las arcillas pliocénicas de la Formación Coquimbo. Un depósito típico de esta terraza está constituida por unos 25 cm. de depósitos superficiales sobre una costra calcárea de 50 cm. de espesor y luego 1,5 mt. de materiales de playa escasamente consolidados: piedras, arenas bien gradadas, conchas frescas y bloques en la base. En profundidad existen 2,5 metros de arenas de color ocre claro, alteradas y con ligera cementación.
Primera Terraza Media	Se extiende entre los 25 y 35 metros sobre el nivel del mar con un ancho medio de 500 metros. Esta terraza se encuentra constituida por 2 metros de depósitos limosos con trozos de conchas que descansan sobre un espesor de 50 cm. de conchas con algunas piedras y luego 2,5 metros de arenas gruesas mezcladas con débiles bandas de gravas finas subredondeadas. En profundidad se presentan 2,5 metros de piedras de diversos tamaños y bloques con matriz de arenas gruesas
Terraza Marina Alta	Se ubica entre las cotas 75 y 96, con una pendiente media de 0,4 – 0,5%. Desaparece entre las quebradas de San Joaquín y Peñuelas bajo una acumulación de arenas eólicas conocida como la “Gran Duna”. Está constituida por unos 3 metros de piedras de origen continental depositados sobre 2 ó 3 metros de bloques de típico corte marino, los que a su vez descansan sobre 30 metros de arenas finas. Bajo ellas existen 10 metros de materiales rodados de origen fluvial.
Terraza Superior	El nivel inferior de ella se encuentra a los 90 metros y se eleva con una pendiente de 0,5 % hacia el interior. El nivel superior de la terraza es difícil de apreciar pero se encuentra entre 120 y 130 metros sobre el nivel del mar. Muestra procesos erosivos y depositaciones gravitacionales producto de aportes detríticos provenientes del sector montañoso contiguo. Se encuentra constituida por depósitos de conchas despedazadas corrientemente cementadas en una lumachela resistente (losa).

Fuente: Paskoff, 1993.



ANEXO 3:

Gráficos sobre encuesta de percepción ciudadana



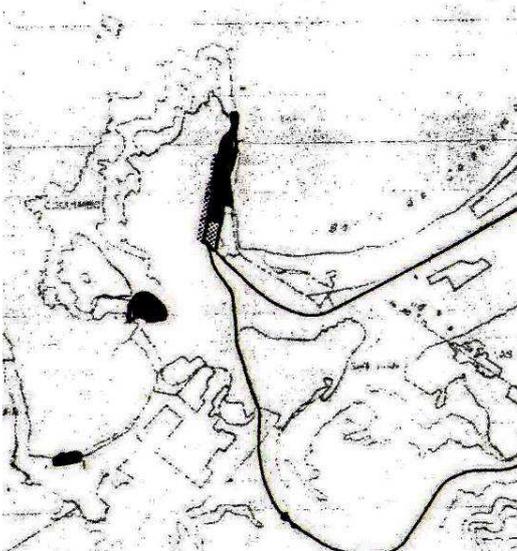
(Elaboración propia en base a datos de INE)



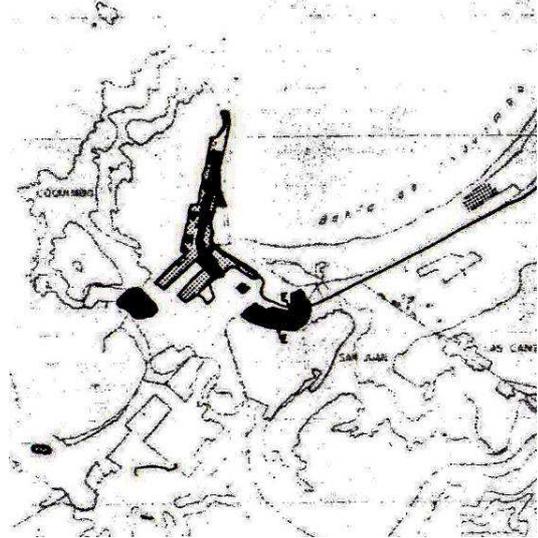
ANEXO 4:

