



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA ZONA DE RIBERA DEL ESTERO EL TOTORAL. EL QUISCO, REGIÓN DE VALPARAÍSO.

Memoria para optar al título de Geógrafo.
Camilo Zamorano Watson.
Profesor guía: Rodrigo Vargas Rona.

Santiago de Chile, 2021

Resumen

La importancia de proteger los ecosistemas mediterráneos de Chile se justifica en las cualidades únicas de este tipo de climas, el alto nivel de endemismo de sus especies y el gran impacto antrópico que han sufrido. La flora del litoral central de Chile es parte de los ecosistemas mediterráneos, y como tal, contiene una gran riqueza de especies con un alto valor socioambiental y geobotánico, pero a su vez con un altísimo grado de degradación y depredación antrópica con un alto potencial de deterioro mayor en el futuro.

La presente memoria busca evaluar el estado ecológico en que se encuentra el estero El Totoral, una microcuenca costera ubicada en El Quisco, comuna con un alto interés turístico y tradicional balneario del litoral central. Escogido como área de estudio, a partir del interés comunitario por conservar el área y por las cualidades geográficas que lo vuelven un sitio clave para la conservación.

Tabla de contenido.

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Planteamiento del problema geográfico.....	6
1.3 Estado del asunto.	8
1.3.1 Degradación antrópica de los ecosistemas.....	8
1.3.2 Teoría de la restauración ecológica.	8
1.3.3 Zonas de ribera	9
1.3.4 Evaluación de estado ecológico.	10
1.4 Área de estudio: Estero El Totoral, El Quisco.	11
1.5 Objetivos.....	14
CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.	15
2.1 Métodos para describir el ecosistema forestal esclerófilo en un estado previo.	15
2.2 Métodos para evaluar el estado ecológico.....	15
2.2.1 Índice QBR.	16
2.2.2 Índice de Shannon.....	17
2.2.3 Registro de vegetación leñosa.....	18
2.2.4 Registro de vegetación herbácea.....	18
2.2.5 Registro de avifauna.	18
2.2.6 Estimación de tipos de erosión dominantes.	19
2.2.7 Observación cualitativa	21
2.2.8 Procedencia de las especies registradas.	21
2.2.9 Definición de áreas de muestreo.....	22
2.2.10 Niveles de degradación.	22
CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....	23
3.1 Ecosistema forestal en un escenario original potencial.....	23
3.1.1 Laderas de exposición sur.	24
3.1.2 Laderas de exposición norte.....	24
3.1.3 Asociaciones forestales en la zona de ribera.	24
3.2 Salud global de la zona de ribera.	25
3.2.1 Calidad en la zona de ribera (índice QBR)	26
3.2.2 Biodiversidad de especies leñosas.	29
3.2.3 Biodiversidad de especies herbáceas.....	34
3.2.4 Erosión de suelo.	39
3.2.5 Biodiversidad de avifauna en la zona de ribera.	42

3.2.6 Situación hídrica del estero El Totoral.....	46
3.2.7 Situación de especies exóticas invasoras (EEI) en la zona de ribera del estero El Totoral.....	47
3.3.1 Estado de degradación de la zona de ribera.....	49
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
4.1 Discusión.....	51
4.2 Conclusiones.....	52
4.3 Recomendaciones y propuestas de medidas de Manejo de la zona de Ribera.....	53
Bibliografía.....	58
Anexos.....	63

Índice de Figuras.

Figura 1: Perfil de zona de ribera.....	9
Figura 2: Perfil de elevación del talweg estero El Totoral.....	12
Figura 3: Cartografía del área de estudio.....	14
Figura 4: Modelo de Niveles de degradación de los ecosistemas.....	23
Figura 5: Ladera Sur transecto 6.....	27
Figura 6: Residuos en la zona de ribera Figura 7: Residuos en la zona de ribera.....	28
Figura 8: Cartografía de Resultados índice QBR en La zona de ribera.....	29
Figura 9: Cantidad de individuos leñosos registrados por especie en las parcelas de muestreo.....	30
Figura 10: Cartografía de resultados Índice de Shannon para especies leñosas.....	33
Figura 11: Cantidad de individuos herbáceos registrados por especie.....	35
Figura 12: Suelo desnudo en parcela 5.....	36
Figura 13: Hojarasca de Acacia Melanoxylon 6 en transecto 6.....	36
Figura 14: Área de la desembocadura del estero El Totoral.....	37
Figura 15: Cartografía de resultados Índice de Shannon para vegetación herbácea.....	38
Figura 16: Cartografía de pendientes y formas erosivas predominantes en las áreas de muestreo.....	41
Figura 17: Cantidad de aves registradas por especie en los puntos de muestreo.....	43
Figura 18: Cartografía de resultados de índice de Shannon para avifauna.....	45
Figura 19: Intervalo mensual de precipitaciones en estación San Antonio.....	46
Figura 20: Infraestructura de extracción de agua.....	47

Índice de Tablas.

Tabla 1: Resumen de métodos para evaluar estado ecológico.....	15
Tabla 2: Rangos de calidad de bosque de ribera.....	17
Tabla 3: Rangos del índice de diversidad de Shannon.....	18
Tabla 4: Rangos de erosión en base a cobertura por parcela de muestreo.....	20
Tabla 5: Clasificación de pendientes según umbrales Morfodinámicos.....	21

Tabla 6: Puntaje QBR por transecto.	28
Tabla 7: Individuos leñosos en las áreas de muestreo según lugar de procedencia.....	30
Tabla 8: Resumen de biodiversidad de especies leñosas por parcela de muestreo.....	32
Tabla 9: Especies leñosas en categorías de conservación presentes en el Estero El Totoral...	34
Tabla 10: Individuos leñosos en las áreas de muestreo según lugar de procedencia.....	34
Tabla 11:Resumen de biodiversidad de especies herbáceas registradas con el método Point Quadrat.....	37
Tabla 12: Especies herbáceas en categoría de Conservación.	39
Tabla 13: Tipos de erosión dominante y grado de erosión por área de muestreo.....	40
Tabla 14: Porcentaje de especies de aves de acuerdo con su origen.	42
Tabla 15: Resumen de biodiversidad de avifauna.	44
Tabla 16: Causas de degradación en el estero El Totoral.	49

Índice de anexos.

Anexo 1: Ficha de terreno Índice QBR.....	63
Anexo 2: Ficha de registro de vegetación leñosa.....	65
Anexo 3: Abundancia y riqueza de vegetación leñosa.	66
Anexo 4: Abundancia y riqueza de vegetación herbácea.	67
Anexo 5: Riqueza y abundancia de avifauna.....	68
Anexo 6: Resumen de resultados de índices aplicados en el área de estudio.	70

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN.

1.1 Introducción.

El siguiente estudio busca, en primer lugar, aportar en el conocimiento de las escasas áreas silvestres que han ido quedando en el litoral central de Chile producto de la degradación antrópica, que ha tenido como consecuencia la pérdida de biodiversidad, la degradación erosiva, la pérdida de calidad en las zonas de ribera y la fragmentación de hábitats (Teillier, Villaseñor, Novoa, Marticorena y Niemeyer, 2018). Para ello, se pretende evidenciar las transformaciones que ha sufrido la zona de ribera del Estero El Totoral, microcuenca costera que se desarrolla en la comuna de El Quisco.

El objetivo general que guía el estudio es evaluar el estado ecológico del Estero El Totoral con miras a acciones de recuperación del área bajo un enfoque ecosistémico, para ello se plantean como objetivos específicos, describir las estructuras florísticas en un estado previo a los disturbios, la aplicación de índices para medir la salud global del ecosistema y finalmente, entregar algunas nociones para la recuperación del área basada en experiencias de recuperación, revegetación o restauración en otros sitios. Para llevar a cabo los objetivos, se plantea una metodología mixta, que contiene métodos cuantitativos y cualitativos.

En primer lugar, se hizo una revisión bibliográfica de múltiples trabajos enfocados en la descripción de la flora mediterránea de las costas de Chile con el fin de construir un ecosistema original, previo a los disturbios y la degradación antrópica, rescatando las especies y comunidades que poblaron el área y distinguiendo su zona de distribución.

En segundo lugar, se evalúa la salud actual del área, mediante la aplicación de índices de amplio uso en ecología, como es el índice de Shannon, para cuantificar la biodiversidad de especies (herbáceas, leñosas y aves); el Índice QBR, para evaluar la calidad de la zona ribereña y el índice de erosión de suelo en distintas áreas de muestreo seleccionadas en el área de estudio. Los que serán complementados con, uno, observaciones sistemáticas realizadas en terreno para identificar limitantes o elementos que queden fuera del cálculo de los índices y dos, la revisión bibliográfica que permite robustecer al análisis.

Finalmente se establece el estadio actual de degradación siguiendo el modelo de degradación de Whisenant (1999) en Bown y Pérez (2015), todo con el fin de entregar información relevante a quienes quieran emprender acciones de conservación, rehabilitación o restauración de los atributos ecosistémicos de la microcuenca, proponiendo acciones basadas en experiencias y estudios nacionales e internacionales en recuperación de sitios degradados bajo un enfoque ecosistémico.

1.2 Planteamiento del problema geográfico.

El Antropoceno, ha generado cambios drásticos en las dinámicas que rigen los sistemas naturales del planeta, y con ello se han visto afectadas las condiciones de vida de la mayoría de las sociedades alrededor del mundo (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia -a partir de ahora- (CR): 2019). En los últimos 50 años los seres humanos, con su capacidad para modificar voluntaria, profunda e irreversiblemente cualquier lugar del planeta, han cambiado los ecosistemas más rápida y extensamente que en cualquier otro período de la humanidad (Tellería, 2013).

En este complejo escenario global, se han identificado las 34 áreas a nivel mundial con mayor biodiversidad y a su vez con mayor amenaza, estableciéndose como prioridad para la conservación (Comisión Nacional del Medioambiente -a partir de ahora CONAMA-, 2008). Estas áreas se denominan *Hotspots* y para su selección rigen a, grosso modo, 2 dos criterios: Uno, un cierto nivel de endemismo en plantas (debe contener al menos 1500 especies vegetales endémicas) y dos, un cierto nivel de amenaza a la región, es decir, se considera que los mismos ya han perdido por lo menos un 70 % de su vegetación original (CONAMA, 2008).

En la zona central de Chile, hay uno de esos *hotspots*, identificado como *Chilean winter rainfall-Valdivian forests*; el que se caracteriza por una gran riqueza de especies, expresada en un alto grado de endemismo que se estima superior al 25% sobre el total de las especies que se desarrollan entre las cuencas del Río Choapa y del Bío Bío (Teillier, 2018).

Las formaciones vegetacionales mediterráneas, propias de la zona central de Chile, además de ser un patrimonio natural único en el mundo con un valor genético incalculable, entregan una serie de servicios ambientales; en ambientes urbanos y rurales pueden ayudar en la producción de aire y agua limpios, en el reciclaje y depuración de aire y aguas, en el abatimiento de ruidos y aislamiento de fuentes contaminantes, en la morigeración de las islas térmicas, como barreras naturales para frenar la desertificación (Romero et al., 2001). Por su parte, las quebradas en buen estado y bien mantenidas brindan múltiples servicios ecosistémicos tales como soporte para la biodiversidad, regulación microclimática, regulación de los niveles de ruido propio de los sistemas urbanos y la disminución de la escorrentía superficial (Vásquez, 2016).

Pese a estas características, la flora de lo que se ha denominado litoral central, que es parte de la vegetación mediterránea de Chile ha sufrido una pérdida sustancial de sus cualidades y funciones ecosistémicas. Desde el desembarco europeo, ha debido soportar presiones ambientales de todo tipo, la tala de sus individuos monumentales, la agricultura intensiva durante la fiebre del oro en California, las plantaciones de monocultivos forestales, el desarrollo urbano desregulado y un largo etcétera que han conseguido mermar su extensión geográfica, fragmentar sus ecosistemas y transformar sus estructuras (Teillier, 2021).

En la misma línea, las quebradas litorales que bajan desde los cordones montañosos de la cordillera de la Costa albergan el tipo de vegetación bosque esclerófilo costero, y revisten una gran importancia conectando hábitats fragmentados, sirviendo como canales para el traspaso de energía y materia, así como para la dispersión de la flora y la fauna. Sus características peculiares permiten albergar un tipo de vegetación que gusta más de ambientes húmedos como son las especies hidrófilas, similares a las formaciones más australes de los bosques templados de la selva Valdiviana (Quintanilla y Morales, 2012). Y, por otro lado, sus características topográficas la han resguardado, en cierta forma, de la agricultura intensiva, la urbanización y las plantaciones (Teillier, 2021).

La degradación antrópica ha azotado al matorral, bosque esclerófilo, y a la vegetación típica de estos ecosistemas. Como consecuencia han quedado atrás las densas estructuras vegetacionales uniformes, multi etarias, productivas, de gran desarrollo vertical y resilientes que poblaron la zona central de Chile en el período preeuropeo dando paso a ecosistemas fragmentados, degradados, poco resilientes y escasos relictos con un riesgo potencial a desaparecer (Teillier, 2021).

El área de estudio posee una alta valoración socioambiental por parte de la comunidad que identifica este lugar como un sitio proveedor de servicios ecosistémicos culturales, de regulación, de soporte y aprovisionamiento (Herrera, 2021). Por estas razones, hoy existe un interés creciente por proteger el área e iniciar procesos que vayan en pos de su conservación y recuperación. Se ha identificado el Estero El Totoral como un objeto de conservación clave dentro de la comuna, y existe el deseo por revalorizar sus atributos por medio de la educación ambiental (Herrera, 2021). Sin embargo, se cuenta con información muy escasa y limitada sobre los atributos ecológicos del área y el estado ecológico en el que se encuentra hoy, lo que dificulta emprender acciones de recuperación con criterios ecológicos y revalorizar sus atributos.

1.3 Estado del asunto.

1.3.1 Degradación antrópica de los ecosistemas.

Se entiende por degradación de origen antrópica, todas las modificaciones que conducen al deterioro del medio ambiente, o de cualesquiera de los elementos constitutivos del mismo, inducida o provocada directa o indirectamente por el ser humano. Generando deterioro, empeoramiento, desmejoramiento, estropeo o menoscabo de las condiciones originales en el medio ambiente o de cualesquiera de sus elementos (Vargas, 2019).

Evaluar la degradación de un espacio requiere de un cierto grado de amplitud en el abordaje, considerando que existen diversas disciplinas y puntos de vista desde los cuales se puede calificar la degradación; tales como el ecológico, paisajístico, estético, cultural, económico, entre otros (Vargas, 2019). El presente estudio, adopta un enfoque ecológico para evaluar las causas de la degradación y sus consecuencias.

1.3.2 Teoría de la restauración ecológica.

La restauración ecológica, surge como disciplina formal en los últimos años de la década de los 80, con la creación de la Sociedad de Restauración (SER) la cual define la restauración como el proceso de asistir el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, mediante estudios sobre su estructura, composición y funcionamiento, estableciendo ecosistemas de referencia que entregue información del estado que se quiere alcanzar o del estado previo al disturbio, que servirá de modelo para planear un proyecto (Society for Ecological Restoration, 2004).

Emprender proyectos que busquen incidir positivamente en la dinámica de hábitats o ecosistemas, exige definir en detalle los alcances y los objetivos que tendrán las acciones, o bien, se podría llegar a resultados insatisfactorios respecto a las expectativas iniciales. En este sentido, diversos autores (Cairns, 1986; Bradshaw, 1990; Cairns y Heckman, 1996, Primack et al., 2001 en Altamirano, 2008) han propuesto distintas opciones de manejo en ecosistemas degradados, en función de los alcances y los objetivos que se esperan conseguir, distinguiendo conceptos que habitualmente se utilizan sin distinción, y estos son:

1. Ausencia de acción: Se da cuando está demostrado que un sitio tiene la capacidad de recuperarse solo, o bien cuando las experiencias anteriores en el mismo sitio son insatisfactorias. Se deja que el ecosistema evolucione en exclusión de intervenciones antrópicas (Altamirano, 2008). No obstante, es en sí misma una acción antrópica, que se justifica porque el área está expuesta a una acción antrópica continua y nociva. Esta exclusión generalmente expresada en un cerco excluye también a la fauna mamífera, con lo que a su vez se restringen interacciones vitales del ecosistema (Altamirano, 2008; Vargas, 2019).

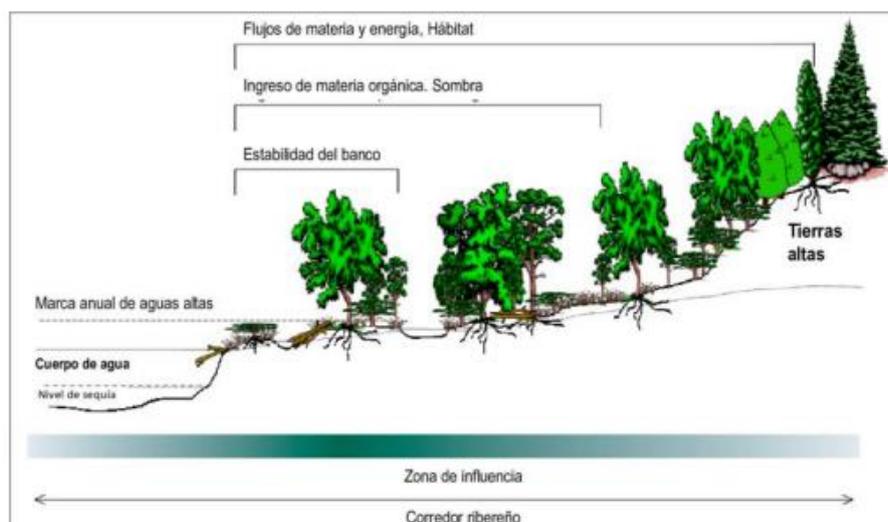
2. Reemplazo: Tiene como objetivo transformar un sitio que ha sido sometido a degradación por una comunidad biológica productiva, por ejemplo, de alto valor maderero. No busca recuperar comunidades originarias, sino más bien crear nuevos hábitats rescatando algunas funciones ecológicas (Altamirano, 2008; Vargas, 2019).
3. Rehabilitación: Busca reparar un ecosistema degradado por medio de la recuperación de especies originales y algunas funciones del ecosistema, se centra en la rehabilitación de especies. Se entiende como una restauración parcial (Altamirano, 2008; Vargas, 2019).
4. Restauración o reconstrucción: Busca reestablecer procesos ecológicos, considerando la estructura comunitaria y la composición de especies, busca lograr una mayor similitud con el ecosistema original (Altamirano, 2008; Vargas, 2019).

En Chile, las experiencias en recuperación de áreas degradadas son más bien intentos de reforestación, rehabilitación o reemplazo, no así de restauración ecológica. Muchos de los esfuerzos de revegetación en Chile, se han hecho con especies alóctonas de rápido crecimiento, sin bases ecológicas, siendo muy escasos los esfuerzos de revegetación con especies nativas (Altamirano, 2008).

1.3.3 Zonas de ribera

Las zonas de ribera son ecosistemas dependientes a cursos o cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, humedales y quebradas (Moller, 2011), estas áreas se desempeñan como una zona de transición entre el medio acuático y el medio terrestre, donde la vegetación y los cursos de agua, desarrollan una relación de dependencia estrecha y reciprocidad debido a que presentan las condiciones necesarias para el desarrollo de hábitat diversos, dinámicos y complejos que en otros ecosistemas no se podrían formar (Council et al., 2002). En la figura 1, se puede ver un perfil típico de una zona de ribera en ambientes de quebradas.