Evolución territorial de la ciudad de Coquimbo

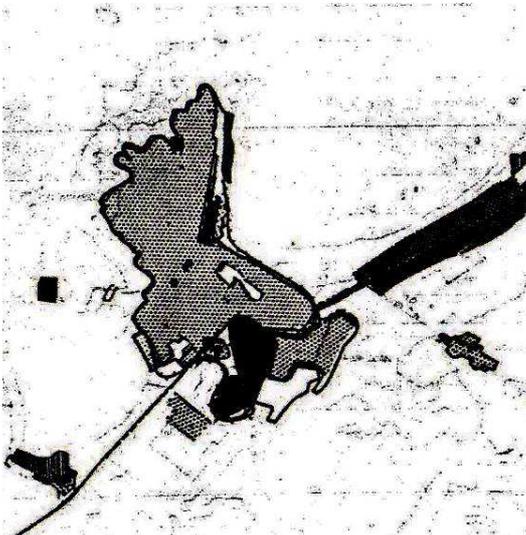
Ciclo 1830-1884



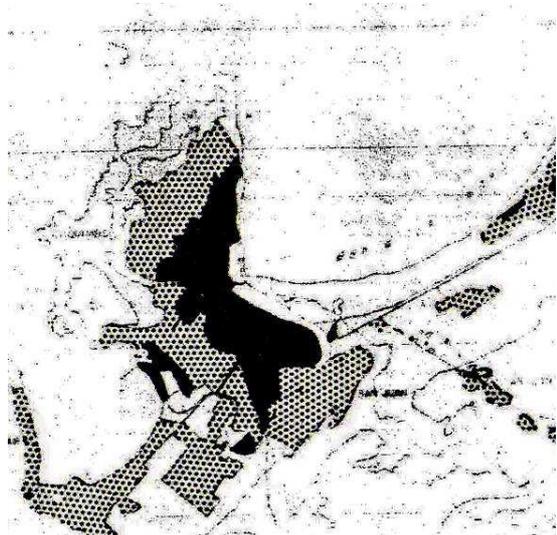
Ciclo 1885 - 1935



Ciclo 1936-1975



1991



Fuente: Veliz, 1995



ANEXO 5:

Fotografías aéreas Humedal El Culebrón

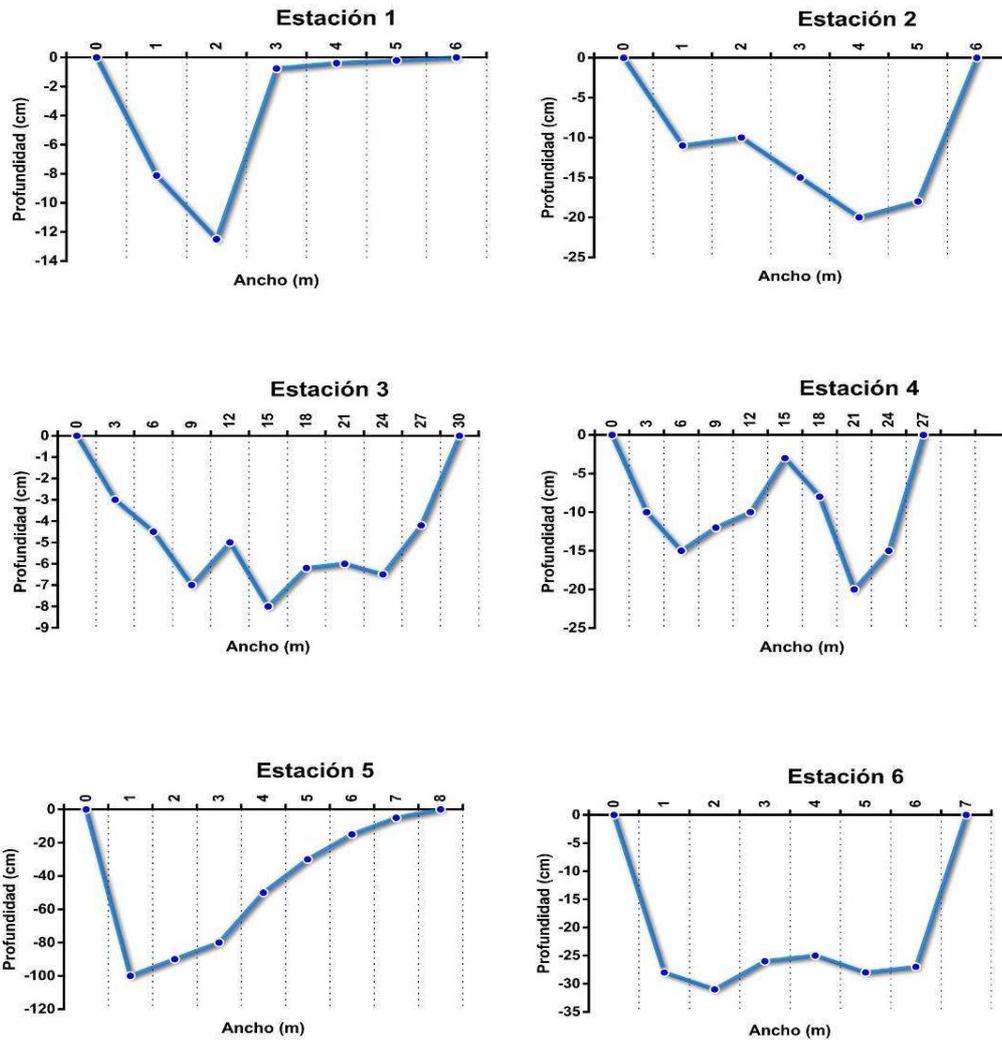


Fuente: INGAM, 2009.



ANEXO 6:

Perfiles de fondo de cada estación





ANEXO 7:

Censo de aves

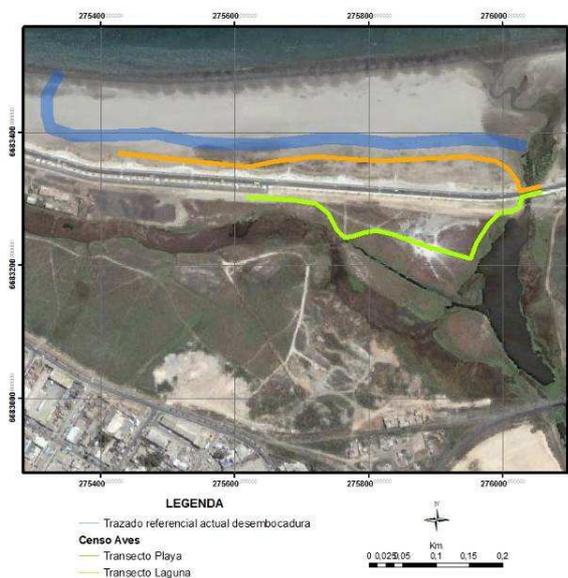
Debido a la importancia que representa la avifauna en el humedal El Culebrón, es que se realizó un censo de aves el día 28 de octubre del 2009, exclusivo para el sector bajo de la cuenca, este se realizó en el sector de la laguna costera y el sector Playa Changa, lugares donde se alcanza la mayor concentración de especies.

Se realizó un conteo directo de aves por especie con la utilización de binoculares 16 X 50 y una cámara fotográfica de 18 X de zoom óptico, para ello se establecieron dos transectos, uno ubicado al norte de la avenida costanera y otro al sur, denominados transectos playa y laguna respectivamente (ver figura).

En el caso de las poblaciones con gran número de individuos como *Larus dominicanus* se realizó un conteo de individuos a través de fotografías panorámicas.

Especies que fueron observadas fuera de los días del censo y de la campaña de terreno, o que fueron reconocidas a través a escucha, huellas o plumas se presentan a continuación. Se incluyen también, especies que debido a su dificultad de censar como en el caso de paseriforme, solo se indica su presencia.

Se complementa a las especies identificadas su dieta y hábitat. Donde se considera hábitat: Helófitas, a las formaciones vegetales formadas por especies como *Scirpus californicus*; Laguna, a especies observadas tanto en la laguna costera como en los brazos del estero; Vegetación ribereña, a formaciones vegetales halófitas; Terrestres, asociado a especies que no desarrollan sus hábitos asociados directamente al ambiente acuático; y Playa, exclusivo a orilla de mar y dunas cercanas.



Especie	Nombre vernáculo	Nº Individuos		Hábitat	Habito alimenticio
		Laguna	Playa		
Passeriformes					
Cistothorus platensis	Chercán de las vegas	1		Helófitas	Insectos y arañas
Lessonia rufa	Colegial	1	3	Terrestre/ playa	Insectos y larvas
Agelaius thilius	Trile	2	8	Helófitas	Insectos y semillas.
Sicalis luteola	Chirihue	-	5	Vegetación ribereña	Semillas.
Zonotrichia capensis	Chincol	*	*	Terrestre	Insectívora.