Figura 1: Perfil de zona de ribera.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los ecosistemas de las riberas, tienden a albergar una vegetación más robusta que su entorno producto de la mayor disponibilidad de humedad (Donoso, 1982), en la zona mediterránea de Chile, caracterizada por sus pisos vegetacionales de Bosque y matorral esclerófilo (Luebert y Pliscoff, 2018) las zonas de ribera tienen la capacidad de albergar un subtipo forestal del Bosque esclerófilo, denominado bosque higrófilo (Donoso, 1982) el cual es capaz de desarrollar diversas funciones ecológicas, en ciudades puede ser un soporte de la biodiversidad, que de otra forma sería incapaz de sobrevivir en la matriz urbana (Naiman et al., 1993). Puede mitigar los efectos de la fragmentación de hábitats, disminuyendo el efecto isla (Bryant, 2006), permitiendo el desplazamiento de fauna silvestre, así como el flujo de materia orgánica. Son áreas capaces de mantener el balance hídrico, sedimentológico y biogeoquímico (Naiman & Decamps, 1997).

Para evaluar el estado ecológico de una zona de ribera existen diversos criterios de acuerdo con las funciones que la zona juega para el estudio (Peredo, 2010), para el caso de la presente memoria se optó por utilizar criterios ecológicos, por sobre criterios químicos, sociales, hidromorfológicos o fisicoquímicos.

1.3.4 Evaluación de estado ecológico.

El estado ecológico es entendido como un resumen de la salud global del sistema, el cual expresa la calidad de las estructuras y el funcionamiento de los ecosistemas, su finalidad es entregar una visión integral de la condición en que se encuentra el área, combinando aspectos hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos (Corrochano, 2007).

De acuerdo con Vargas (2011), evaluar el estado ecológico es fundamental si se quiere evidenciar los problemas que aquejan a un área determinada y es un paso de vital importancia a la hora de comenzar cualquier proceso de recuperación de sitios degradados. Es decir, evaluar las condiciones de los sitios a intervenir es un factor crítico para el éxito de cualquier proceso en el que se busque hacer frente a la degradación (SER, 2004) y, sin embargo, la experiencia chilena demuestra que es un paso que muchas veces se ha omitido a la hora de iniciar este tipo de empresas (Altamirano, 2008).

Índice QBR.

El desarrollo de metodologías que permitan evaluar de manera efectiva el estado ecológico de las zonas de ribera sin perder la capacidad de integrar información de la salud global del sistema es un desafío a la hora de buscar aproximaciones confiables sobre los estados de estos ecosistemas (Palma, Figueroa y Ruíz, 2009).

La experiencia chilena en evaluación de estados ecológicos es limitada, y es más limitada aun cuando se trata de evaluar zonas de ribera o ribereñas (Vázquez, 2019). En este sentido, destaca la utilización del índice QBR, el cual ha demostrado ser de aplicación rápida, sencilla, de bajo costo y confiable, el cual permite integrar componentes biológicos y geomorfológicos (Silva & Arancibia, 2015 en González, 2020).

En Chile, el índice QBR se ha utilizado por diversos autores para evaluar distintos ecosistemas hidrográficos dentro de los cuales se puede mencionar a Peredo (2012), quien utilizó el índice de calidad de Bosques de ribera (QBR) en las zonas de ribera de la cuenca del Maipo; Carrasco (2014), quien evaluó el estado ecológico de la vegetación en los ríos Lingue y Cahuín; Vázquez (2018), quien evaluó el estado ecológico en las zonas ribereñas de las quebradas costeras en la comuna de Algarrobo y González (2020), quien utilizó el índice QBR para evaluar el Estado ecológico del Estero Zamorano En San Vicente de Tagua-Tagua.

Índice de Shannon

El índice de biodiversidad de Shannon es uno de los métodos matemáticos de mayor aplicación en ecología (Jost y González-Oreja, 2012). En Chile su uso es masivo aplicado estudios de diversidad de aves, mamíferos, peces, plantas, etc. A lo largo de todo el territorio; se pueden mencionar los trabajos de Velasco et al., (2012), quien evaluó los efectos como nodriza de la especie *Acacia caven* en la zona Mediterránea; Muñoz-Pedrerros et al., (2010), estudiando la biodiversidad de micromamíferos en la Región de Valparaíso; Siefeld et al.,(1996), evaluando la avifauna en el Salar del Huasco, más recientemente Vázquez (2019) y González (2020) evaluando el estado ecológico de Microcuencas en Chile central. Y una larga lista de autores que respaldan su utilización.

1.4 Área de estudio: Estero El Totoral, El Quisco.

El área de estudio corresponde a la zona de ribera del Estero El Totoral, microcuenca costera ubicada en los límites administrativos de la comuna de El Quisco, en la Región de Valparaíso (ver figura 3). El Quisco posee una superficie de 50,7 km², y es la comuna de menor tamaño de las 38 que integran la Región de Valparaíso. Junto a Algarrobo, El Tabo, Cartagena, San Antonio y Santo Domingo, conforman la Provincia de San Antonio. La comuna, limita al norte con la comuna de Algarrobo, siendo divididas por la quebrada Las Petras, al Este con el océano Pacífico, al Oeste con la comuna de Casablanca y al Sur con la comuna de El Tabo, siendo la quebrada de Córdova una frontera natural entre ambas comunas (Ilustre Municipalidad de El Quisco, 2019).

El área de estudio se ubica en una de las 5 quebradas que se desarrollan en la comuna cuyos cursos conforman pequeñas microcuencas de escaso recorrido, pero de altas pendientes, las cuales revisten un alto valor ambiental (I.M de El Quisco, 2019). La quebrada Estero El Totoral tiene un largo aproximado de 11,8 kilómetros, con una inclinación promedio de 3,7% correspondiente a una pendiente ligeramente inclinada y una inclinación máxima de 14% correspondiente a una pendiente fuertemente inclinada (de acuerdo a Araya – Vergara y Börgel, 1972 en Chávez, 2005), como se puede ver en el Perfil de elevación trazado en el *Talweg* de la microcuenca (Figura 2).

Figura 2: Perfil de elevación del talweg estero El Totoral.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La microcuenca posee un régimen pluvial, por lo que todos sus aportes provienen de las precipitaciones en el área, las que históricamente se han concentrado en los meses de invierno (junio, julio, agosto) con una estación seca prolongada donde las precipitaciones son casi nulas (Dirección General de Aguas -DGA-, 1980). En los meses invernales se hace presente la red hídrica superficial del estero, y es posible ver un mayor volumen de agua escurriendo, de acuerdo con información entregada por los vecinos de Punta de Tralca (Herrera, 2021). Durante la estación seca en el área mediterránea, la microcuenca debiese presentar mínimos caudales de estiaje, que se explican por los escasos aportes pluviales en la zona, siendo una característica típica de las microcuencas costeras de la zona central (DGA, 1980).

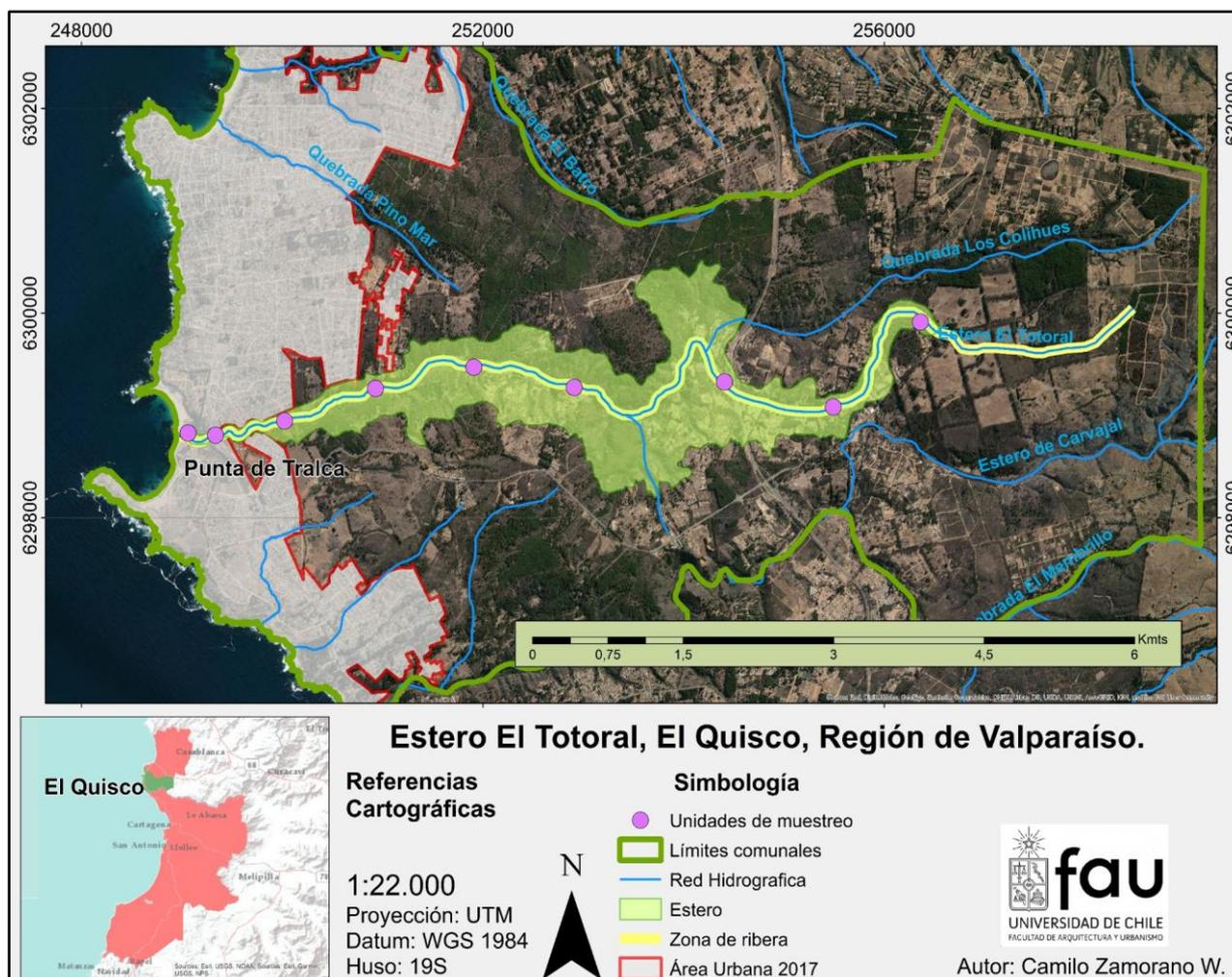
La comunidad percibe la quebrada estero El Totoral como un área natural clave en la comuna, con la potencialidad de integrar áreas naturales disgregadas (Herrera, 2021), contando con características climáticas locales para albergar flora con un alto grado de endemismo y de gran valor geobotánico como es el subtipo higrófilo (I.M de El Quisco, 2019. Donoso, 1982, Quintanilla y Morales, 2012), sin embargo, sus cualidades han sido diezgadas considerablemente a mano de actividades antrópicas (Herrera, 2021).

El Quisco tiene una clara vocación turística, y se ha consolidado históricamente como uno de los principales balnearios de lo que se ha llamado “Litoral Central”. Esta condición como destino turístico queda de manifiesto en el período estival donde la población flotante aumenta considerablemente, incrementando la presión sobre los servicios económicos, la red vial y sobre los hitos naturales, se estima que la población flotante alcanza las 250 mil personas en algunos meses de verano, siendo la comuna con mayor densidad poblacional de la Provincia (I.M de El Quisco, 2019).

En cuanto a la distribución de los usos de suelo comunal, se destaca que alrededor del 37% del total de la superficie comunal está destinada a plantaciones forestales, siendo este rubro el que presenta mayor superficie de suelo en la comuna, seguida por el uso de suelo urbano con un 30%. Mientras que el bosque nativo alcanza menos de un 15% de la superficie comunal (I.M de El Quisco, 2019).

El municipio de El Quisco, cuenta con la certificación ambiental municipal (SCAM) que entrega el Ministerio del Medio Ambiente a comunas que se destacan por su gestión comprometida con el cuidado del medioambiente (I.M de El Quisco, 2019); actualmente la comuna no cuenta con ningún área bajo el sistema nacional de áreas silvestres protegidas por el Estado (SNASPE), ni tampoco con reservas naturales municipales (RENAMU), situación que ha movilizó a la comunidad a trabajar por darle un grado de protección a estos sitios, mediante la articulación social, en organizaciones como la mesa de trabajo ambiental, el comité ambiental comunal de El Quisco, el comité ambiental de Punta de Tralca y la organización Cuidemos Las Quebradas (Herrera, 2021).

Figura 3: Cartografía del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

1.5 Objetivos.

Objetivo General: Evaluar el estado ecológico de la zona de ribera de la microcuenca estero El Totoral.

Objetivos específicos:

- 1- Describir el ecosistema forestal esclerófilo de la zona de ribera del estero El Totoral en un estado original potencial.
- 2- Describir la salud global actual de la zona de ribera del estero El Totoral a través de la aplicación de diversos índices seleccionados para el caso de estudio.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.

2.1 Métodos para describir el ecosistema forestal esclerófilo en un estado previo.

Para describir un estado previo de las estructuras forestales de la microcuenca, se hizo una revisión de literatura especializada sobre la flora vascular de la región mediterránea de Chile, específicamente sobre el área que comprende la ecorregión de Valparaíso. Se clasificó la documentación encontrada en función de su relevancia para el estudio, es decir, si es que cuenta con información sobre la flora vascular, las estructuras forestales, las comunidades o las especies que han poblado las quebradas costeras. A partir de la documentación recopilada, se describieron las posibles estructuras forestales del estero El Totoral en un estado pre-disturbios, con el fin de tener una imagen de contraste (un estado óptimo) al escenario actual, el cual servirá como guía de un estado ecológico potencial al cual apuntar. Se debe considerar que la descripción no se ciñe a un período cronológico específico.

2.2 Métodos para evaluar el estado ecológico.

Para evaluar el estado ecológico del Estero, se emplea una metodología de investigación mixta, por un lado, se aplicaron índices cuantitativos de amplio uso en estudios de ecología, para evaluar dimensiones puntuales del ecosistema como la biodiversidad de especies, la calidad de la zona de ribera y catastros de erosión; los que fueron acompañados de métodos cualitativos como la observación y la revisión bibliográfica, los que se resumen en la Tabla 1.

La selección de los índices para evaluar el estado ecológico se basó en las metodologías propuestas por González (2020) y Vásquez (2019), autoras quienes han desarrollado evaluaciones de estado ecológico en zonas de ribera en quebradas y esteros en la zona Mediterránea de Chile, decisión que se justifica por la similitud de los estudios en cuanto a sus objetivos y alcances.

Tabla 1: Resumen de métodos para evaluar estado ecológico.

Dimensión	Método	Bibliografía de contraste/complemento
Vegetación	Índice QBR.	---
	Índice de diversidad de Shannon: - especies leñosas. - especies herbáceas.	Inventario nacional de Especies MMA (2021).
	Índice de diversidad de Shannon.	Catastro I. Municipalidad de El Quisco (2019), flora y fauna de Punta de Tralca.
Avifauna		

Suelo	Índice de erosión de suelo.	Observación cualitativa	---
Hidrografía	---		<ul style="list-style-type: none"> - Hidrografía de Chile, DGA. - Serie de datos de precipitaciones de Center for Climate and Resilience Research -desde ahora (CR)² - Informe a las naciones ((CR)², 2019)

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.2.1 Índice QBR.

Es uno de los índices con mayor aplicación tanto en el plano nacional como en el internacional a la hora de determinar la calidad de los bosques en las zonas ribereñas (Vásquez, 2018). Se trata de un índice de aplicación sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos para evaluar la calidad ambiental de las riberas (Agencia Catalana del Agua, 2006). Al utilizar este índice se pone atención en cuatro dimensiones (Ver anexo 1):

- 1) Grado de cubierta de ribera: Mide el porcentaje de cobertura de toda la vegetación, tomando en cuenta, árboles, arbustos y herbáceas.
- 2) Estructura vegetacional: evalúa la complejidad de la cobertura vegetal, valorando la conexión entre la vegetación de ribera y los recursos forestales adyacentes.
- 3) Calidad de la cubierta: mide por medio del conteo especies, su disposición y su origen.
- 4) Grado de naturalidad del canal fluvial: se identifican las modificaciones presentes en el cauce y se valora la afectación que puede sufrir la dinámica natural.

Para evaluar cada dimensión se empleó un sistema de puntaje con rangos entre 25 y 0 puntos, de acuerdo con el nivel de naturalidad o intervención (Ver tabla 2). Luego se realizó una sumatoria de las 4 dimensiones, lo que entregó el índice total de QBR (Ver Anexo 1).

Un punto a favor de este índice es que permite ser aplicado en cualquier momento del año, dado que sus resultados no dependen de la estacionalidad en que se aplica, al considerar especies con características perennes (Suárez et al., 2002 en González, 2020).

Para la medición del índice QBR se sugiere utilizar transectos de 100 metros de largo por 50 metros de ancho. Para este caso se modificaron estas medidas y se establecieron transectos de 80 metros de largo y 25 de ancho, ya que las características geomorfológicas del Estero (ribera cerrada) impiden establecer transectos de mayor tamaño.

Tabla 2: Rangos de calidad de bosque de ribera.

PUNTUACIÓN QBR	CALIDAD BOSQUE DE RIBERA
≥ 95	Bosque ribereño sin alteraciones, estado natural.
75 – 90	Bosque ribereño ligeramente perturbado, calidad buena.
55 – 70	Inicio de alteración importante, calidad aceptable.
30 – 50	Alteración fuerte, mala calidad.
≤ 25	Degradación extrema, pésima calidad.

Fuente: Munné et al. (2003)

2.2.2 Índice de Shannon.

Es uno de los índices más utilizados en ecología de comunidades (Pla, 2006) y tiene por objetivo medir la heterogeneidad de las comunidades de acuerdo con dos parámetros clave: la diversidad de especies y la abundancia relativa de cada especie. Por lo que previamente, se debió realizar un registro de riqueza y abundancia de individuos, de vegetación leñosa, vegetación herbácea y avifauna, para cada área de muestreo.

Los resultados que arrojó el índice de Shannon son de fácil interpretación, estos alcanzan valores de 0 cuando solo hay una especie, y el logaritmo de S cuando la cantidad de individuos es igual a la cantidad de especies (Figueroa Pianda, 2015). Se calcula con la ecuación:

$$H = \sum_{i=1}^s p(i) \log p(i)$$

En donde:

H= índice de diversidad de especies.

S= Número de especies.

P= Proporción de la muestra que corresponda a la especie i.

Caviedes (1999) en Vázquez (2018) añade rangos de diversidad para interpretar el índice, el cual se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3: Rangos del índice de diversidad de Shannon.

Rango	Significado
<1	Diversidad muy baja.
>1 – 1,8	Diversidad baja.
>1,8 – 2,1	Diversidad media (DM)
>2,1 – 2,3	Diversidad alta (DA)
>2,3	Diversidad muy alta (DMA)

Fuente: Caviedes (1999) en Vázquez (2019).