Phleocryptes melanops	Trabajador		*	*	Helófitas	Insectos.
Tachuris rubrigastra	Siete colores		1		Helófitas	Invertebrados.
Cinclodes fuscus	Churrete acanelado		2		Terrestre	Invertebrados.
Tachycineta meyeri	Golondrina chilena		*	*	Terrestre	Insectos
Anseriformes						
Anas georgica	Pato Grande	Jergón	6	2	Laguna/ vegetación ribereña	Hierbas y semillas
Anas cyanoptera	Pato Colorado		2		Laguna	Filtrador omnívoro. Vegetación emergente
Charadriiformes						
Larus dominicanus	Gaviota Dominicana		15	851	Laguna	Peces, mariscos y crustáceos. Omnívoro
Larus modestus	Gaviota Garuma			2	Playa	Invertebrados. Pulgas de mar.
Numenius phaeopus	Zarapito			10	Playa	Pulgas de mar, crustáceos, larvas y lombrices.
Himantopus melanurus	Perrito			24	Vegetación ribereña	Crustáceos y lombrices
Tringa flavipes	Pitotoy chico			2	Playa	
Vanellus chilensis	Queltehue			1	Vegetación ribereña	Insectívoro. Semillas.
Catoptrophorus semipalmatus	Playero grande			1	Playa	Peces pequeños, crustáceos y moluscos.
Calidris bairdii	Playero de Baird			3	Playa	Crustáceos, insectos y lombrices.
Haematopus palliatus	Pilpilén			2	Playa	Moluscos
Phalaropus tricolor	Pollito Tricolor	de Mar		1	Playa	Crustáceos e insectos.
Ciconiiformes						



Egretta thula	Garza chica	1	3	Helófitas/vegetación ribereña	Peces
Ardea cocoi	Garza cuca	1	1	Laguna/ Helófitas	Peces, larvas de insectos acuáticos y batracios.
Nycticorax nycticorax	Huairavo	2		Helófitas	Peces, sapos, crustáceo, insectos, entre otros
Gruiformes					
Fulica rufifrons	Tagua frente roja	3	5	Laguna	Plantas acuáticas
Gallinula chloropus	Taguita del norte	*		Helófitas, hidrófitas	Plantas acuáticas
Pelecaniformes					
Phalacrocorax brasilianus	Yeco	25		Laguna	Peces y crustáceos.
Ciconiiformes					
Cathartes aura	Jote cabeza colorada		8	Playa	Carroñero.
Coragyps atratus	Jote cabeza negra		37	Playa	Carroñero.
Falconiformes					
Milvago chimango	Tiuque		1	Terrestre	Insectos, babosas, gusanos, larvas, peces, camarones, sapos y carroña.
Pelecaniformes					
Pelecanus thagus	Pelicano		9	Playa	Peces
Total	31	15	26		



ANEXO 8:

Macroinvertebrados Estero El Culebrón

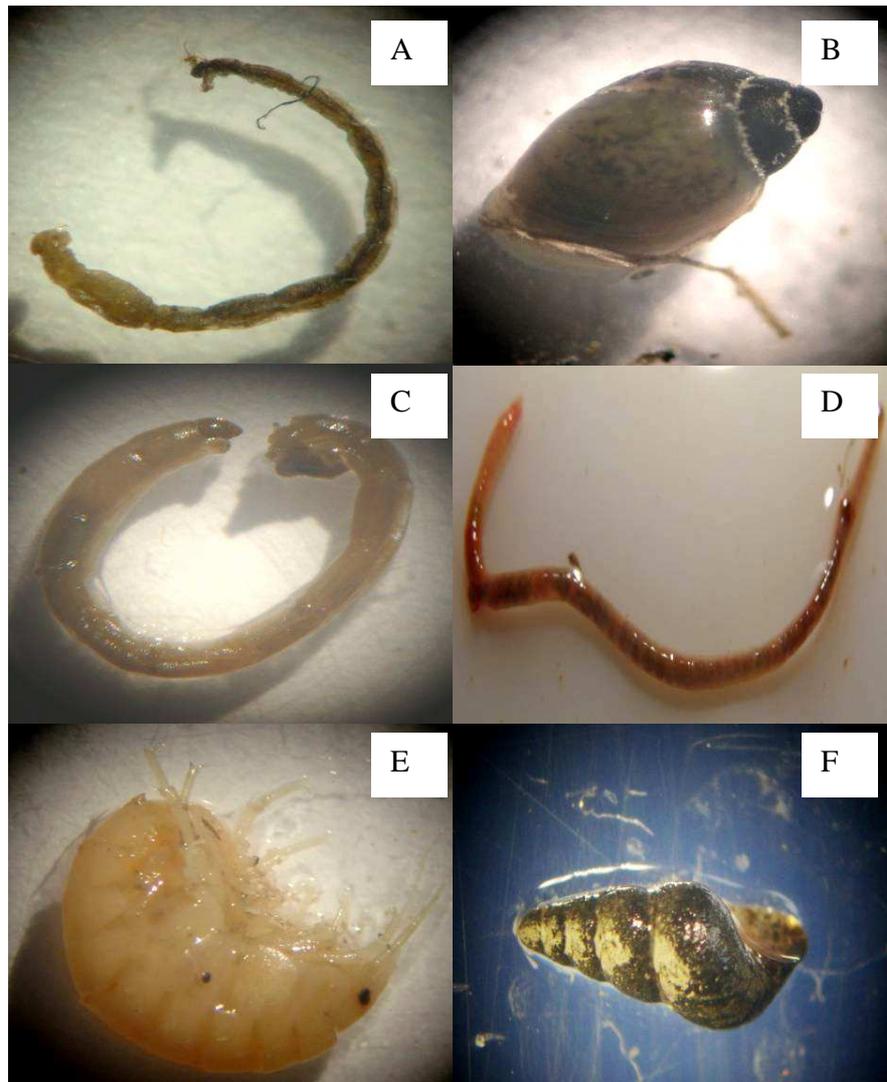


Imagen 1: A) Chironomidae, B) Physidae, C) Ceratopogonidae, D) Simuliidae, E) Hyaellidae y F) Hidrobiidae.

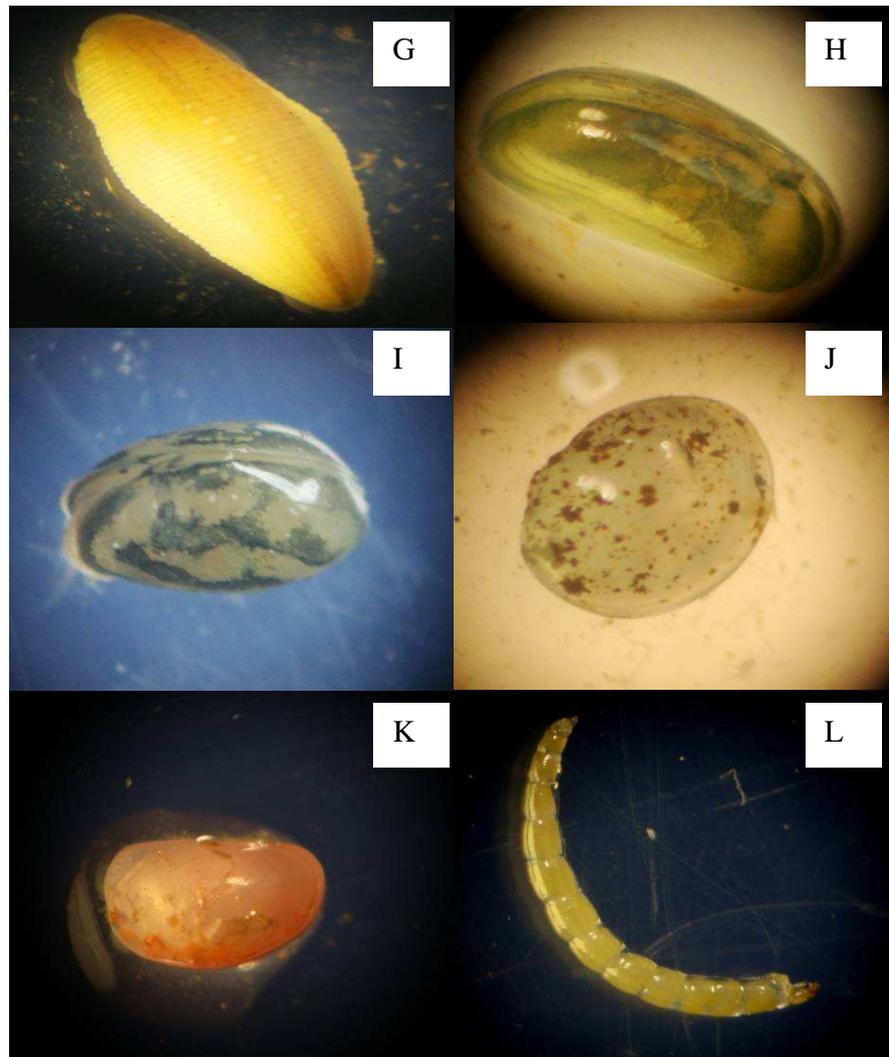


Imagen 2: G) Glossiphoniidae, H), I), J) y K) Sphaeridae y L) Chironomidae.



ANEXO 9: Aspectos ambientales descriptivos por unidad.