Para registrar la riqueza y abundancia de las especies que fueron parte del análisis del índice de Shannon, se llevaron a cabo distintas formas de registro de acuerdo con la naturaleza de las especies a evaluar. Distinguiendo entre vegetación leñosa, vegetación herbácea y avifauna. Las que se describen a continuación:

2.2.3 Registro de vegetación leñosa.

Se seleccionaron parcelas fijas de 10 metros de largo por 5 metros de ancho dentro de la zona de ribera del Estero, donde se llevó el registro de especies leñosas y la cantidad de individuos por especie (ver anexo 2), siguiendo la metodología propuesta por Hernández (2000). El registro se llevó a cabo mediante la colaboración de un experto en botánica y flora litoral, acompañando la observación con el registro fotográfico, ante dudas en la identificación se recurre al documento Flora Silvestre de Chile Central de Hoffman (2012).

2.2.4 Registro de vegetación herbácea.

La vegetación herbácea es toda aquella que no cuenta con tejidos lignificados (leñosos). Para su registro se utilizó el método *Point Quadrat* que consiste en contabilizar la presencia de vegetación, registrando especies, suelo desnudo o rocas, en 100 puntos distribuidos en un transecto de 10 metros (Candía et al., 1983). Para lo cual, se tomó registro de las especies herbáceas halladas cada 10 cm., se fotografió las especies no identificadas y de no ser posible su identificación posterior se tomó nota de su género y origen en base al documento Catálogo de plantas vasculares de Chile (Rodríguez et al., 2018).

2.2.5 Registro de avifauna.

Se registró la biodiversidad de aves, puesto que pueden ser tomadas como un grupo representativo dentro de la fauna presente del ecosistema, las que pueden ser censadas a grandes escalas, y su abundancia está influenciada por las características del entorno en donde habitan (Carignan & Villard, 2002). La avifauna como indicador se utiliza bajo el supuesto de

que son representativas a la respuesta que puedan tener otra fauna presente en el hábitat (Ralph & Fleishman, 2004 en Vázquez, 2019).

Para su registro se seleccionaron puntos únicos de muestreo en el área, desde el cual se observó un radio de 20 metros a la redonda por un tiempo de 4 minutos, en un horario estimado entre las 07 a.m. y 10 a.m., esto con el fin de realizar el muestreo a la hora donde las especies se encuentran con mayor actividad para facilitar el avistamiento. Para su identificación se utilizarán binoculares y una cámara fotográfica para registrar el avistamiento y facilitar su identificación.

2.2.6 Estimación de tipos de erosión dominantes.

Existen diversos métodos para evaluar el nivel de erosión de un área, en este estudio se optó por un método sencillo en su aplicación, dado que no se contó con los medios para realizar métodos más detallados.

Se hizo un recorrido por el transecto de 80 metros utilizado en la aplicación del índice QBR, para seleccionar visualmente áreas con indicios de erosión ubicados en la zona de transición entre la zona de ribera y la zona baja de la ladera Sur, a la cual se pudo acceder con mayor facilidad. Una vez identificadas las áreas erosionadas se establecieron sobre ellas, parcelas de 10 m x 10 m, las que fueron divididas en 4 cuadrantes para facilitar la observación, siguiendo el método de De la Maza (2014) en Vázquez (2019). Observando desde fuera los cuadrantes se identifica el tipo de erosión predominante entre:

- A) Erosión laminar: Consiste en la remoción de homogéneas delgadas capas de suelo por efecto del agua que escurre en terrenos con poca pendiente (Bascañán, 2010 en Escobar, 2019) es un tipo de erosión superficial que se produce en las laderas después de una tormenta cuando se supera la capacidad de almacenaje ya sea por una lluvia prolongada o por lluvias de intensidad superior a la capacidad de infiltración del suelo, superando su capacidad de retención (Morgan, 1997) produciendo un gran daño a las propiedades del suelo, debido al empobrecimiento de nutrientes y al descenso de la capacidad de almacenamiento de agua (Bascañán, 2010).

- B) Erosión en surcos: La erosión por surcos es la pérdida de suelo producida por el flujo de agua de lluvia concentrada en pequeñas incisiones naturales, las que se desplazan ladera abajo y eventualmente de forma regresiva arrastrando sedimentos, formando zanjas con profundidades de hasta 50 cm. (Escobar, 2019). Cuando la pendiente de un terreno experimenta irregularidades de forma, longitud e inclinación, el flujo hídrico superficial se concentra en sitios específicos hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para generar cortes y formar surcos (Suárez, 1980 en Escobar, 2019).

C) Cárcavas: Estas estructuras son la manifestación extrema de la erosión hídrica, ya que su existencia indica un deterioro severo del suelo (Cisneros, 2012), no obstante, lo anterior, la aplicación de medidas estructurales y biológicas de control de erosión puede revertir dicho deterioro (Vargas, 2019). En la formación de cárcavas y el desarrollo de estas, sucede un fenómeno de retroalimentación positiva, es decir, a medida que la cárcava va creciendo el efecto erosivo se vuelve más intenso.

Las cárcavas son incisiones más o menos profundas, originadas por diversas causas que implican concentración del flujo hídrico y suelen crecer de manera retrógrada, frontal y por desplomes laterales, entre otras formas (Vargas, 2019). Las cárcavas usualmente comienzan en la parte inferior de la ladera y avanzan regresivamente de manera dinámica, gatillado entre otras cosas por el escurrimiento superficial concentrado y los cortes en su cabecera (Vargas, 2019; Carrasco, 2019).

Con los tipos de erosión predominantes definidos se estableció el grado de erosión de acuerdo con el D.L. 701 en Vázquez (2019), en función del porcentaje (%) de cobertura que tenía la erosión sobre las parcelas de 10m x 10m, como se ve en la tabla 4:

Tabla 4: Rangos de erosión en base a cobertura por parcela de muestreo.

Erosión	Porcentaje de cobertura
Sin erosión	0%
Erosión leve	<20%
Erosión moderada	20% - 60%
Erosión severa	60% - 80%
Erosión muy severa	80% - 100%

Fuente: elaboración propia en base a DL. 701 en Vázquez, 2019.

La topografía es uno de los factores determinantes de la degradación erosiva. Una mayor inclinación y longitud de pendientes puede magnificar la erosividad producto del incremento de la velocidad y volumen de la escorrentía superficial (Bascañán, 2010). Por esta razón, se creó una cartografía de pendientes de la microcuenca a partir del archivo Shapefile de curvas de nivel de Valparaíso facilitado por (CIGIDEN, 2020), con el fin de identificar áreas con mayor susceptibilidad a sufrir degradación erosiva. Para lo cual se ejecutó la herramienta *slope* en el programa ArcMap 10.2 para obtener las pendientes, las cuales fueron reclasificadas en base a Araya – Vergara y Börgel (1975), Ferrando (1993), Young (1972) en Chávez (2005) (tal

como se ve en la Tabla 5). Se hizo un análisis visual de las pendientes de las laderas y del tipo de erosión predominante.

Tabla 5: Clasificación de pendientes según umbrales morfodinámicos

Pendiente (%)	Concepto	Umbral Geomorfológico
0 - 4,5	Horizontal/ A nivel	Erosión nula a leve
4,6 – 11	Suave	Erosión débil a difusa
11,1 – 22	Moderada	Erosión moderada a fuerte
22,1 – 44,5	Fuerte	Erosión intensa. Inicio de Cárcavas
44,6 – 67	Moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa.
67,1 – 100	Escarpada	Soliflucción intensa.
<100	Acantilada	Desprendimiento y derrumbes

Fuente: Araya – Vergara y Börgel (1972), Ferrando (1993), Young (1972) en Chávez (2005)

2.2.7 Observación cualitativa

Los datos obtenidos a partir de los índices fueron complementados con la observación sistemática dirigida a elementos que se consideró que quedaban ajenos al muestreo cuantitativo. Así se utilizó este método con el fin de dar cuenta de elementos claves que afectan el estado ecológico de la zona ripiaría, ubicada entre las áreas de muestreo o bien, en las zonas medias y altas de las laderas con influencias sobre aquella. En esta consideración se puede mencionar la existencia de especies en categorías de conservación o bien, comunidades hidrófilas raras, la existencia de puntos de extracción de agua o la instalación de viviendas particulares.

2.2.8 Procedencia de las especies registradas.

Del registro de vegetación leñosa y avifauna se distinguió las especies en base a su procedencia: nativas, endémicas o exóticas, con el fin de calcular la biodiversidad de árboles y arbustos nativos; para ello se recurre al Inventario nacional de especies de Chile, del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). En el caso de especies herbáceas se recurre al documento “*Catálogo de las plantas vasculares de Chile*” (Rodríguez et al. 2018).

Además, se evalúa si alguna de las especies -leñosas, herbáceas, avifauna- vistas en el trabajo de campo cuenta con alguna categoría de conservación en la Nómina de especies según Estado

de Conservación en Chile del MMA. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de especies exóticas invasoras (EEI) y no invasoras, de especies nativas y endémicas.

2.2.9 Definición de áreas de muestreo

Se opta por una técnica de muestreo aleatorio simple, dada la facilidad con la que se puede emplear, que lo diferencia de otras técnicas, como el muestreo estratificado o sistemático (De la Maza, 2013).

Se seleccionaron 8 áreas de muestreo a lo largo del estero, con un kilómetro de distancia aproximada entre una y otra área, con el fin de cubrir toda la evolución del estero sin dejar grandes zonas fuera de la evaluación. Además, se añade un punto de muestreo adicional en el exutorio de la microcuenca, en la desembocadura ubicada en la playa de Punta de Tralca, lugar que reviste una alta valoración por parte de la comunidad y donde se señala la existencia de un *micro-humedal* (Herrera, 2021). Por lo que finalmente fueron 9 las áreas de muestreo seleccionadas (ver figura 2).

En cada área de muestreo se aplicaron los índices propuestos, es decir, se aplicó el índice QBR en un transecto de 80x25 metros; el registro de vegetación leñosa, en una parcela de 10x5 metros; el registro de erosión en una parcela de 10 x 10 metros, el registro de vegetación herbácea en un transecto (*Point quadrat*) de 10 metros y el punto de observación de aves, con un radio de 20 metros, con los cuales se calculó el índice de Shannon.

2.2.10 Niveles de degradación.

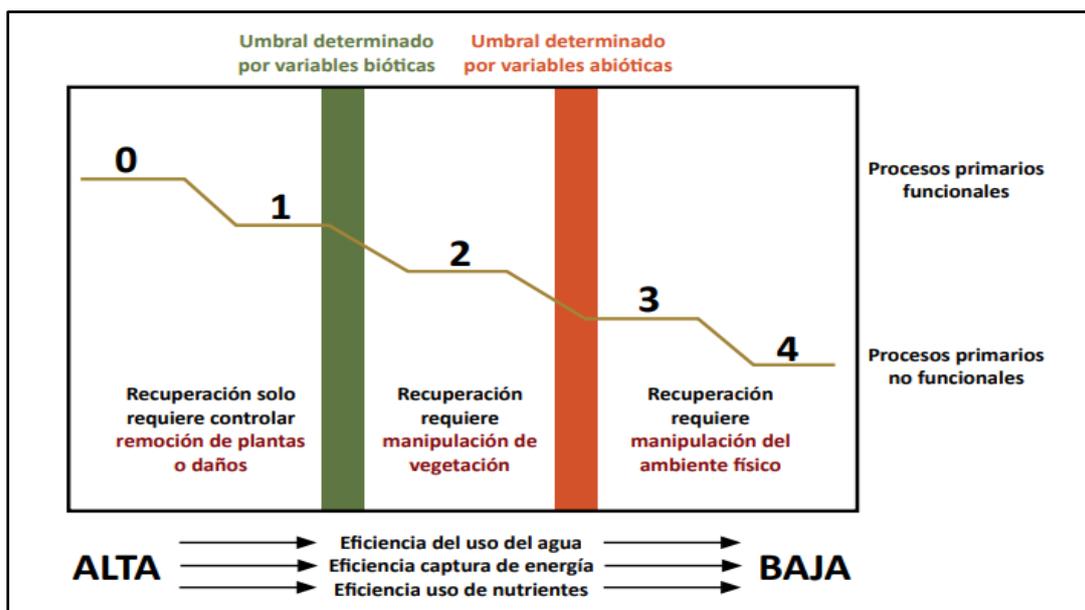
Para determinar el grado de degradación se utilizó como guía el modelo conceptual de Whisenant (1999) en Bown y Pérez (2015) el cual grafica los distintos estados de los ecosistemas y las transiciones por las cuales avanzan hacia una mayor degradación en presencia de tensiones o perturbaciones naturales o antropogénicas.

El modelo de Whisenant (1999) en Bown y Pérez (2015), reconoce 2 umbrales o barreras entre los distintos estados de degradación: (1) barrera biótica, que incluye la pérdida de masa vegetal y la pérdida de biodiversidad. (2) barrera abiótica, que incluye la erosión y la contaminación del suelo.

En base a los resultados de los índices QBR, Shannon y los niveles de erosión se establece un nivel general de degradación para toda la microcuenca. Para ello, se utilizan los niveles de degradación establecidos por Bown y Pérez (2015) (Ver figura 4):

- (1) Degradación baja, que es equivalente al estado 1,
- (2) Degradación media, que comprende el estado 2
- (3) Degradación alta, que comprende al estado 3.

Figura 4: Modelo de Niveles de degradación de los ecosistemas.



Fuente: Whisenant (1999) adaptado por Bown y Pérez (2015).

CAPÍTULO 3: RESULTADOS.

3.1 Ecosistema forestal en un escenario original potencial.

El siguiente modelo conceptual debe ser tomado como una referencia hipotética, basada en las características que presentan otros ecosistemas en la ecorregión costera de Valparaíso, menos perturbados y degradados, y que han podido albergar hasta el día de hoy estructuras vegetales y animales más complejas.

De acuerdo con la clasificación de los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2018) el tipo forestal dominante en la comuna es el Bosque esclerófilo mediterráneo costero. Según Donoso (1981) dentro de los subtipos del Tipo forestal esclerófilo, se encuentra el bosque higrófilo de quebradas, formación vegetal que se encuentra principalmente en zonas de quebradas y riberas de cursos de agua. Por lo que se establece que la zona de ribera del Estero El Totoral en un estado ecológico saludable, debería presentar vegetación propia del subtipo higrófilo.

Categorización de áreas de la microcuenca.

Se establecieron tres grandes zonas para describir la composición florística, en base a las condiciones de aridez y disponibilidad de agua. Las zonas de la microcuenca fueron agrupadas en:

- 1) Laderas con exposición Sur, que incluye laderas con exposición sur, sureste y suroeste.
- 2) Zona de ribera, que incluye los márgenes sur y norte del *talweg*.
- 3) Laderas con exposición Norte, que incluye laderas con exposición norte, noreste y noroeste.

Se agrupan en estas categorías, puesto que la zona mediterránea presenta un contraste muy marcado entre las laderas de exposición Sur, que reciben la radiación solar sólo unas pocas horas al día, y las laderas de exposición Norte, con radiación la mayor parte del día, por lo que se tienen especies adaptadas a soportar condiciones de sol, calor y aridez, y especies ambientadas a terrenos más húmedos, frescos y ricos en materia orgánica de las laderas más umbrías y del fondo de las quebradas (Hoffman, 2012).

3.1.1 Laderas de exposición sur.

Áreas con las condiciones para albergar bosque esclerófilo costero de *Peumus boldus* (Boldo) y *Cryptocaria alba* (Peumo). El cual crece en lugares de mediana humedad y pendientes fuertes a moderadas, también son características las especies *Azara celastrina* (Lilén), *Citronella mucronata* (Naranjillo), *Lithrea caustica* (Litre), *Schinus latifolius* (Molle) y *Bomarea salsilla* (*Zarcilla*) (Teillier et al., 2018).

3.1.2 Laderas de exposición norte.

Áreas dominadas por Matorral xerófilo, el cual crece en laderas con altas temperaturas y condiciones más severas de aridez. Está conformado por arbustos caducos en verano, suculentas y hierbas presentes en la estación primaveral (Teillier et al., 2018). El Matorral xerófilo arbolado, es un tipo de vegetación con una alta cobertura con predominio de arbustos espinosos y árboles como *Quillaja saponaria* (Quillay) y *Lithrea caustica* (Litre) y una cubierta de hierbas perennes. Entre los arbustos destacan las especies *Colliguaja odorifera* (Colliguay), *Flourensia Thurifera* (Maravilla del campo), *Podanthus mitique* (Mitique) (Teillier et al., 2018).

3.1.3 Asociaciones forestales en la zona de ribera.

Las quebradas costeras poseen condiciones ambientales especiales, que le han permitido a las comunidades vegetacionales tener una mayor disponibilidad de humedad y desarrollar bosques higrofilos en plena costa mediterránea (Quintanilla y Morales, 2012). La mayor humedad de estos ambientes es explicada por el flujo estacional de los cursos de agua, los efectos de la neblina en la costa y el alto nivel de la capa freática -más cercano al suelo-, lo que explica un

desarrollo de microhábitats donde la vegetación higrófila es predominante en la zona ripiaría (Donoso, 1982). Enseguida, se describen las posibles asociaciones forestales en la zona ripiara del Estero El Totoral en un escenario saludable:

Bosque higrófilo de *Myrceugenia exsucca* (Petra) y *Drymis winteri* (Canelo).

Es un bosque que se desarrolla en ambientes pantanosos, y que vive sumergido bajo el agua la mayor parte del año, además de *Myrceugenia exsucca* y *Drymis winteri* dominan las lianas *Cissus striata* (Voqui colorado) y *Lardizabala biternata* (Coguil); entre los arbustos se encuentran *Aristotelia chilensis* (Maqui) y *Senna stipulacea* (Quebracho blanco); entre las hierbas, destaca el helecho *Blechnum chilense* (Costilla de vaca). Actualmente se puede encontrar con mayor desarrollo en la localidad de Quinteros donde se ubica el “Bosque de Petras”, pero también en Concón, Quebrada Verde y Santo Domingo. La degradación de estas formaciones ha permitido que penetre la especie exótica invasora *Rubus ulmifolius* (Zarzamora) (Teillier et al., 2018).

Bosque higrófilo de *Aextoxicon punctatum* (Olivillo).

Se desarrolla en las quebradas húmedas donde hay neblina gran parte del año. En el caso de la microcuenca su disposición frontal a la línea de costa, permite suponer que sus estructuras vegetacionales permitieron el desarrollo *Aextoxicon punctatum* (Olivillo). En estos bosques crecen especies arbóreas tal como *Aristotelia chilensis* (Maqui) y *Myrceugenia correifolia* (petrillo); arbustos como *Myrceugenia obtusa* (Arrayán) y *Rhaphithamnus spinosus* (Arrayan macho); y a nivel de herbáceas *Uncinia trichocarpa* (Garabato) (Teillier et al., 2018).

Dada las cualidades biogeográficas que reúne el estero Totoral, es posible asumir que, en un estado sucesional maduro, previo a los cambios de uso del suelo, a la presión sobre los recursos forestales y la proliferación de especies invasoras, fueron predominantes las formaciones de Bosque esclerófilo mesico y húmedo, sobre todo en su ladera de exposición Sur, mientras que a la zona de ribera se le atribuye la formación de bosques del subtipo higrófilo y Bosque esclerófilo húmedo. Tomando como referencia las poblaciones que se encuentran en algunos sectores de la microcuenca Quebrada de Córdova (Quintanilla y Morales, 2012), que para estos efectos puede ser considerado un ecosistema de referencia.