Aspecto Ambiental	Descripción Unidad		
	Pan de Azúcar	San Martín	Santa Filomena
Paisaje	- Paisaje netamente rural, presencia de campos y ganado en menor medida.	- Paisaje de valor, debido al angostamiento de la quebrada.	- Paisaje de valor, debido a su baja alteración antrópica.
Rasgos únicos físicos	- Ausentes	- Presente. Caída de agua.	- Presencia de meandros
Contaminación atmosférica	- Inexistente	- Inexistente	- Inexistente
Contaminación Hídrica	- No es posible apreciar contaminación directa, solo es presumible contaminación difusa por efecto de actividad agrícola. - Aguas transparentes. - Alternancia de aguas corriente con aguas de menor velocidad de flujo.	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia de residuos sólidos en sus aguas.	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia de residuos sólidos en sus aguas.
Contaminación de los suelos	- No se reconoce contaminación aparente.	- No se reconoce contaminación aparente.	- No se reconoce contaminación aparente.
Residuos Sólidos	- Presencia de gran cantidad de RS en puntos con aguas estancadas. - Presencia de microbasurales, en menor medida.	- presencia de basura dispersa en las riberas. - Presencia de basura dentro del cauce.	- Presencia baja de basura dispersa en las riberas. - Presencia baja de basura dentro del cauce.
Fauna	- Dominada principalmente por avifauna.	- Dominada principalmente por avifauna.	- Dominada principalmente por avifauna.
Flora	- Dominancia de especies helófitas.	- Presencia de especies helófitas e hidrófitas.	- Ausencia de especies helófitas y presencia de hidrófitas.
Presión antropogénica	- Baja.	- Alta	- Alta
Flora exótica o introducción de fauna	- Presencia baja de especies exóticas. Plantaciones existentes de Eucalyptus sp. de baja cobertura.	- Presencia baja de especies exóticas. Plantaciones existentes de Eucalyptus sp. de baja cobertura.	- Presencia de especies exóticas (roedores).
Modificación de hábitat	- Presencia de barreras ubicadas en el cauce para acumulación de agua.	- Presencia de lagunas artificiales.	- Hábitat poco alterado
Alteración de hidrología de agua subterránea	- Extracción de agua para uso agrícola y minero.	- Extracción de agua para uso recreativo.	- Ausente.
Modificación de curso y manejo de río	- Presencia de barreras ubicadas en el cauce para acumulación de agua.	- Presencia de lagunas artificiales	- Ausente
Canalización	- Canales paralelos al estero.	- Ausentes.	- Ausentes.
Urbanización	- Baja a nula.	- Media	- Baja
Sitio industriales y edificios	- Ausentes.	- Ausentes	- Ausentes
Carreteras y puente	- Ausentes.	- Ausente	- Presente. Puente de bajo tonelaje.
Caminos y senderos	- Caminos no pavimentados.	- Presente, correspondiente a urbanización de Cantera Alto	- Presente. Camino de Loteo Las Pircas.
Ferrocarriles	- Presencia de línea ferroviaria.	- Ausentes	- Ausentes.
Cables y levantamientos	- Ausentes.	- Presente, correspondiente a urbanización de Cantera Alto	- Ausentes.
Líneas de transmisión, tuberías y pasillos	- Ausentes.	- Presente, correspondiente al paso del Canal Riquelme	- Ausentes.
Barreras incluyendo cercados	- Contiguo al estero no es común observar cercos.	- Presente, instalaciones como el Club de Campo impiden el paso hacia el estero a través de cercos	- Presente. En el 50% de su superficie
Presas y embalses	- Presencia de pequeñas presas.	- Presentes, solo en club de campo.	- Ausentes
Muelles de embarque, costaneras, puertos deportivos y terminales marítimos	- Ausentes.	- Ausentes	- Ausentes
Estructuras recreacionales	- Ausentes.	- Presente. En club de campo	- Presentes. Canchas de tierra.
Caza	- Presente.	- Ausente	- Ausente
Pesca	- Ausente.	- Ausente	- Ausente