3.2 Salud global de la zona de ribera.

En el siguiente ítem se entregan los resultados obtenidos para los índices QBR, Shannon y Erosión de suelo aplicados en la zona de ribera de la microcuenca, correspondientes al objetivo específico 2 (El resumen de los resultados obtenidos para cada área de muestreo se puede ver en el Anexo 5). El análisis de cada resultado se apoya de fuentes externas. Por último, se añaden dos sub-ítems, correspondientes a la situación hídrica de la microcuenca y la propagación de especies exóticas invasoras (EEI), ambos factores determinantes para comprender la evolución y el estado ecológico actual del área.

3.2.1 Calidad en la zona de ribera (índice QBR)

Los 9 transectos muestreados a lo largo de la zona de ribera arrojan resultados que varían entre niveles de degradación extrema, alteración fuerte e inicio de alteración importante (ver Figura 8). Todos los transectos presentaban alteraciones significativas y ninguno de los transectos observados presentó una calidad buena en su zona de ribera. En promedio se obtuvo una calificación de 44 puntos, lo que indica una calidad mala, propia de una alteración fuerte de los márgenes ribereños del Estero El Totoral.

En promedio, las dimensiones mejores evaluadas por este índice fueron: estructura de la cubierta y el grado de cubierta, que asignan valoraciones según el porcentaje de cobertura de vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, así como la conectividad de la zona de ribera con los recursos forestales adyacentes. Esto indica un alto grado de cobertura vegetal en el área, sin embargo, estas dimensiones no evalúan la procedencia de las estructuras **a nivel de especies**, ni la diversidad de las especies, por lo que puede dar buenos resultados indistintamente de si se trata de especies exóticas o nativas y/o con alta o baja diversidad.

A continuación, se describen en detalle los resultados del Índice QBR:

Degradación extrema (Calidad pésima)

Los transectos 1 y 6 fueron los peor evaluados y los únicos que arrojaron *degradación extrema* con un total de 25 y 0 puntos respectivamente, con una pésima calidad en su zona de ribera; siendo la calidad de la cubierta vegetal el factor más crítico en la evaluación de ambos transectos.

El transecto 1 ubicado en la desembocadura de la microcuenca, en la playa de Punta de Tralca, presenta un predominio de vegetación herbácea, de hábito halófito (característica de humedal), no así de vegetación leñosa, lo que le otorga una calificación baja en la dimensión “grado de cubierta” y “calidad de cubierta”, si bien el resultado es negativo, las cualidades del sector de humedal permiten pensar que para dicho caso el índice QBR no logra evaluar satisfactoriamente la calidad, castigando de sobremanera la falta de vegetación leñosa.

El transecto 6, en cambio, dio cuenta de un nivel de intervención muy severa en la ladera sur del estero, la cual ha sido sometida a procesos de parcelación y urbanización, modificando la morfología del canal fluvial y, por ende, su zona de ribera (ver Figura 5). Ambas laderas (Sur y Norte) han sufrido una pérdida sustancial de sus estructuras forestales, por lo que no existe una conexión con la zona de ribera. Obteniendo 0 puntos en la dimensión “grado de cubierta” y “calidad de cubierta” Además, se registró un punto de extracción de agua que coincide con un corte en el flujo de agua en la corriente superficial, que resta puntaje.

Figura 5: Ladera Sur transecto 6.



Fuente; Captura propia, 2021.

Nota: Fotografía de la ladera sur del Estero, capturada desde el área de muestreo 6, muestra viviendas en el área inmediatamente contigua al talud.

Inicio de alteración importante (calidad aceptable).

Los transectos 2, 3, 4 y 8 fueron evaluados con una calidad aceptable de sus zonas de ribera. Si bien se registra una alta cobertura vegetal en los transectos 2, 3 y 4, los vertidos de basura son una constante, existiendo puntos críticos principalmente ubicados en zonas donde es más fácil el acceso de peatones y vehículos. El tramo entre el “camino antiguo” y el puente nuevo (Av. Isidoro Dubournais) en el sector de Punta de Tralca, presenta una gran cantidad de vertidos, formando verdaderos estratos sobre la capa de suelo, limitando el desarrollo de vegetación, sobre todo del sotobosque.

Los microbasurales son una constante dentro de los límites urbanos de la microcuenca. Este factor incide negativamente en los resultados del índice QBR. Los residuos, además, de impedir el desarrollo de la vegetación pueden afectar la calidad del recurso hídrico por los elementos y lixiviados que contaminan las aguas superficiales y subsuperficiales. La presencia de aceites, grasas, metales pesados y otros residuos contaminantes pueden alterar las propiedades físicas y químicas del suelo (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016). Las Figuras 6 y 7 son registros de los residuos encontrados en la zona de ribera.

Figura 6: Residuos en la zona de ribera

Figura 7: Residuos en la zona de ribera.



Fuente: Captura propia, 2021.

Fuente: Captura propia, 2021.

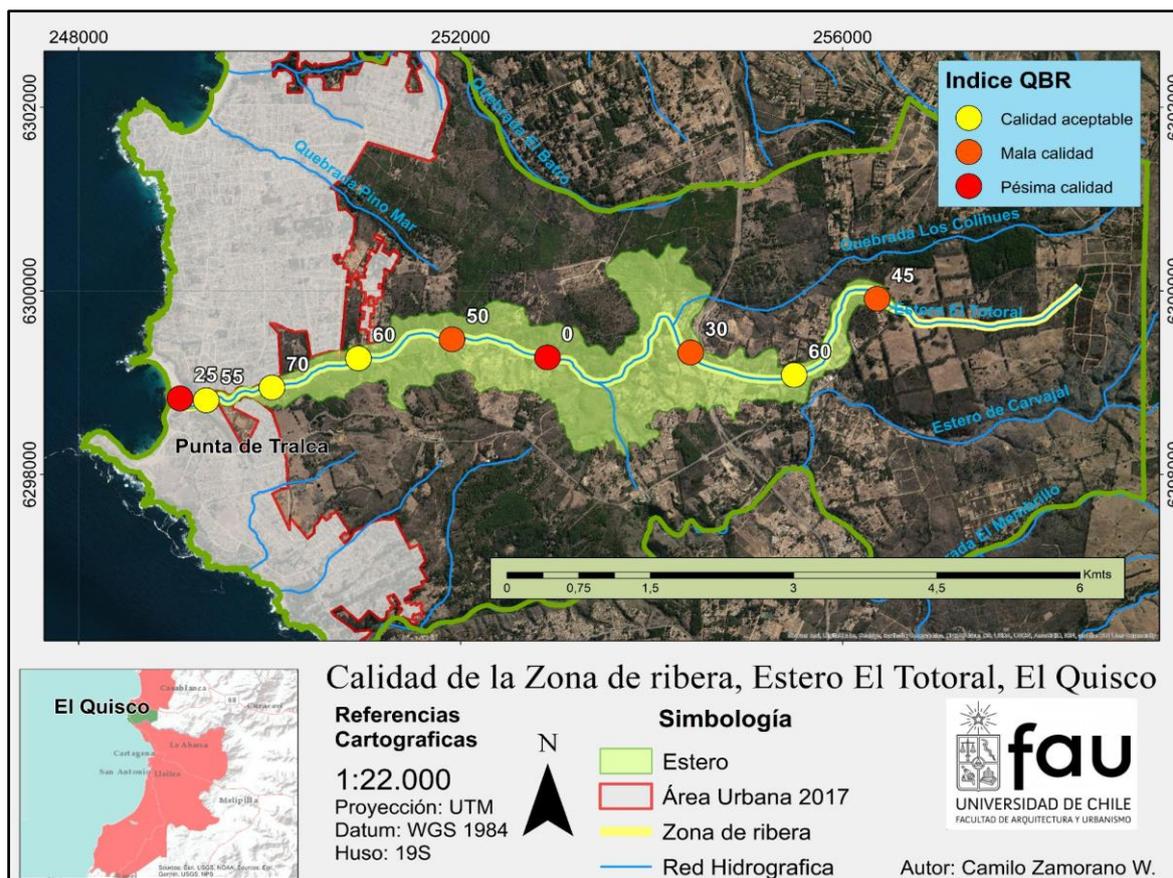
Nota: la fig. 6 y 7 muestran una parte de la diversidad de desechos que se pueden hallar en la zona de ribera, sobre todo en las cercanías del exutorio, dentro del límite urbano.

Tabla 6: Puntaje QBR por transecto.

Dimensiones	Puntajes								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Grado de cubierta	0	20	20	5	15	0	15	15	20
Estructura de la cubierta	20	20	35	15	10	10	10	20	10
Calidad de la cubierta	0	0	5	15	15	-15	0	25	5
Grado de naturalidad	5	15	10	25	10	5	5	0	10
Total	25	55	70	60	50	0	30	60	45

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 8: Cartografía de resultados índice QBR en La zona de ribera.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

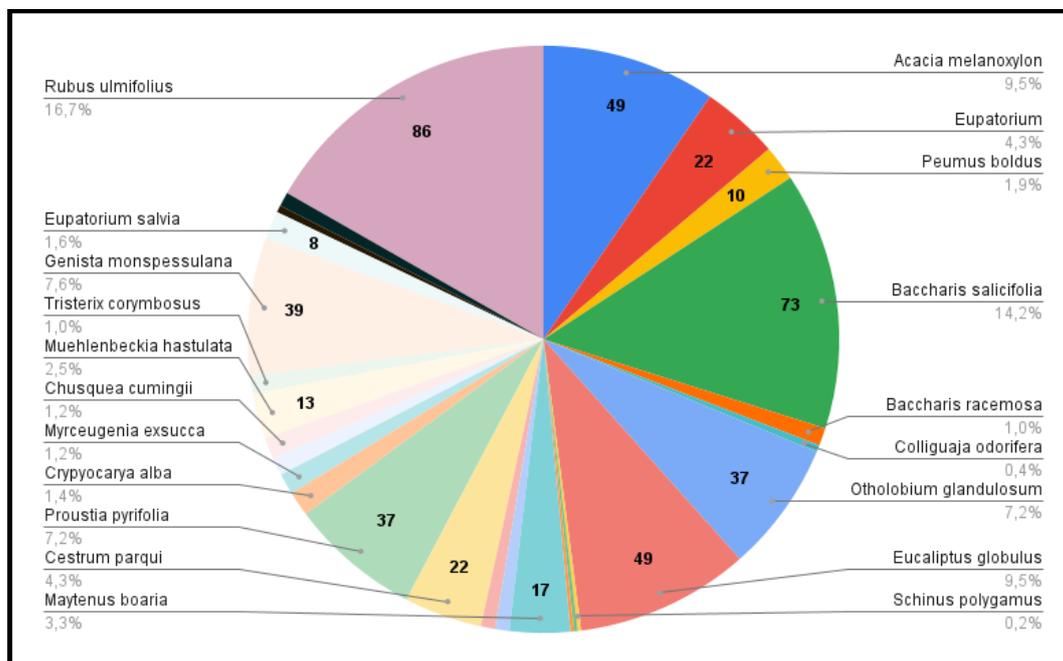
3.2.2 Biodiversidad de especies leñosas.

En la actualidad la zona de ribera del estero presenta una formación de matorral esclerófilo secundario húmedo, el cual es el resultado de una importante degradación de las formaciones higrófilas y esclerófilas originales como señala Teillier et al. (2018). Los ejemplares higrófilos y esclerófilos húmedos son sumamente escasos en la zona de ribera, los que han sido reducidos en cantidad y diversidad de especies producto de diversas presiones antrópicas.

En este sentido, las especies exóticas concentran una abundancia considerablemente mayor a las especies nativas, la figura 9 muestra un resumen de los porcentajes de abundancia para cada especie registrada en todas las áreas de muestreo, en donde 3 especies exóticas invasoras: *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Acacia melanoxylom* (Aromo) y *Teline Monspessulana* (Retamilla) concentran los mayores porcentajes de abundancia, implicando cambios en la composición florística original. Dichos porcentajes dan cuenta de un alto grado de homogeneización de la vegetación leñosa del estero, donde una escasa variedad de especies

concentran un gran número de la abundancia total. Más adelante se profundizará sobre la situación de las especies exóticas invasoras en el área de estudio.

Figura 9: Cantidad de individuos leñosos registrados por especie en las parcelas de muestreo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la aplicación del catastro de vegetación leñosa en las 9 parcelas muestreadas, se obtuvo una riqueza total de **27 especies**, con una abundancia de **515 individuos** (los que se pueden ver en Anexo 3), de los cuales, 14% son endémicos, 41% son nativos, 43% corresponden a especies exóticas invasoras y 2% a especies exóticas no invasoras, como se resume en la tabla 7.

Tabla 7: Individuos leñosos en las áreas de muestreo según lugar de procedencia.

Origen de especies leñosas	Cantidad de individuos	Porcentaje
Vegetación endémica	70	14%
Vegetación nativa	213	41%
Vegetación exótica invasora	223	43%
Vegetación exótica no invasora	9	2%
TOTAL	515	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Enseguida, se detallan los resultados del índice de biodiversidad de Shannon aplicado sobre el registro de especies leñosas para cada parcela de muestreo, la variación espacial de la biodiversidad expresada en el índice de Shannon se puede ver en la figura 10, donde se muestra la biodiversidad de especies nativas y la biodiversidad del total de especies registradas.

Zonas con diversidad muy baja de especies leñosas.

6 de las 9 parcelas registradas, arrojaron una diversidad muy baja de especies leñosas nativas, en efecto, la biodiversidad aumenta si se consideran las especies exóticas como muestra la Tabla 7.

La parcela 1, ubicada en el exutorio del estero, en la playa de Punta de Tralca, registra la menor biodiversidad de especies leñosas nativas, si bien se contabilizaron especies en esta parcela, se trató principalmente de especies exóticas como: *Acacia Melanoxylon* (Aromo), *Rubus ulmifolius* (Zarzamora) y *Myoporum laetum* (Transparente). Por su parte, la única especie leñosa nativa registrada correspondió a *Tristerix corymbosus* (Quintral), especie parásita. Lo que acusa un alto grado de presión antrópica sobre el sector que resultó finalmente en un área desierta de especies nativas.

Las parcelas 4, 5, 6, 7 y 9 presentaron una diversidad muy baja de especies leñosas nativas, donde la especie exótica *Eucaliptus globulus* (Eucalipto) muestra un alto grado de asilvestramiento. Y la instalación de viviendas partículas que despojan superficies a la flora silvestre.

Zonas con diversidad baja de especies arbóreas y arbustivas nativas.

Las parcelas 2 y 3 presentaron una diversidad mayor de especies nativas, con presencia de *Peumus boldus* (Boldo), *Cryptocaria alba* (Peumo), *Cestrum parqui* (Palqui), *Chusquea cumingii* (Quila), *Azara celastrina* (Lilén) y *Colliguaja odorifera* (Colliguay) entre otras especies típicas del bosque esclerófilo mesico (Quintanilla, 2012). Sin embargo, la presencia de especies exóticas en estas parcelas como *Eucaliptus globulus* (Eucalipto) y *Acacia Melanoxylon* (Aromo) concentran, de igual manera, la abundancia de individuos.

Zonas con diversidad media de especies arbóreas y arbustivas nativas

La parcela 8 arrojó mejores resultados en cuanto a la biodiversidad de especies nativas, se observa que al bajar la abundancia de especies exóticas invasoras en este sector tiene una relación directa con una mayor biodiversidad de especies nativas.

La Tabla 8 resume la abundancia y riqueza de especies, así como los resultados arrojados para el índice de Shannon distinguiendo entre especies nativas y exóticas, para cada parcela de muestreo.

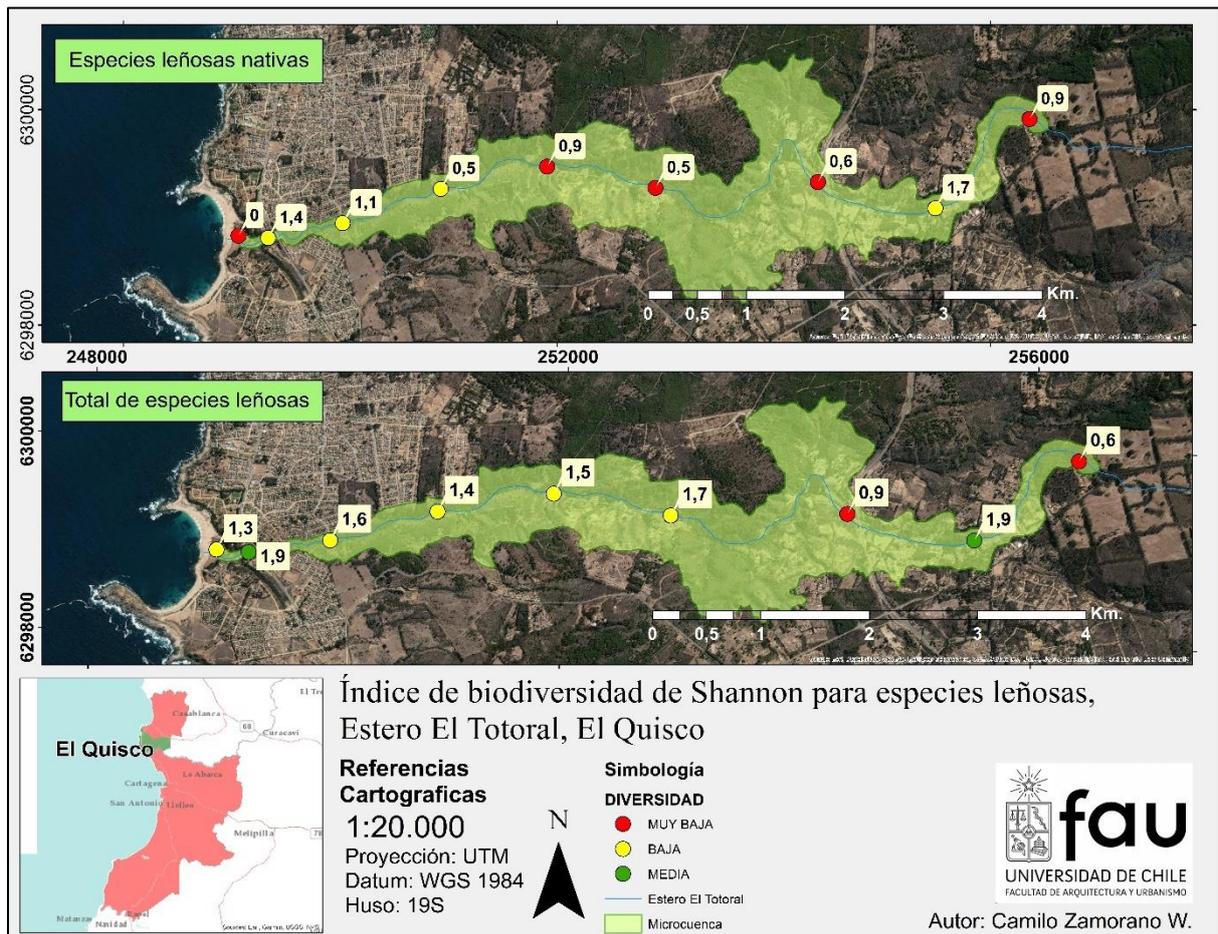
Tabla 8: Resumen de biodiversidad de especies leñosas por parcela de muestreo.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Riqueza spp. leñosas nativas	1	6	6	2	4	2	2	7	3
Abundancia spp. leñosas nativas	5	49	44	8	110	5	13	39	11
Índice de Shannon para veg. Nativa	0	1,45	1,1	0,5	0,9	0,5	0,6	1,71	0,9
Diversidad (Caviedes)	Diversidad muy baja	Diversidad baja	Diversidad baja	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja	Diversidad media	Diversidad muy baja
Riqueza total (considerando spp. alóctonas)	4	8	8	5	7	6	3	9	4
Abundancia total	19	68	88	34	143	28	32	42	61
Índice de Shannon (considerando spp. alóctonas).	1,28	1,84	1,59	1,37	1,5	1,67	0,9	1,87	0,6
Diversidad (Caviedes)	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad baja	Diversidad baja	Diversidad baja	Diversidad baja	Diversidad muy baja	Diversidad media	Diversidad muy baja

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Nota: la sigla spp. Abrevia la palabra especies.

Figura 10: Cartografía de resultados Índice de Shannon para especies leñosas.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En las parcelas de muestreo no se encontraron especies en categorías de conservación vigente en Chile, sin embargo, se registró la presencia de pequeñas comunidades de *Citronella mucronata* (Naranjillo) y *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) en la zona baja de las laderas del curso medio de la microcuenca, fuera de las parcelas de muestreo, lo que se condice con el catastro de flora y fauna hecho por la I.M de El Quisco (s/f), que además registró otras especies que se pueden ver en la tabla 9.

Tabla 9: Especies leñosas en categorías de conservación presentes en el Estero El Totoral.

Especie	Nombre común	Categoría
<i>Myrceugenia rufa</i>	Arrayán rojo	Casi Amenazada
<i>Pouteria splendens</i>	Lúcumo	En peligro
<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	Vulnerable
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	Vulnerable
<i>Myrceugenia correifolia</i>	Petrillo	Preocupación menor
<i>Calceolaria viscosissima</i>	Topa-Topa	En peligro

Fuente: Fuente: Elaboración propia, 2021 en base a Ilustre Municipalidad de El Quisco (s/f).

3.2.3 Biodiversidad de especies herbáceas.

En la aplicación de la metodología Point Quadrat en las 9 áreas de muestreo del estero, se obtuvo una riqueza total de 18 especies y una abundancia de 378 individuos. En general, la biodiversidad de especies herbáceas es baja y predominan las especies exóticas asilvestradas por sobre las herbáceas nativas. En casi la mitad de las parcelas muestreadas no existía desarrollo de hierbas, lo que se explica principalmente por limitantes a nivel de sotobosque producidas por el alto volumen de hojarasca de *Acacia Melanoxylon* (aromo), acícula de *Pinus radiata* (pino) y la alta densidad de *Rubus ulmifolius* (zarzamora) que impide la germinación y el paso de luz a niveles más bajos. El resumen de porcentajes de especies según su origen, se aprecia en la Tabla 10.

Tabla 10: Individuos leñosos en las áreas de muestreo según lugar de procedencia.

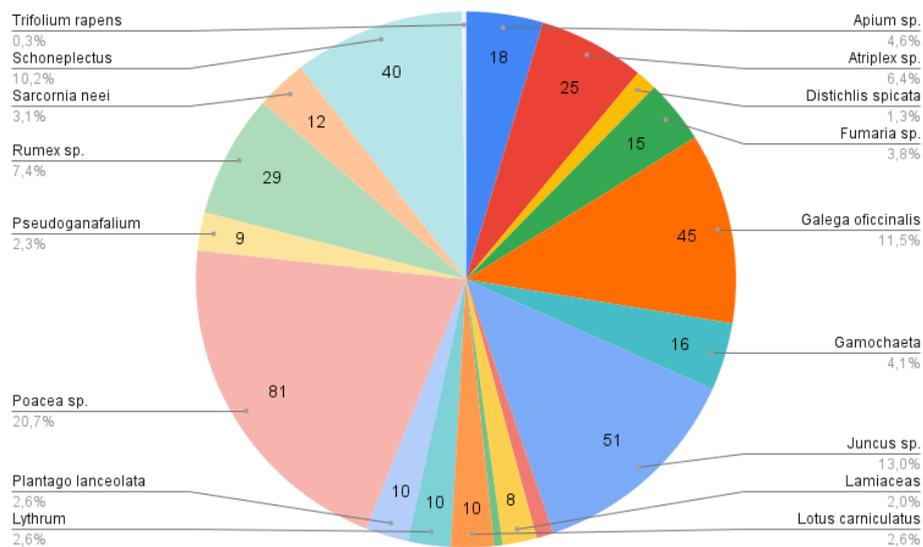
Origen de especies herbáceas	Cantidad de individuos	Porcentaje
Vegetación nativa	135	36%
Vegetación Exótica no invasora	191	50%
No determinado	52	14%
TOTAL	378	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Nota: La categoría “No determinado” incluye a aquellos individuos herbáceos no identificados. Lo que implica que con dichas especies no se pudo identificar su carácter nativo o exótico.

El área de estudio presenta un gran desarrollo de especies exóticas, representadas principalmente por el género *Poacea sp.* el cual concentra el 20,7% de la abundancia total y se presenta principalmente en las zonas medias y bajas del curso, más próximas al exutorio. El género *Juncus sp.* representa un 13% de la abundancia total y se encontró principalmente en las áreas de muestreo 3 y 4. Naturalmente al identificar solo el género, la abundancia va a ser mayor, puesto que se pueden incluir varias especies en una misma categoría. El resumen de porcentajes de abundancia por especie se puede ver en la Figura 11.

Figura 11: Cantidad de individuos herbáceos registrados por especie



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Resultados de índice de Shannon para vegetación herbácea:

Zonas con diversidad muy baja de especies herbáceas.

Si se considera solo las especies nativas registradas, todas las áreas muestreadas a lo largo del curso del estero presentan una biodiversidad muy baja de especies, siendo el transecto ubicado en la desembocadura el mejor evaluado, con presencia de 3 especies nativas (como se puede ver en la tabla 11 y en la figura 15). Lo que sin embargo no le alcanza para tener una clasificación mucho mejor según su índice de Shannon.

En 4 de las 9 parcelas donde se aplicó el registro de vegetación herbácea no se contabilizó ningún individuo, por ende, su índice Shannon fue 0, y su biodiversidad nula, hecho que propicia la degradación erosiva (lo que se profundizará más adelante). Esto ocurrió en los transectos 5, 6, 8 y 9, ubicadas en las zonas del curso medio y alto. El desarrollo de un importante estrato de hojarasca de *Acacia Melanoxylon* (Aromo), y de acícula de *Pinus radiata* (Pino) surgen como la principal limitante para el desarrollo de sotobosque (como se ve en la

figura 12). Mientras que las parcelas 5 y 8 presentaron extensas áreas de suelo desnudo donde no se contabilizan especies (ver figura 13).

Figura 13: Hojarasca de Acacia melanoxylon 6 en transecto 6.



Fuente: Captura propia, 2021.

Figura 12: Suelo desnudo en parcela 5.



Fuente: Captura propia, 2021.

Zonas con diversidad baja de especies herbáceas.

Considerando todas las especies (nativas, exóticas y aquellas a las que no se pudo determinar su origen), el muestreo en el transecto 3 mejora levemente su índice de Shannon, en esta área se pudo registrar una gran presencia de especies del género *Poaceas* sp. (Exótica) y del género *Juncus* sp. (Nativa).

Zonas con diversidad media de especies herbáceas.

El valor geobotánico del curso inferior, muestreado en el transecto 1, está dado por la formación de comunidades vegetales característica de humedales, las que en su gran mayoría son herbáceas halófitas nativas, con especies tales como: *Sarcocornia neei* (Nativa), *Distichlis spicata* (Nativa), *Schoenoplectus californicus* (Nativa), *Atriplex* sp. (Exótica) *Juncus* sp. (Nativa). En total en el área se pudo registrar la presencia de 8 especies, siendo por lejos la mejor evaluada en cuanto a biodiversidad de herbáceas (ver figura 14).

Figura 14: Área de la desembocadura del estero El Totoral



Fuente: Captura propia, marzo de 2021.

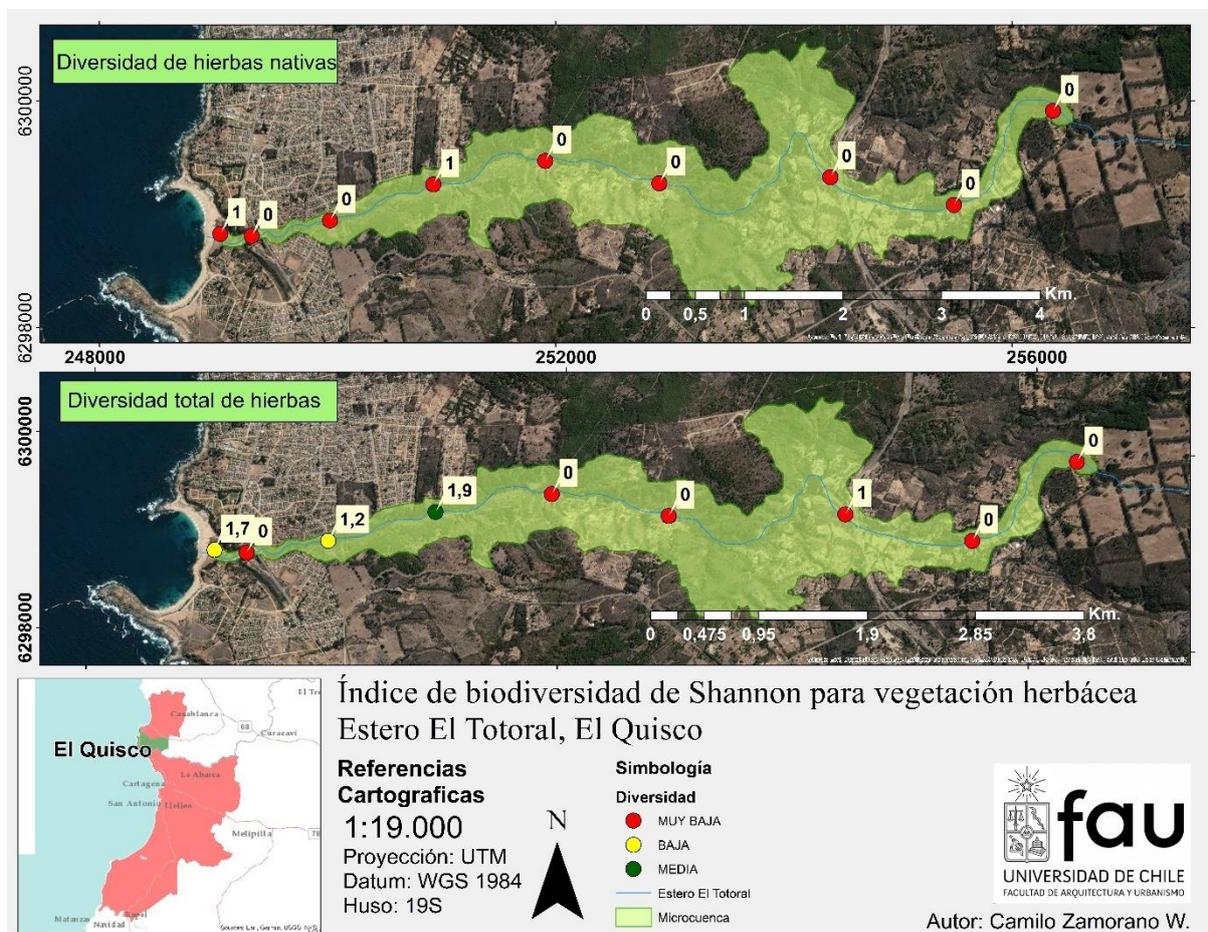
Tabla 11: Resumen de biodiversidad de especies herbáceas registradas con el método Point Quadrat.

Shannon	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Riqueza de spp. herb. nativas	3	1	1	2	0	0	1	0	0
Abundancia spp. nativas	27	0	27	49	0	0	0	0	0
Índice de Shannon para spp. herb. nativas	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Diversidad	Diversidad muy baja								
Riqueza total	8	4	3	8	0	0	3	0	0
Abundancia total de herbáceas	100	22	57	100	0	0	100	0	0
Índice de	2	0,9	1,2	1,9	0	0	1	0	0

Shannon									
Hojarasca de spp. alóctonas	-	-	-	-	50	100	-	50	100
Diversidad (Caviedes)	Diversidad media	Diversidad muy baja	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja	Diversidad baja	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 15: Cartografía de resultados Índice de Shannon para vegetación herbácea.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Especies herbáceas en categorías de conservación.

En el registro realizado en terreno no se encontraron especies herbáceas en categorías de conservación, sin embargo, de acuerdo con el registro realizado por la I.M de El Quisco en el estero se identificaron las especies señaladas en la tabla 12.

Tabla 12: Especies herbáceas en categoría de conservación.

Especie	Nombre común	Categoría
<i>Alstroemeria hookeri</i>	Lirio costero	Preocupación menor
<i>Blechnum chilense</i>	Costilla de vaca	Preocupación menor
<i>Puya chilensis</i>	Chagual	Preocupación menor.

Fuente: Elaboración Propia en base a Ilustre Municipalidad de El Quisco (s/f).

3.2.4 Erosión de suelo.

La tala indiscriminada de las formaciones vegetacionales en ambas laderas de la microcuenca, el pastoreo, la impermeabilización producto de la instalación de viviendas e infraestructura urbana, los incendios y los monocultivos forestales son los factores antrópicos principales que han influido en la degradación erosiva. Lo que acrecienta una susceptibilidad o vulnerabilidad relativa de los factores naturales como el clima, la composición del suelo y la topografía (Vásquez et al., 2016). Las formas erosivas se evidencian, por sobre todo, en las laderas bajas adyacentes a la zona de ribera, y se manifiestan en:

Erosión laminar y en surcos.

El arrastre de delgadas capas de superficies de suelo es un fenómeno erosivo visible a lo largo de todo el curso de la microcuenca, el cual se evidencia con descalzamiento de raíces y la ausencia de cobertura vegetal. La importancia de la vegetación está dada por la protección que otorga a los suelos, disminuyendo mediante el follaje y hojarasca, el impacto que tiene la lluvia sobre el terreno, la que además potencia la estabilización de laderas, quitando velocidad al agua que escurre ladera abajo (Espinoza et al., 1988).

La presencia de áreas extensas de suelo desnudo en taludes y en laderas, carentes de vegetación herbácea (ver figura 13), ha facilitado el fenómeno erosivo, y en particular la escorrentía superficial que ha disminuido la calidad del suelo y afectado las propiedades físicas a lo largo de toda la microcuenca. En el curso inferior del estero, en las parcelas 2, 3 y 4 se presenta un predominio de erosión laminar y de surcos (ver figura 16) con intensidad leve y moderada, de acuerdo con la superficie que cubren en la parcela muestreada. Constituyéndose como el área menos afectada por la degradación erosiva.

Cárcavas

Como se señaló, las cárcavas son la forma más severa de erosión, dado los impactos negativos que genera sobre el suelo. La mayor densidad de cárcavas se presenta en el curso medio de la microcuenca, si se observa la figura 16 se aprecia la relación que existe entre las pendientes fuertemente escarpadas en las zonas medias y altas de las laderas con la formación de cárcavas ladera abajo; el relieve es un factor preponderante que induce una mayor erosividad, cuando se trata de sectores que poseen pendientes moderadas a fuertes a lo menos (Quintanilla y Morales, 2012).

Las parcelas 4, 5 y 6 son las áreas con estados más avanzados de degradación erosiva, con un grado de erosión que varía entre severa y muy severa de acuerdo al tamaño que cubren en la parcela muestreada y la profundidad de las cárcavas, las que en algunos casos superan por mucho el metro de profundidad con distanciamientos medios entre 5 y 10 metros entre una y otra.

La formación de cárcavas en el área de estudio se asocia con variables climáticas (salpicadura e intensidad de la lluvia) y topográficas (pendientes), pero también con la acción antrópica que se manifiesta con la impermeabilización de las superficies de suelo en las laderas producida por la construcción de viviendas, afectando la infiltración de agua después de un episodio de lluvia y potenciando el escurrimiento superficial aguas abajo.

Efecto de la hojarasca (Mulch).

La hojarasca de *Acacia Melanoxylon* (Aromo) que se acumula en grandes tramos sobre el suelo de la zona de ribera y los sectores bajos de las laderas, tiene efectos negativos sobre la proliferación de herbáceas y renovales leñosos afectando la biodiversidad de especies, sin embargo, tiene efectos positivos al brindar una cobertura sobre el suelo desnudo (mulch) haciendo frente a la erosividad como una capa protectora entre la atmósfera y el suelo y con ello, reduciendo los efectos negativos de la salpicadura. En algunos transectos la abundancia de este mantillo de hojarasca no permite apreciar indicios de erosión sobre la estructura edáfica.

Tabla 13: Tipos de erosión dominante y grado de erosión por área de muestreo.