Natación	- Ausente.	- Presente, en sector "La Cueva del Chivato"	- Ausente
Camping y excursión	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Agricultura	- Presente.	- Presente	- Ausente
Cría y pasto	- Presente.	- Presente	- Presente
Generación de energía	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Industria química	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Industria Textil	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Industria alimenticia	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Almacenaje de productos	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Extracción mineral	- Presente, correspondiente a un pequeño pique ubicado en el cordón El Alambrado.	- Ausente	- Ausente
Reforestación	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Medición y manejo de fauna	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Recarga de agua subterránea	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.
Fertilización	- Presente en los campos aledaños.	- Ausente	- Ausente
Reciclaje de residuos	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Disposición de chatarra	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Descarga de efluente líquida	- Presente, correspondiente a excedentes de riego.	- Ausente	- Ausente
Fosas sépticas	- Presente, correspondiente a pozos negros.	- Ausente	- Ausente
Lubricantes gastados	- Ausentes.	- Ausentes	- Ausentes
Erosión	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.
Inundaciones	- Ausentes.	- Ausentes	- Presentes. Sectores completamente inundados.
Sedimentación	- Presente.	- Presente en exceso.	- Presente en exceso.
Especie rara y única o ecosistema	- Ausente.	- Presencia de especies arbustivas nativas.	- Ausente
Densidad demográfica	- Baja a media.	- Alta	- Alta
Salinización de las aguas	- Ausente.	- Ausente	- Ausente
Eutrofización	- Ausente.	- Presente de manera natural.	- Presente de manera natural.
Plagas	- Presenta, roedores.	- Ausente	- Ausente

Aspecto Ambiental	Descripción Unidad El Culebrón			
	La Cantera-San Juan	La Garza	El Culebrón	Playa Changa
Paisaje	- Alterado	- Alterado	- Alterado	- Alterado (presencia de av. costanera)
Rasgos únicos físicos	- Ausentes	- Ausentes	- Laguna costera	- Playa
Contaminación atmosférica	- Inexistente	- Inexistente	- Inexistente	- Inexistente
Contaminación Hídrica	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia de residuos sólidos en sus aguas.	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia leve de residuos sólidos en sus aguas.	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia leve de residuos sólidos en sus aguas.	- Recurso hídrico con sobrecarga de sedimentos. - Aguas turbias. - Presencia leve de residuos sólidos en sus aguas.
Contaminación de los suelos	- Suelos contaminados con residuos peligrosos (aceites).	- presencia de estructura abandonada.	- Presencia de derrames de residuos peligrosos. - Presencia de acopio de minerales y una evidente dispersión eólica.	- Ausente
Residuos Sólidos	- Presencia alta de basura dispersa en las riberas. - Presencia alta de basura dentro del cauce. - Presencia de	- Presencia baja de basura dispersa en las riberas. - Presencia baja de basura dentro del cauce.	- Presencia alta de vertederos ilegales. - Presencia alta de escombros.	- Presencia de residuos sólidos dispersos. - Presencia alta de escombros. - Presencia de restos de jardín