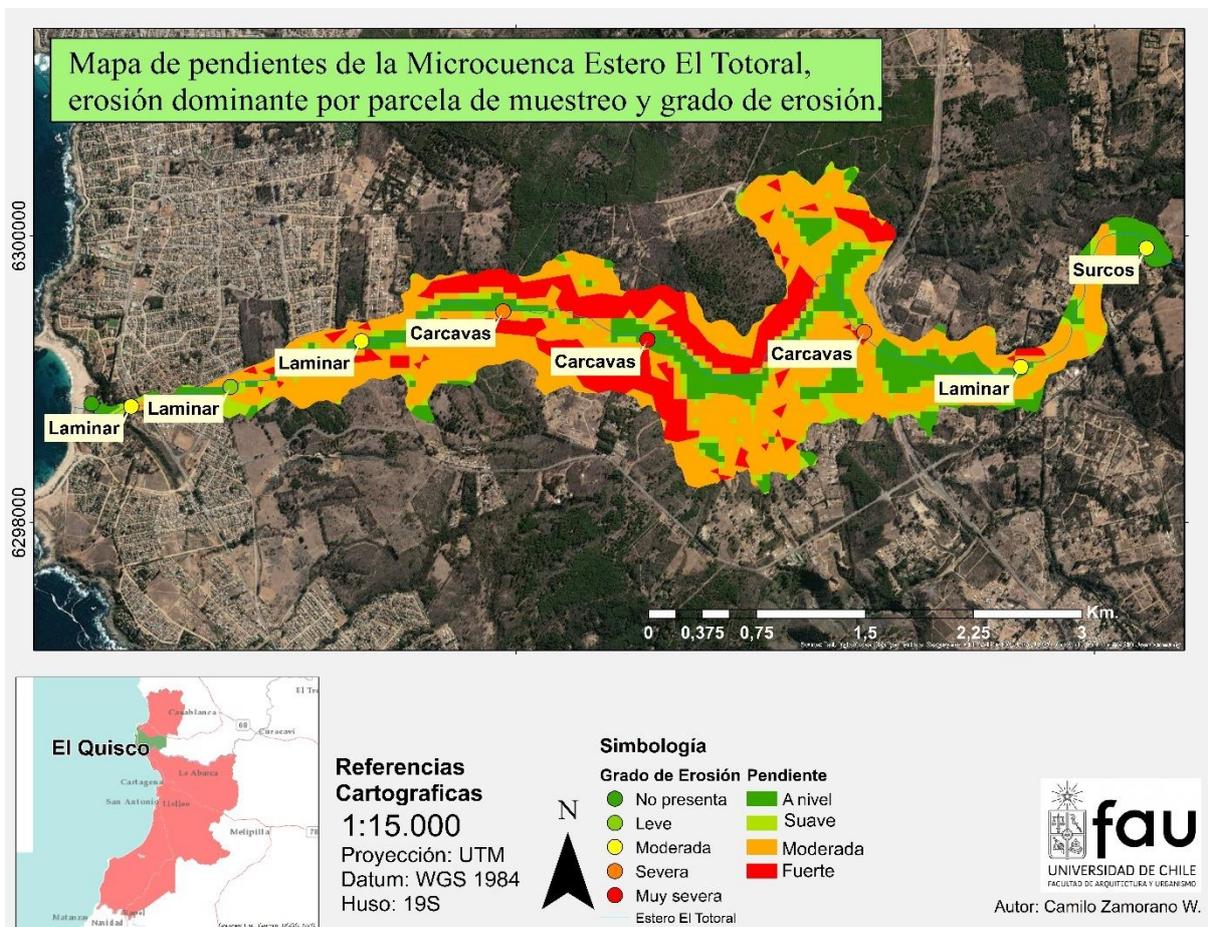
Área de muestreo	Tipo de Erosión dominante	Grado de erosión	Pendiente ladera arriba (Zona sur)
Parcela 1	No presenta	---	Ligera
Parcela 2	Laminar	Moderada	Ligera
Parcela 3	Laminar	Leve	De ligera a moderada
Parcela 4	Laminar	Moderada	De moderada fuerte
Parcela 5	Cárcavas	Severa	De moderada a fuerte

Parcela 6	Cárcavas	Muy Severa	Fuerte
Parcela 7	Cárcavas	Severa	Moderada
Parcela 8	Laminar	Moderada	Moderada
Parcela 9	Surcos	Moderada	Horizontal

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Nota: La columna “Pendiente ladera arriba” de la Tabla 13, hace referencia a las pendientes ubicadas sobre las parcelas de muestreo, obtenidas a partir del análisis de la Cartografía de Pendientes que se puede ver en la figura 16.

Figura 16: Cartografía de pendientes y formas erosivas predominantes en las áreas de muestreo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.2.5 Biodiversidad de avifauna en la zona de ribera.

En la aplicación del catastro de avifauna, se registró una riqueza total de 23 especies, con una abundancia de 130 individuos; de los cuales 122 (89%) corresponden a especies nativas, distribuidos en 20 especies, 13 (9,5%) corresponden a individuos exóticos distribuidos en 2 especies y tan sólo 2 (1,5%) individuos endémicos perteneciente a una única especie, como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Porcentaje de especies de aves de acuerdo con su origen.

Origen de las aves	Cantidad de individuos	Porcentaje
Aves endémicas	2	1,50%
Aves nativas	122	89%
Aves exóticas	13	9,5%

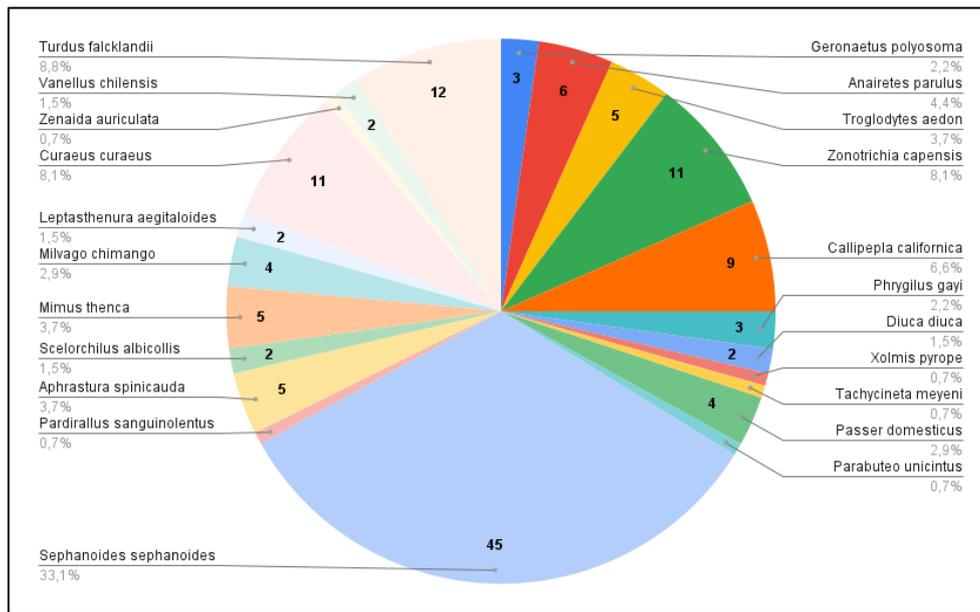
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se ve en la figura 17, *Sephanoides sephanoides* (Picaflor chico) es la especie que presentó mayor abundancia con un total 45 individuos registrados, los cuales fueron observados en todos los puntos de muestreo. Esta especie habita en bosques y sus orillas, en parques y jardines en ciudades (Couve, Vidal y Ruiz, 2016); luego, en cantidad de individuos, se encuentra *Turdus falcklandii* (Zorzal) con 12, *Curaeus curaeus* (Tordo) y *Zonotrichia capensis* (Chincol), ambos con 11 individuos registrados. Estas últimas especies presentan un alto grado de adaptación al contexto urbano y presentan un rango alto de hábitats (Couve et al., 2016).

Los porcentajes de la abundancia de cada especie muestran una clara desproporcionalidad de los datos, donde pocas especies concentran una gran abundancia. Esta asimetría en la diversidad de aves se traduce en una degradación de funcionamiento del ecosistema de la zona de ribera, afectando las interacciones planta-animal, si se considera que en los ecosistemas mediterráneos se estima que entre un 60 y un 95% de las especies leñosas dependen de los animales para su reproducción exitosa (Jordano, 2000; Thompson, 2006 en Vargas, 2019). De todas maneras, se debe considerar que el muestreo se realizó en un período de tiempo muy acotado, lo que limita el análisis que se puede hacer en cuanto a la biodiversidad de avifauna.

Scelorchilus albicollis (Tapaculo) es la única especie endémica de Chile, la cual habita en laderas rocosas y quebradas con abundante matorral denso (Couve et al., 2016) y dos especies exóticas: *Callipepla californica* (Codorniz) y *Passer domesticus* (Gorrión).

Figura 17: Cantidad de aves registradas por especie en los puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, se detallan los resultados de la aplicación del índice de biodiversidad de Shannon para cada área de observación, distinguiendo de acuerdo con los resultados obtenidos, entre especies nativas y la totalidad de especies registradas. Los resultados se pueden ver espacializados en la Figura 18.

Zonas con diversidad muy baja de aves

El punto 2 fue el único que presentó una diversidad muy baja con una riqueza total de 4 especies. El registro se llevó a cabo en la proximidad de un eje vial de gran magnitud como es Isidoro Dubornais, que puede ser considerado un factor condicionante al hábitat de aves. Aun así, la especie que presento más abundancia fue *Sephanoides sephanooides* (Picaflor chico) con 12 individuos.

Zonas con diversidad media de aves

El punto 1 presentó un total de 22 individuos con una riqueza de 9 especies, estos valores son positivos si se les compara con los otros sectores donde la abundancia no supera a los 15 individuos en promedio. La influencia que juega la desembocadura y el “micro-humedal” que se forma en la playa de Punta de Tralca propicia un entorno con mayor abundancia de aves. Destaca en este sector la presencia de *Passer domesticus* (Gorrión), ave introducida en Chile, siempre asociada a poblaciones humanas, con hábitat en ciudades y pueblos (Couve et al., 2016).

Zonas con diversidad alta de aves

El punto 9 fue el único que presentó una alta diversidad de especies de acuerdo con el índice de Shannon, el cual arrojó una puntuación de 2,3. En total se registraron 11 especies de aves con una abundancia de 31 individuos, muy por sobre el promedio del resto de los puntos muestreados. Esta diversidad alta de especies se puede explicar por la inexistencia de áreas urbanas próximas al punto donde se llevó a cabo el registro, dado que las perturbaciones son mucho menores permitiendo que sus formas de vida sean menos afectadas (Ramos, 2019). La especie más abundante fue *Callipepla californica* (Codorniz), la cual habita en quebradas semiáridas y planicies rocosas (Couve et al., 2016).

Tabla 15: Resumen de biodiversidad de avifauna.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Riqueza de aves nativas	8	4	6	3	4	6	4	9	9
Abundancia de aves nativas	18	16	16	16	5	8	5	18	28
Índice de Shannon de aves nativas	2	1	1,2	1	1,3	1,7	1,3	2	2,1
Diversidad (Caviedes)	Diversidad media	Diversidad muy baja	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad muy baja	Diversidad muy baja	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad alta
Riqueza total	9	4	7	4	4	6	4	9	11
Abundancia total	22	16	17	17	5	8	5	18	31
Índice de Shannon	2	1	1,4	1,1	1,3	1,7	1,3	2	2,3

Diversidad
(Caviedes)

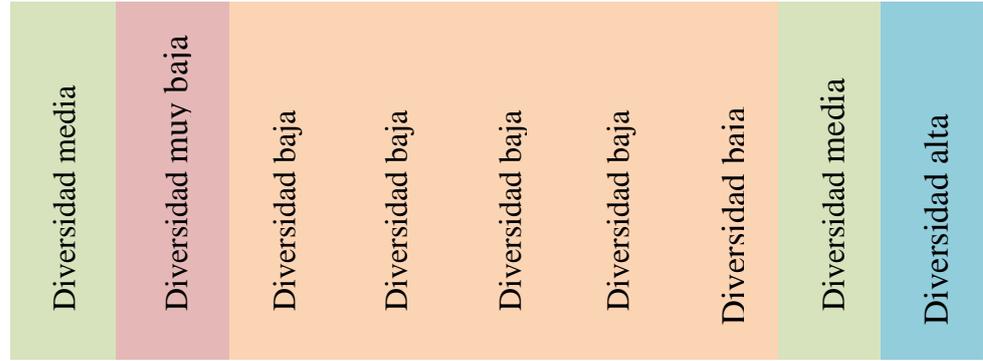
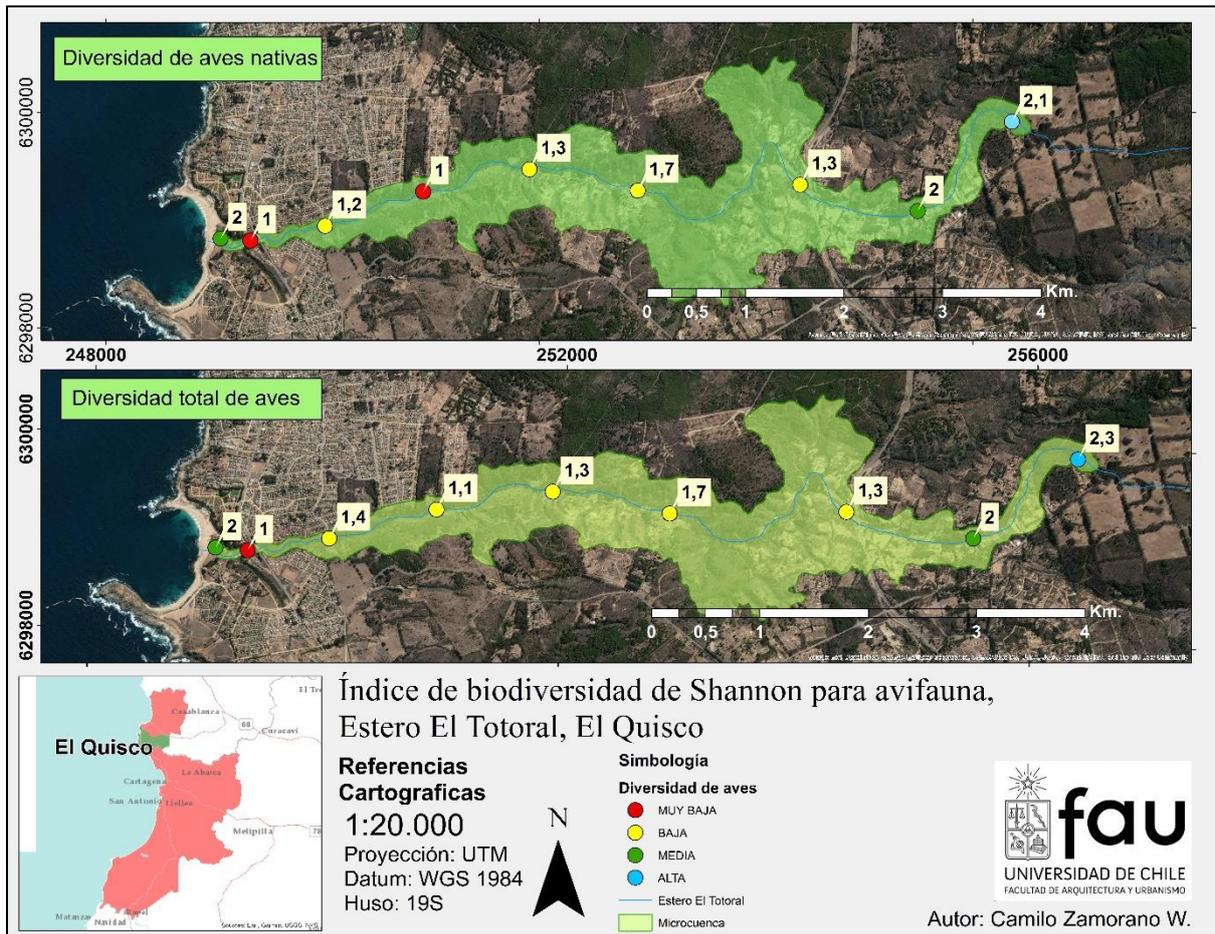


Figura 18: Cartografía de resultados de índice de Shannon para avifauna.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

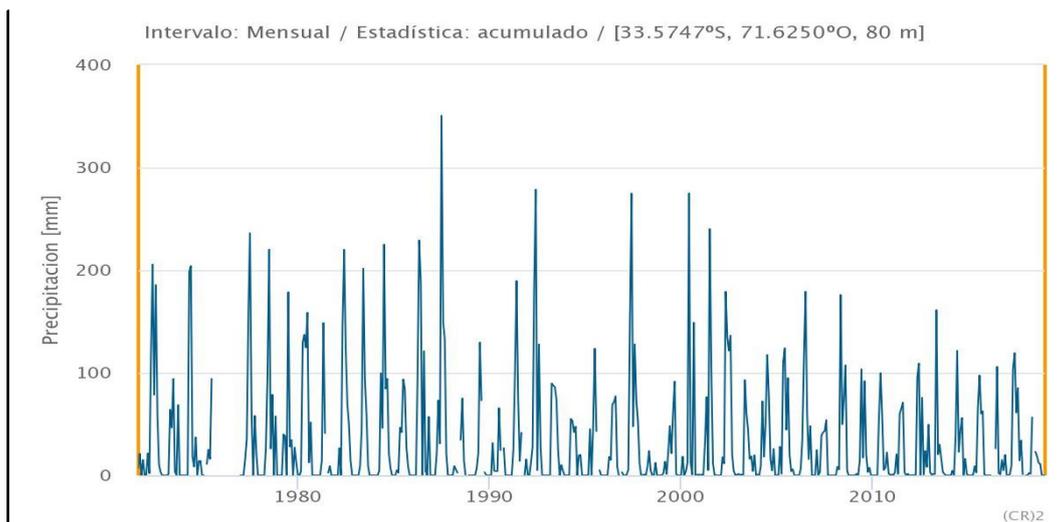
3.2.6 Situación hídrica del estero El Totoral

Los cambios en el régimen hídrico en la zona de Chile central son evidentes, diversos análisis confirman una tendencia significativa hacia la reducción de las precipitaciones, generando una alteración en el comportamiento climático estacional tal como se conocía. El complejo escenario climático, es atribuible a un forzamiento antropogénico en un proceso que impacta directamente en las cuencas hidrográficas y sus tributarios, afectando la disponibilidad de agua fresca y generando un proceso de secamiento a largo plazo con múltiples consecuencias ambientales negativas (CR)², 2019).

El proceso de secamiento, además de la disminución de precipitaciones está acompañado por una tendencia a mayores temperaturas, escenario que propicia un aumento en la evapotranspiración de las redes hídricas. Ambos procesos son manifestaciones locales de las transformaciones a gran escala, surgidas en el Antropoceno (CR)², 2019).

En la figura 19 se muestra el promedio mensual de las precipitaciones en el intervalo 1960-2020, en la estación Punta Panul de San Antonio, en la cual es posible apreciar una tendencia hacia una reducción de las precipitaciones en las últimas décadas, intensificada a partir del año 2000.

Figura 19: Intervalo mensual de precipitaciones en estación San Antonio.



Fuente: Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², 2021.

La baja disponibilidad hídrica se agudiza si se considera la explotación irregular del recurso. En el trabajo de campo realizado en la quincena de marzo del año 2021 se dio cuenta de una estructura de extracción de agua, ubicada entre los puntos 5 y 6, hallazgo por el que no se puede descartar la existencia de otras estructuras que exploten el recurso de forma irregular. A pocos metros de esta estructura se encuentran piscinas al interior de viviendas particulares.

En tramos del estero El Totoral el volumen de agua disminuye drásticamente al punto de desaparecer la red superficial, que se explica por el bajo caudal propio de fines de la estación de verano, por la explotación del recurso hídrico y por el radio de influencia que se genera desde el punto de extracción de agua. Al bombear agua subterránea hacia la superficie, se produce un cono invertido de depresión, generando una disminución en el nivel freático que se manifiesta en un secamiento del cauce (Ferrando, s/f.).

Figura 20: Infraestructura de extracción de agua



Fuente: Captura propia, 2021.

3.2.7 Situación de especies exóticas invasoras (EEI) en la zona de ribera del estero El Totoral.

Las especies exóticas, también llamadas alóctonas o introducidas, son aquellas especies que han sido introducidas fuera de su rango de distribución geográfica natural por acciones generalmente antrópicas, ya sean estas voluntarias o involuntarias (MMA, 2020). Cuando estas especies logran desarrollarse en el nuevo territorio sin asistencia humana se habla de especies asilvestradas (MMA, 2020).

Cuando la distribución de las especies alóctonas asilvestradas amenaza la diversidad biológica original del lugar donde fueron liberadas, las especies entran en la categoría de EEI, de acuerdo con el convenio sobre la diversidad biológica (CDB) en MMA (2020). De acuerdo con la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (dese ahora IPBES), las EEI representan una de las 5 principales amenazas a la biodiversidad del mundo (2019).