	microbasurales. - Presencia de escombros.				
Fauna	- Dominada por principalmente avifauna.	- Escasa, principalmente avifauna.	- Exuberante principalmente avifauna.	- Exuberante principalmente avifauna.	
Flora	- Dominancia de helófitas.	- Dominancia de hidrófitas.	- Formaciones vegetacionales, hidrófitas, helófitas y halófitas.	- Menor presencia, bajas coberturas.	
Presión antropogénica	- Alta	- Alta	- Alta	- Alta	
Flora exótica o introducción de fauna	- Presencia de especies exóticas (roedores).	- Presencia de especies exóticas (roedores).	- Presencia de especies exóticas (roedores) y principalmente la especie vegetal <i>Eichhornia crassipes</i> .	- Presencia de especies exóticas (roedores) y principalmente la especie vegetal <i>Eichhornia crassipes</i> .	
Modificación de hábitat	- Hábitat altamente alterado.	- Hábitat altamente alterado.	- Hábitat altamente alterado.	- Hábitat modificado naturalmente (dinámica temporal y espacial de la desembocadura)	
Alteración de hidrología de agua subterránea	- Ausente.	- Ausente.	- Ausente.	- Ausente.	
Modificación de curso y manejo de río	- Presente. Ambas riberas se encuentran alteradas, una por escombros y otra por rellenos.	- Presente. La ribera oeste ha desaparecido por efecto del crecimiento urbano.	- Presente. Descargas superficiales han sido cubiertas de escombros. - Estrechamiento del canal en puentes. - Eliminación de la descarga natural desde el estero hacia el mar.	- Estrechamiento del canal en puentes. - Eliminación de la descarga natural desde el estero hacia el mar.	
Canalización Urbanización	- Ausentes. - Alta.	- Ausentes. - Alta.	- Ausentes. - Alta.	- Ausentes. - Alta.	
Sitio industriales y edificios	- Presentes. Instalaciones comerciales.	- Presentes. Instalaciones comerciales.	- Presentes. Instalaciones comerciales, talleres mecánicos, frigoríficos, edificios de altura.	- Ausentes	
Carreteras y puente	- Presente. Puente La Garza y ruta 5 norte.	- Presente. Puente La Garza y ferroviario y ruta 5 norte.	- Presente. Puente Línea ferroviaria y av. Costanera.	- Presente. Puente.	
Caminos y senderos	- Presente. Camino no pavimentado paralelo al estero.	- Ausente. Aún cuando se observa una huella vehicular, que actualmente no es utilizada.	- Presente. Caminos de acceso por avenida costanera y por calle Maipú, además, senderos peatonales informales.	- Presente. Av. Costanera.	
Ferrocarriles	- Ausentes.	- Presente.	- Presente.	- Ausente	
Cables y levantamientos	- Presente.	- Presente.	- Presente.	- Ausente	
Líneas de transmisión, tuberías y pasillos	- Presente. Cruce de red de alcantarillado por sobre el estero.	- Ausentes	- Ausentes	- Presente	
Barreras incluyendo cercados	- Ausentes	- Presente. Centro Comercial La Garza	- Presente. Centro Comercial La Garza	- Ausente	
Presas y embalses	- Ausentes	- Ausentes	- Ausentes	- Ausentes	
Muelles de embarque, costaneras, puertos deportivos y terminales marítimos	- Ausentes	- Ausentes	- Ausentes	- presente	
Estructuras recreacionales	- Presente. Canchas Club Atenas	- Ausente	- Presente. Cancha de tierra en extremo oeste.	- Presente. Paseos peatonales Av. Costanera (Escaleras hacia la playa)	
Caza	- Ausente	- Ausente	- Presente. Practicada por habitantes del triangulo principalmente.	- Ausente	
Pesca	- Presente. Extracción de camarón.	- Presente. Extracción de camarón.	- Presente. Extracción de camarón y de peces.	- Presente. Extracción de peces del sistema.	
Natación	- Presente. Habilitación de pozas para el baño	- Presente. Uso de baño	- Ausente	- Presente, solo en playa no desembocadura	
Camping y excursión	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Presente, caminatas y paseos.	
Agricultura	- Presente, en menor medida.	- Ausente	- Ausente	- Ausente	



Cría y pasto	- Presente. Crianza de majadas.	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Generación de energía	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Industria química	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Industria Textil	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Industria alimenticia	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Almacenaje de productos	- Presente. Centros comerciales	- Presente. Centros comerciales	- Presente. Centros comerciales	- Ausente
Extracción mineral	- Ausente	- Ausente	- Presente. Acopio de mineral de hierro.	- Ausente
Reforestación	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Medición y manejo de fauna	- Ausente	- Ausente	- Presente. Censos realizados por la CAACH	- Presente. Censos realizados por la CAACH
Recarga de agua subterránea	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.	- Desde el acuífero El Culebrón y quebradas cercanas.
Fertilización	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Reciclaje de residuos	- Ausente	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Disposición de chatarra	- Presente. Acumulación no regularizada de chatarra.	- Ausente	- Ausente	- Ausente
Descarga de efluente líquida	- Ausente	- Ausente	- Presente. Entrada de caudal proveniente de red de evacuación de aguas lluvias.	- Ausente
Fosas sépticas	- Ausente	- Presente. Centro comercial La Garza cuenta con pozos negros.	- Presente. Centro comercial La Garza y campamento EL Triángulo.	- Ausente
Lubricantes gastados	- Presentes. Envases y derrames.	- Ausente	- Presente. En sector de vertederos.	- Ausente
Erosión	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.	- Presente. Eólica e hídrica de carácter leve.
Inundaciones	- Presentes. Sectores completamente inundados.	- Presente en excepcionales ocasiones.	- Presente en gran parte de su superficie.	- Presente. Efecto de mareas y eventos extraordinarios.
Sedimentación	- Presente en exceso.	- Presente en exceso.	- Presente en exceso.	- Presente en menor medida
Especie rara y única o ecosistema	- Ausente	- Ausente	- Presente. Ecosistema laguna costera inserta en una región semi árida.	- Presente. Especies migratorias.
Densidad demográfica	- Alta	- Alta	- Alta	- Alta
Salinización de las aguas	- Presente, intrusión salina.	- Presente, intrusión salina.	- Presente, intrusión salina.	- Presente, ecosistema con alta influencia marina.
Eutrofización	- Presente.	- Presente.	- Presente.	- Ausente
Plagas	- Ausente	- Ausente	- Presente. <i>Eichhornia crassipes</i> .	- Presente. <i>Eichhornia crassipes</i> .