En el área de estudio se contabilizó un total de 6 especies exóticas de las cuales 4 entran en la categoría de EEI, tratándose del 43% de los ejemplares contabilizados, lo que habla de un escenario preocupante en cuanto a la reducción de la biodiversidad de especies leñosas en el área de estudio. Enseguida, se detalla el estado de cada una de estas especies:

***Rubus ulmifolius* (Zarzamora):** Es la especie leñosa (arbustiva) con más abundancia registrada en la zona de ribera del estero, sus individuos representan el 17% del total de vegetación leñosa. Forma comunidades a lo largo de toda la microcuenca, las que se concentran especialmente en la zona de ribera, creando verdaderas barreras biológicas impenetrables.

Su reproducción vegetativa y por semilla, le permite colonizar extensas áreas en un período corto de tiempo, las perturbaciones favorecen su germinación, compite con las especies nativas diezmando el desarrollo de estas, profundizando la degradación e impidiendo el desarrollo de diversas especies y afectando negativamente a la fauna nativa (Fuentes et al., 2014).

Es capaz de modificar el ciclo natural de fuego de las áreas naturales, pues al secarse incrementa la posibilidad de que se produzcan incendios (García, 2020), siendo una amenaza no solo para las comunidades nativas, sino también para la población que vive en el entorno alrededor del estero. En grandes tramos del estero esta especie ha colonizado hasta el 100% de la superficie de suelo, diezmando el desarrollo del sotobosque, y de otras especies leñosas, por lo que resulta de vital importancia implementar medidas de control sobre esta especie.

***Eucaliptus globulus* (Eucalipto):** Esta especie no entra en el listado de las 27 especies exóticas invasoras que requieren atención, es considerada solo una especie naturalizada en Chile (Servicio Agrícola y Ganadero, 2014). Sin embargo, su distribución en el área de ribera del estero y sus laderas permite asegurar que se trata de una especie con comportamiento de invasora, ya que su cobertura amenaza de diversas maneras la diversidad biológica de las especies nativas. Compite por agua y luz, produce gran cantidad de material que evita el establecimiento de las especies nativas y, además, afecta el ciclo de fuego aumentando la probabilidad de incendios forestales (Weber 2003). Actualmente se estima que esta especie representa el 10% de la vegetación leñosa total del área del estero.

***Acacia Melanoxylon* (Aromo):** Es la segunda especie leñosa con más abundancia en la zona de ribera (Ver anexo 5), representa el 10% del total de individuos contabilizados, fue posible ver todas las etapas de su desarrollo, desde renovales a nivel de suelo hasta individuos añosos de varios metros. Se observan individuos a lo largo de toda la zona de ribera, sin embargo, se registró una mayor presencia formando comunidades en la zona del exutorio, dentro del límite urbano de El Quisco, en la localidad de Punta de Tralca.

Genera un alto impacto en la biodiversidad, ya que sus densas poblaciones compiten por el agua y los nutrientes, siendo capaz de inhibir la germinación de especies nativas bajo su dosel y hojarasca de legumbres, con una gran producción de semillas que le permite formar bancos permanentes (Fuentes et al., 2014).

***Teline monspessulana* (Retamilla)**

Es una especie arbustiva leñosa que puede alcanzar entre 1-3 metros de altura, originaria de Europa mediterránea y el noroeste de África. Su vigor reproductivo la convierten en una especie invasora en los lugares donde se introduce, dada su alta producción de semillas (un individuo maduro puede producir hasta 10.000 semillas por estación) y su capacidad de rebrotar después de la tala y los incendios (Gómez, 2012). En el centro sur de Chile, genera gran impacto, donde ha invadido una gran cantidad de ambientes generando preocupación en espacios nativos (Balocchi, 2013).

Esta especie concentra cerca del 8% total de la abundancia registrada en las parcelas de muestreo, ubicándola en el cuarto lugar de especies con mayor abundancia, por detrás de *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Acacia Melanoxylon* (Aromo) y *Eucaliptus globulus* (Eucalipto).

3.3.1 Estado de degradación de la zona de ribera.

Luego de aplicar los índices, visitar el área y revisar bibliografía especializada, se identificaron los principales inductores en la degradación del estero El Totoral y sus consecuencias, los que se resumen en la tabla 16.

Tabla 16: Causas de degradación en el estero El Totoral.

Causas de la degradación.	Consecuencias en la zona de ribera.
Invasiones biológicas.	Las especies: <i>Rubus ulmifolius</i> (Zarzamora), <i>Eucaliptus globulus</i> (Eucalipto) y <i>Acacia Melanoxylon</i> (aromo) han modificado profundamente las estructuras vegetacionales. Se estima que ¼ del total de la vegetación de la zona de ribera del estero corresponde a EEI. Su distribución ha simplificado la composición vegetal y disminuido la biodiversidad generando una homogeneización biológica , afectando a las especies nativas que resultan ser las principales perjudicadas en una competencia desigual por los recursos. El desarrollo de estas especies incrementa la aparición de nuevos eventos de incendios forestales, puesto que modifican el ciclo de fuego (García, 2020).
Urbanización de áreas silvestres.	La instalación de viviendas en la zona de ribera no ha considerado en lo más mínimo el criterio de zona de protección de exclusión de acción, establecidos en la legislación de Chile (Ley Núm. 20.283 en CONAF, 2009). Lo que ha generado una alteración de los ciclos naturales de infiltración y escurrimiento post lluvia y despojando coberturas de suelo a la vegetación silvestre, y fragmentando hábitats de flora y fauna.

Cambios en el régimen hídrico.	Si bien, es un proceso que opera a escala global, sus consecuencias se evidencian en la microcuenca. La disminución de las precipitaciones ha modificado el ciclo hídrico, lo que tenderá a acrecentarse en el futuro, en un proceso de secamiento mayor a largo plazo (CR) ² , 2019). Estas transformaciones climáticas no son un fenómeno natural, por el contrario, son forzadas por factores antropogénicos (CR) ² , 2019).
Extracción Irregular de agua.	En el trabajo de campo se pudo ver una infraestructura de extracción de agua en pleno cauce (pozo), sin embargo, no se descarta que existan otros puntos extrayendo el recurso de manera ilegal. A partir de ese punto de extracción se puede evidenciar un cono de depresión en la capa freática, donde el volumen de agua disminuye hasta desaparecer la red superficial, lo que ha afecta la dinámica del caudal del estero y su biodiversidad. No se respeta la zona de protección de exclusión de acción.
Presiones históricas	La tala indiscriminada de las formaciones vegetacionales en ambas laderas del estero, el pastoreo, la urbanización de las laderas, los incendios y los monocultivos forestales han provocado la degradación y es posible evidenciar sus efectos en los distintos tipos de erosión. El suelo que sostiene el ecosistema ha visto mermada sus cualidades físicas y químicas, alterando su capacidad para albergar vida.

Se puede establecer que existe un alto nivel de degradación de la microcuenca, la cual ha superado el umbral determinado por las variables bióticas y abióticas de acuerdo con el modelo de Whisenant (1999) en Bown y Pérez (2015). En este estado el estero ve afectada profundamente su capacidad de desarrollar funciones ecosistémicas, como la captura de nutrientes y la capacidad de albergar vida. Se puede afirmar que el área ha perdido el control sobre sus propios recursos y su capacidad de volverse más biodiversa y compleja a largo plazo.

De acuerdo con Vargas (2019), se establece que en el área existe degradación en composición, expresada en la disminución de especies en el hábitat, en las que originalmente su presencia era característica; degradación en las estructuras biológicas, a nivel físico, expresada en la modificación de los estratos vegetales, y a nivel biológico, expresada en la disminución porcentual de las especies que conformaban el ecosistema originalmente; y degradación en funcionamiento, expresada en la disminución de interacciones entre especies.

Este resultado acusa la necesidad de llevar a cabo acciones con el fin de estabilizar el medio físico e ir más allá de la revegetación. De acuerdo con diversos autores, en los ecosistemas que ya se traspasó el umbral abiótico no será suficiente la exclusión de los agentes de daño, ni el mejoramiento de la cobertura vegetal, por lo que se debe considerar obras que apunten a estabilizar en primer lugar el medio físico (Bown y Pérez, 2015; Vargas, 2019).

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Discusión.

La importancia del presente estudio está fundamentada en la producción de conocimiento ambiental acerca de un ecosistema frágil y susceptible a la degradación, del cual no existen estudios precedentes. Ecosistema ubicado en pleno *hotspot* para la conservación de la biodiversidad del planeta. Lugar que, a pesar de las presiones antrópicas, continúa entregando servicios ecosistémicos que mejoran la calidad de vida de las y los vecinos que habitan en Punta de Tralca y El Totoral, y a todas aquellas personas que lo visitan.

La fragilidad física y biológica de los ecosistemas de ribera exige que se establezcan zonas de protección, inmediatamente a los costados del cauce, que permita proteger los recursos acuáticos y ribereños de las diversas presiones que sufren las laderas (Goyana y Goyana, 2003), estableciendo límites claros que regularicen y prohíban la intervención.

Establecer zonas de protección que se respeten, contribuirían a mantener la integridad hidrológica y ecológica, así como de los suelos y la vegetación asociada al curso; proveyendo hábitats para organismos acuáticos y terrestres, entregando estabilidad a las orillas, ayudando a mantener un flujo base, interceptando sedimentos aportados por la escorrentía, aportando restos leñosos, materia orgánica y alimento, atrapando contaminantes como pesticidas y otros químicos (Wenger y Fowler, 2000; Belt et al, 1992 en Gayos y Gayoso, 2003).

La legislación chilena a pesar de reconocer “zonas de protección de exclusión de intervención” de 5 a 10 metros, en dependencia del tamaño de la sección transversal, aledaños a los cursos naturales de agua (que parecen en sí insuficientes), no dispone en la práctica de los medios necesarios para hacer valer estas disposiciones. Por lo que, surgen cuestionamientos hacia la implicancia real que tiene la normativa ambiental si es que esta no va acompañada con los mecanismos de fiscalización y control para hacer valer la ley.

El ancho de las zonas de protección es una discusión abierta, pues es difícil establecer la cantidad de metros a priori, pues no existe consenso sobre su tamaño ideal, así como tampoco si debiese ser un ancho variable o fijo (Romero, Cozano, Gangas y Naulin, 2014). Se plantea que el ancho dependerá en gran medida de las necesidades y objetivos de conservación o manejo de la zona, así como de las características de la zona (tipo de cauce, magnitud del caudal, pendientes). La literatura científica recomienda anchos que varían entre los 15 y los 30 metros para microcuencas, aunque la determinación apropiada de los anchos de franjas de protección de cauces debe responder a la función que se espera satisfacer (Goyana y Goyana, 2003).

De todas maneras, es una discusión que se debe generar a nivel comunitario y con apoyo de expertos, aprovechando instancias como los espacios de participación ciudadana en discusiones como la actualización del Plan Regulador Comunal, que actualmente se está dando en la comuna, empujando desde ahí normativas que regulen la protección de las múltiples zonas de ribera que posee la comuna.

4.2 Conclusiones

En la actualidad, el área de estudio está dominada por un paisaje simplificado en términos vegetacionales, con modificaciones sustanciales de la vegetación original. La evaluación del estado ecológico de la zona de ribera del estero El Totoral concluye que existe un alto nivel de degradación del área, con una mala calidad, propia de alteraciones fuertes de los márgenes ribereños según el índice QBR. En general, con niveles bajos de biodiversidad de especies leñosas, herbáceas y avifauna según el índice de Shannon.

Actualmente la zona riparia del estero presenta una formación de matorral esclerófilo secundario húmedo, el cual es el resultado de una importante degradación de las formaciones hígrófilas originales, lo que ha permitido la invasión de especies exóticas. La riqueza y abundancia de especies nativas en la zona de ribera es amenazada principalmente, por presiones antrópicas como los constantes cambios en los usos de suelo y por la presencia de las especies exóticas invasoras *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Eucaliptus globulus* (Eucalipto), *Acacia Melanoxylon* (Aromo) y *Teline monspessulana* (Retamilla).

A pesar de las modificaciones de la vegetación original y los resultados del índice de Shannon en cuanto a vegetación leñosa, se rescata la presencia de pequeñas comunidades del subtipo hígrófilo en la zona de ribera, con especies muy disminuidas en cuanto a su abundancia y distribución dentro de las cuales se encuentran *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Citronella mucronata* (Naranjillo), *Myrceugenia exsucca* (Petra), *Myrceugenia rufa* (Arrayán rojo), todas especies que además se encuentran en categoría de conservación; y especies esclerófilas endémicas como *Cryptocaria alba* (Peumo), *Lithrea caustica* (Litre), *Peumus boldus* (Boldo), *Eupatorium salvia* (Salvia macho) y *Pouteria splendens* (Lúcumo), esta última clasificada como especie en peligro de extinción. La presencia de estas especies en el área da cuenta de la relevancia Geobotánica que demanda avanzar en figuras de conservación.

Con respecto a la degradación erosiva, se ha reconocido que la tala indiscriminada de las formaciones vegetacionales en ambas laderas de la microcuenca, el pastoreo, la impermeabilización producto de la instalación de viviendas e infraestructura urbana, los incendios y los monocultivos forestales son los factores antrópicos que han potenciado los factores climáticos (lluvias) y topográficos (pendientes). Lo que se manifiesta en el área con zonas de erosión muy severa, principalmente en el curso medio de la microcuenca donde se pueden apreciar cárcavas de varios metros de profundidad con alta frecuencia.

Según el modelo de degradación de Whisenant (1999), se concluye que el deterioro del área ha superado el umbral determinado por variables bióticas y abióticas, por lo que los intentos de recuperación o restauración con enfoque ecológico deberían ir más allá de tratamientos sobre el medio biológico e incidir, necesariamente, sobre el medio físico. En este sentido se logró recomendar, grosso modo, algunos tratamientos ejecutados en otras experiencias y manuales de recuperación. Sin embargo, se requiere de mayores estudios que permitan elaborar un plan de manejo para la zona de ribera en mayor detalle, estableciendo sitios prioritarios, recursos y monitoreo.

A pesar de los resultados negativos en la evaluación del estado ecológico, resulta evidente la relevancia socioambiental que juega la microcuenca estero El Totoral, la cual tiene el potencial de transformarse en una herramienta educativa para la comunidad, considerando su accesibilidad, la cercanía a los grandes centros urbanos y turísticos de la zona mediterránea de Chile, pero por sobre todo por el interés creciente de la comunidad por revalorizar sus atributos.

Ehrenfeld (1970), Soulé (1985), Tellería (2013) señalan que la conservación de la biodiversidad trasciende a la capacidad de la investigación biológica por más que, desde hace décadas, ésta se esfuerce en responder a este reto proponiendo soluciones y nuevas aproximaciones.

Es por esto por lo que, la sociedad civil, las organizaciones sociales, las instituciones que operan en el territorio, son quienes más pueden contribuir en la conservación de la biodiversidad. En este sentido se espera que los antecedentes aportados en este estudio permitan definir algunas de las medidas prioritarias de recuperación de la microcuenca. Por último, se recomienda a quienes deseen iniciar acciones de rehabilitación, recuperación o revegetación en el área y coordinar los esfuerzos en conjunto con la comunidad de El Quisco para superar las iniciativas aisladas que hasta el día de hoy se han desarrollado.

4.3 Recomendaciones y propuestas de medidas de Manejo de la zona de Ribera

Medidas de manejo sobre el medio abiótico.

Combatir la degradación del suelo y restaurar suelos degradados es una urgencia para proteger la biodiversidad, para asegurar la existencia de diversas formas de vida y el bienestar humano. La degradación de suelo contribuye a la disminución y eventual extinción de especies y pérdida de servicios ecosistémicos para la población. Evitar, reducir y revertir la degradación del suelo es esencial para el bienestar humano (IPBES, 2018).

En este sentido, existen una serie de prácticas y tratamientos conservacionistas para incidir positivamente en la dinámica de la degradación erosiva, los que buscan principalmente proteger las superficie del suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia y el arrastre de las partículas de suelo por el agua de escorrentía, disminuir la concentración del agua en la

superficie del terreno, aumentar la capacidad de infiltración del agua, reducir la velocidad del agua de escorrentía por efecto de la disminución de la longitud y grado de la pendiente de las laderas (Vásquez, 2016).

A continuación, se plantean tratamientos ejecutados en planes de control de degradación de suelo, recogidos a partir de la revisión de manuales de control de erosión y estrategias de restauración ecológica, poniendo especial énfasis en las técnicas y métodos de fácil aplicación y de menor costo de implementación.

Adición de residuos orgánicos/Enmiendas de suelo.

La materia orgánica es una pieza clave en la recuperación de la calidad edáfica, no sólo porque aporta en el desarrollo y crecimiento vegetal mediante la entrega de nutrientes, sino también por su relevancia en la conformación de suelo funcional, sustentable como reserva de nutrientes y adecuado en términos de sus propiedades físicas y químicas (Gómez y Mataix, 2007). La aplicación de enmiendas orgánicas en el suelo tiene efectos positivos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas dentro de las cuales se puede mencionar:

1. Aumento de la porosidad, reduciendo la densidad en suelos compactados.
2. Favorecimiento el desarrollo de microorganismos implicados en los procesos de agregación, aumentando su biomasa.
3. Favorecimiento de la capacidad de retención hídrica.
4. Estabilización-del pH del suelo
5. Aumento de la fertilidad con especial aporte de nitrógeno, azufre y fósforo.

Tratamientos para aumentar la infiltración hídrica.

Dentro de los tratamientos para aumentar la infiltración hídrica se encuentran las zanjas de infiltración y las terrazas forestales. Ambas obras, tienen como objetivo aumentar la infiltración de agua en el suelo, reducir la escorrentía superficial, disminuir la velocidad de aguas lluvias, retener sedimentos y acumular agua para el riego (CONAF, 2004). Las terrazas forestales resultan apropiadas en sectores con pendientes moderadas con erosión de tipo laminar, como es el caso de taludes y laderas en el curso inferior de la microcuenca.

Tratamientos lineales para el control de laderas y taludes.

La ejecución de tratamientos lineales tiene como objetivos disminuir la erosión superficial y disipar la escorrentía superficial en taludes, reducir la velocidad del flujo hídrico y acumular sedimentos. Permite, además, conducir el flujo hídrico desde las cabeceras de las cárcavas hacia canales de desviación de aguas, frenando procesos de formación y aumento de tamaño de las cárcavas (CONAF, 2004).

El intervalo entre cada obra lineal va a depender de la pendiente del terreno, en taludes escarpados se aconseja una distancia de 0,8 metros y en taludes con pendientes moderadas se aconseja una distancia de 3 metros. Estos tratamientos se pueden ejecutar con diversos materiales como fajinas de sarmiento, fajinas de ramas, postes de madera, revestimientos de

neumáticos o sacos rellenos de tierra, siendo los dos últimos, los de más bajo costo y complejidad en su ejecución (CONAF, 2004).

Tratamiento de cubierta.

Estas acciones tienen como objetivo proteger las superficies de suelo degradadas desprovisto de vegetación del impacto de la gota de lluvia, disminuir el flujo hídrico superficial, evitar el aumento de la compactación, impedir el arrastre de semillas producto del flujo hídrico y proteger a las mismas de los efectos de la radiación solar, el viento y la avifauna (CONAF, 2004).

Los tratamientos de cubierta resultan apropiados en sectores con pendientes bajas y moderadas, desprovistas de vegetación herbácea, afectadas principalmente por erosión laminar y en surco, como es el caso de las laderas ubicadas próximas al curso inferior del estero, cercanas al exutorio, como se puede ver en la figura 16.

Para desarrollar obras de cubierta se pueden emplear variados materiales, como esteras tejidas de especies variadas como *Avena barbata*, *Arundo donax*, *Phalaris sirosa*, con cañas de maíz o *Chusquea cumingii*, entre otras.

Tratamientos de regulación de flujos hídricos.

Los tratamientos de regulación de flujo hídrico se basan principalmente en la ejecución de canales que permitan evacuar el escurrimiento superficial desde un sector crítico hacia un sector estable, entre los que se encuentran los canales simples, canales longitudinales revestidos con sacos rellenos de tierra y canales transversales simples y compuestos (CONAF, 2004).

Tienen como objetivos principales disminuir el escurrimiento superficial en áreas de influencia de cárcavas activas y de otras formas erosivas (Vásquez et al., 2016; CONAF, 2004).

Su implementación resulta urgente en la zona del curso medio del estero, área donde se evidencian las formas más intensas de erosión, con una alta frecuencia de cárcavas activas.

Intervención sobre el medio biológico.

Tratamientos para el control de especies exóticas invasoras (EEI).

En promedio una de cada cuatro plantas en el estero El Totoral, corresponde a una EEI y por su facilidad de poblar áreas que han sido degradadas, se estima que, sin manejo en el corto plazo podrían concentrar una abundancia mucho mayor.

Se sugiere el control manual de EEI, por sobre otros métodos de control, como el químico, dado que no genera externalidades ambientales negativas considerables. Para llevar a cabo este método, se deben emplear herramientas menores como rozón, hacha, desbrozadora y motosierra (Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío).

2020).

Se recomienda concentrar los esfuerzos en eliminar 4 especies: *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Eucaliptus globulus* (Eucalipto), *Acacia Melanoxylon* (Aromo) y *Teline monspessulana* (Retamilla), puesto que, se ha demostrado son altamente competitivas respecto a las especies nativas y que, además presentan una abundancia preocupante en todas las parcelas estudiadas.

Con su eliminación se fomenta la regeneración natural de especies nativas, dándoles el espacio y la oportunidad de desarrollarse, sin la necesidad de asistir directamente la revegetación. Se debe considerar que eliminar el 100% de la cobertura vegetal, aunque se trate de EEI, significa exponer el suelo a la erosión, por lo que no se recomienda eliminar la totalidad de la cobertura (Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío. 2020).

Los desechos provenientes de esta acción pueden ser una oportunidad para incorporar materia orgánica en el suelo y pueden ser utilizados como materiales en tratamientos de cubierta con el fin de frenar los efectos de la erosión, actuando como *mulch*, al mismo tiempo que la materia orgánica se va incorporando al suelo (Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío. 2020). Adicionalmente, se puede ocupar el material leñoso en la construcción de tratamientos lineales de control de erosión.

Se debe incentivar la participación y promover estas acciones a nivel comunitario. Las instancias de eliminación de EEI, pueden ser aprovechadas como espacios de educación ambiental activa, pero también en la construcción de un rol fundamental en el manejo activo enfocado en evitar nuevas invasiones de dichas especies (Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío. 2020).

Reforestación con especies nativas.

La reforestación con especies nativas es una de las técnicas habituales en los procesos de recuperación ecológica, pero se debe tener claro que el proceso no comienza ni termina con la plantación (Altamirano, 2008). A continuación, se revisan a grosso modo, la secuencia de pasos que se deben ejecutar para tener una mayor probabilidad de éxito en base a diversos estudios, manuales y experiencias en revegetación con especies nativas.

Elección de especies.

Para que la revegetación de especies cumpla criterios ecológicos, es imperioso considerar, primero, las especies originales de los ecosistemas de referencia (en este caso, las comunidades descritas en el primer ítem de resultados), segundo, la probabilidad de supervivencia mediada por la sucesión ecológica, considerando especies pioneras (o facilitadoras), especies de sucesión intermedia y especies de sucesión tardía y tercero, las características del área donde se va a revegetar (Altamirano, 2008).

En este sentido, se ha estudiado las especies con mayor tasa de sobrevivencia en experiencias de revegetación en áreas mediterráneas de Chile, concluyendo que las especies: *Quillaja saponaria* (Quillay), *Cassia closiana* (Quebracho), *Shinus polygamus* (Huingán), y *Colliguaja odorifera* (Colliguay) presentan una respuesta favorable con tasas altas de sobrevivencia en revegetación en ambientes mediterráneos de Chile (Altamirano, 2008)

Quintanilla y Morales (2012) proponen la utilización de especies típicas del bosque esclerófilo como medida de protección de laderas ante procesos erosivos en la Quebrada de Córdova, quebrada ubicada a escasos kilómetros y que permite ser tomada como un ecosistema de referencia: *Quillaja saponaria* (Quillay), *Lithraea caustica* (Litre), *Colliguaja odorifera* (Colliguay) y *Chusquea cumingii* (Quila Chica).

En cuanto a las especies originales de los ecosistemas de referencia, se recomienda considerar especies relictuales de alto valor geobotánico (Quintanilla y Morales, 2012), para estos efectos se recomienda utilizar especies del subtipo higrófilo, tales como: *Citronella mucronata* (Naranjillo), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Myrceugenia exsucca* (Petra), *Myrceugenia obtusa* (Rarán), *Lardizabala biternata* (Cóguil) y *Baccharis salicifolia* (Chilca).

Plantación en Núcleo

Históricamente, los cultivos forestales y la revegetación enmarcada en restauración se han realizado bajo estructuras muy rígidas (hileras), lo que puede comprenderse bajo un enfoque productivista, en el cual se busca optimizar variables como el riego, control de plagas y la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, la naturaleza y la sucesión ecológica no obedece en ninguna medida a este tipo de ideas. La finalidad de la nucleación es recrear las formas naturales en que se desarrollan las comunidades vegetales, de forma que distintas especies crezcan cerca unas de otras, con esto se busca facilitar la dispersión de semillas y reclutar otros individuos en torno a los núcleos. La densidad vegetacional promovida con este modelo busca además aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y el almacenamiento de agua y nutrientes (Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío, 2020).

Bibliografía

Agencia Catalana del Agua (2006). Protocolo para la valoración de la calidad de Bosques de ribera en Protocolo para la valoración de la calidad Hidromorfológica de los ríos. (pags 84-96).

Amico, G., Aizen, M. (2005). Dispersión de semillas por aves en un bosque templado se sudamerica austral: ¿Quién dispersa a quién?. Asociación Argentina de ecología: Ecología Austral 15:89-100

Altamirano, T. (2008). Restauración de los sistemas naturales mediterráneos de Chile Central, estudio de casos de restauración de bosque esclerófilo. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Balochi, F. (2013). Antecedentes para el control biológico de *Genista monspessulana*. Concepción: Universidad de Concepción. Recuperado en: bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/20575

Bascuñán, S. (2010). Relación entre la erosión producida por un flujo superficial en suelos finos y algunas propiedades de estos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile.

Bown, H., Pérez, E. (2015). Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago. CONAF.

Candia, R., Braun, R., Passera, C., Dalmasso, A., Borsetto, O., & González., J. (1983). Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas Realizado en Mendoza durante 7, 8 y 9 de Setiembre de 1983. [En línea] https://www.researchgate.net/publication/292601930_Metodo_del_point_quadrat_modificado

Carignan, V., & Villard, M.-A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental monitoring and assessment*, 78(1), 45–61.

Center for Climate and Resilience Research. (2019). El Antropoceno en Chile: Evidencias y formas de avanzar. Universidad de Chile.

Chávez, C. (2005). Amenazas naturales en media y baja montaña asociados al corredor de comercio Las Leñas, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Santiago: Universidad de Chile.

CIGIDEN. (2020). GeoHub Litoral. Curvas de Nivel de Valparaíso cada 20 metros. Recuperado el día 16/06/2021 en: <https://www.geohublitoral.com/>

Cisneros, M., Cholaky, G., Gutiérrez, A., González, G., Reynero, A., Diez, A., y Bergesio, L. (2012). El Proceso de la erosión hídrica. En *Erosión Hídrica: principios y técnicas de manejo*.(págs. 61-102).

Comisión Nacional de Medioambiente. (2008). El Hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Segunda edición actualizada. En: <https://simef.minagri.gob.cl/bibliotecadigital/>

Corporación Nacional Forestal -CONAF-. (2004). Manual de control de erosión. Santiago: Proyecto Cuencas CONAF – JICA.

Corporación Nacional Forestal -CONAF-. (2009). Ley sobre recuperación de Bosque Nativo y fomento forestal y Reglamentos. Obtenido en: https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1368741650LibroLey_Bosque_NativoReglamentos.pdf

Corrochano, A. (2007). El Estado Ecológico de las Aguas Superficiales: Un nuevo enfoque en la Gestión del Agua.

Council, N. R., Studies, D. on E. and L., & Board, W. S. and T. (2002). Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. Washington: National Academies Press.

Couve, E., Vidal y Ruíz, J. (2016). Aves de Chile. Sus Islas **Oceánicas** y Península Antártica. Punta Arenas. FS Editorial.

De la Maza, C., Cerca, C., Cruz, G., Mancilla, G., Fuente, J.P., Estades, C. Ángel, P. (2014). Manual para aplicar indicadores de sustentabilidad en Áreas Protegidas.

Donoso Z., C. (1982). Reseña Ecológica de los Bosques Mediterráneos de Chile. *BOSQUE*, 4(2), 117-146. doi:10.4206/bosque.1982.v4n2-04.

Ehrenfeld, D. (1970). Conservación y Biología. Ciudad de México: Ed. Interamericana.

Escobar, D. (2019). Estimación de la erosión en la zona semiárida del Norte chileno mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE): El caso de Punitaqui (IV Región de Coquimbo). Santiago: Universidad de Chile.

Espinoza, G.; Fuentes, E. y Molina, J.D. (1988) La erosión: fenómenos naturales y acción del hombre. En: *Ecología del Paisaje en Chile Central*, 53-64, Fuentes, E. & S. Prenafeta Eds. Universidad Católica de Chile.

Ferrando, F. (s/f). *Sondajes: Explotación de Pozos*. Material del curso Hidrología. Santiago: Universidad de Chile.

Fuentes, N., Sánchez, P., Pauchard, A., Urrutia, J., Cavieres, I., & Marticorena, A. (2014). *Plantas invasoras del centro-sur de Chile: una guía de campo*. Concepción: Laboratorio de invasiones biológicas (LIB).

García, R. (2020). *Plantas invasoras y su relación con incendios forestales*. Naturalistas Chile. 16° cuarentenaconciencia. Santiago.

Gayoso J, S Gayoso. 2003. *Diseño de zonas ribereñas: Requerimientos de un ancho mínimo*. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.

Gómez, P., Bustamante, R. y San Martín, J. Estructura poblacional de *Teline monspessulana* (L.) K. Koch en fragmentos de bosque maulino en Chile central. *Gayana Bot.* [online]. 2012, vol.69, n.1

Guerrero, C., Gómez, I., & Mataix-Solera, J. (2007). *Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica*. Alicante: Caja Mediterraneo.

González, C. (2020). *Evaluación del Estado Ecológico del estero Zamorano, San Vicente de Tagua Tagua*. Universidad de Chile. Santiago.

Herrera, M. (2021) *Contribución al expediente de Santuario de la naturaleza Quebrada Totoral y península de Punta de Tralca El Quisco, Región de Valparaíso: Propuesta de objetos de conservación, amenazas y análisis de estado de conservación*, [Memoria de título no publicada]. Santiago: Universidad de Chile.

Hoffman, A. (2012). *Flora silvestre de Chile, Zona central*. Fundación Claudio Gay. Santiago: Quinta edición.

Ilustre Municipalidad de El Quisco (s/f). *Catastro de Flora y fauna del sector Punta de Tralca y quebrada Seminario de El Quisco*.

Ilustre Municipal de El Quisco (2019). *Actualización de Plan de desarrollo comunal 2019-2022*. El Quisco.

Luerbert, F., Pliscoff, P. (2018). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Santiago: Universidad de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Inventario Nacional de Especies de Chile. <http://especies.mma.gob.cl/> obtenido en: http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/especies_exoticas.aspx

Moller, P. (2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. Universidad Austral de Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2014). Hacia una Nueva Política Urbana para Chile. Política Nacional de Desarrollo Urbano: Ciudades Sustentables y Calidad de Vida. Santiago, Chile.

Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of de riberan habitat in rivers and streams: QBR index: Ecological Quality of De Riberan Habitat. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2), 147–163.

Naiman, R. J., Decamps, H., & Pollock, M. (1993). The role of de riberan corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological applications*, 3(2), 209–212.

Naiman, R., & Decamps, H. (1997). The ecology of interfaces de riberan zones. University of Washington.

Palma, A., Figueroa, R., & Ruiz, V. H. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*, 73(1), 57–63

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.

Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas -IPBES-. (2018). Comunicado de prensa: La degradación del suelo a nivel mundial empeora y ahora es "crítica", poniendo en riesgo el bienestar de 3200 millones de personas. En: <https://ipbes.net/>

Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas -IPBES-. (2019). Informe de la Evaluación Mundial sobre la Diversidad Biológica y Servicios de los ecosistemas. Bonn, Alemania. Obtenido en: https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_es.pdf

Quintanilla, V., Morales, M. (2012). Degradación de microcuencas de gran valor geobotánico en la zona costera mediterránea de Chile. Antecedentes para la restauración ecológica. *Geographicalia*.

Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V., . . . Sanchez, P. y. (2018). Catalogo de las plantas vasculares de Chile. *Guayana bot.*, 1-403.

Romero, H., Toledo, X., Órdenes, F., & Vásquez, A. (2001). Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*.

Romero, F., Cozano, M., Gangas, R. y Naulin, P (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)* [online].

Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío. (2020). Restauración del Ecosistema Cayumanque, una experiencia de restauración a escala de paisaje desde la institucionalidad pública, Chile.

Servicio Agrícola y Ganadero. (2014). Estudio revela que en Chile hay 128 especies exóticas invasoras que amenazan la biodiversidad del país. Recuperado en: <https://www.sag.gob.cl/noticias>

Society for Ecological Restoration (SER) International. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Soulé, M. (1985). What Is Conservation Biology? *BioScience*, 35: 727-734.

Smith-Ramírez, C., González, M., Echeverría, C., y Lara, A. (2015). Estado actual de la restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos: Current state of ecological restoration in Chile: Perspectives and challenges. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 43(1), 11-21. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2015000100002>

Tellería, J. (2013). Pérdida de Biodiversidad: causas y consecuencias de la pérdida de las especies. Researchgate,

Teillier, S., Villaseñor, R., Novoa, P., Marticorena, P., P, Niemeyer. H. (2018) Flora del Litoral de la Región de Valparaíso. Universidad de Chile.

Vargas, R. (2019). Material del curso “Recuperación de áreas degradadas”, Carrera de Geografía, Facultad de arquitectura y urbanismo. Santiago: Universidad de Chile.

Vargas. R (2019). Degradación Biológica de los ecosistemas. Material del curso “Recuperación de áreas de degradadas”, Carrera de Geografía, Facultad de arquitectura y urbanismo. Santiago: Universidad de Chile.

Vargas, O. (2011). Restauración ecológica, biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028008017>

Vargas Abarzúa, E., & Zúñiga Molinier, L. (2010). Tiempo y sucesión ecológica en Ramón Margalef. *Arbor*, 186 (741), 163-171. <https://doi.org/10.3989/arbor.2010.741n1016>

Vásquez, A; Mejía, A; Faustino, J; Terán, R; Vásquez, I. (2016). Manejo y Gestión de cuencas hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido en: <http://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>.

Vásquez, S. (2018). Evaluación del estado ecológico de las quebradas y sus zonas ribereñas en la ciudad de Algarrobo, Región de Valparaíso. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Universidad de Chile.

Anexos

Anexo 1: Ficha de terreno Índice QBR.

Transecto	
Fecha	
Puntos	Grado de Cubierta de la zona de ribera
25	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	Entre 50% y 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera
5	Entre 10% y 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera
0	Menos de 10% de cubierta vegetal en 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%.
	Puntaje
Puntos	Estructura de la cubierta
25	Recubrimiento de árboles superior al 75%
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%
5	Recubrimiento 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 existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosques es >50%
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchones sin continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es menor al 50%
	Puntaje

Puntos	Calidad de la cubierta	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles y arbustos nativos	>1	>2	>3
10	Número de especies diferentes de árboles y arbustos nativos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles y arbustos nativos	---	1	1-2
0	Sin árboles nativos	---	---	---
+10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del			

	río como mínimo 3 m de ancho, uniforme y ocupado más del 75% de la ribera.			
+5	Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre el 50 y el 75% de la ribera).			
+5	Si existe una disposición en bandas paralelas al río.			
+5	Si el número diferente de especies de arbustos es	>2	>3	>4
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre.			
-5	Si existe alguna especie de árbol introducida (alóctona)* aislada.			
-10	Si existen vertidos de basuras.			
-10	Si existen especies de árboles alóctonos* formando comunidades.			
	Puntaje			

Puntos	Grado de naturalidad del canal fluvial
25	El canal del río no ha sido 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 u otra infraestructura transversal en el lecho del río.
	Puntaje

Anexo 2: Ficha de registro de vegetación leñosa.

Parcela			
Fecha			
Especie	Origen	Cantidad	Estado conservación

Observaciones:			

Anexo 3: Abundancia y riqueza de vegetación leñosa.

Nombre común	especie	Origen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	AB. ACUMULADA
Aromo	<i>Acacia melanoxylon</i>	Exótica	8	10	24	7						49
Barba de viejo	<i>Eupatorium glechonophyllum</i>	Nativa		20		2						22
Boldo	<i>Peumus boldus</i>	Endémica			3					7		10
Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	Nativa					66		7			73
Chirca	<i>Baccharis racemosa</i>	Nativa								5		5
Colliguay	<i>Colliguaja odorifera</i>	Endémica		2								2
Culén	<i>Otholobium glandulosum</i>	Nativa					33	4				37
Eucalipto	<i>Eucaliptus globulus</i>	Exótica			19	16	10	4				49
Huingan	<i>Schinus polygamus</i>	Nativa					1					1
Lilén	<i>Azara celastrina</i>	Endémica		1								1
Litre	<i>Lithrea caustica</i>	Endémica								1		1
Maitén	<i>Maytenus boaria</i>	Nativa					10		5		2	17
Molle	<i>Schinus latifolius</i>	Nativa						1		3		4
Naranjillo	<i>Citronella mucronata</i>	Endémica								4		4

Tiuque	<i>Milvago chimango</i>	Nativa	2				1			1		4
Tijeral	<i>Leptasthenura aegitaloides</i>	Nativa							2			2
Tordo	<i>Curaeus curaeus</i>	Nativa		1		5				3	2	11
Tortola	<i>Zenaida auriculata</i>	Nativa									1	1
Queltehue	<i>Vanellus chilensis</i>	Nativa	2									2
Zorzal	<i>Turdus falcklandii</i>	Nativa	2	2	1					4	3	12
Abundancia por punto			22	16	17	17	5	8	5	19	28	137

Anexo 6: Resumen de resultados de índices aplicados en el área de estudio.

