

INFORME FINAL

“Actualización del Expediente para Solicitud de Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, Comuna de Arauco, Región del Biobío, Chile”

ID Licitación: 613419-1-LE20



Elaborado por:

Manuela Erazo (ESA Consultores, Programa de Becarios para Soluciones Costeras), Cristóbal Pizarro, Heraldo Norambuena y Mauricio Aguayo (Universidad de Concepción)

INDICE DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES QUE JUSTIFICAN QUE EL ÁREA SEA POSTULADA A SANTUARIO DE LA NATURALEZA	4
1.1. Características Ecosistémicas	6
1.1.1. Control de inundaciones	9
1.1.2. Recarga de aguas subterráneas, depuración de aguas	10
1.1.3. Reserva de Biodiversidad	10
1.1.4. Estabilización de costas y protección contra tormentas	12
1.1.5. Retención y exportación de sedimentos y nutrientes.....	13
1.1.6. Valores culturales.....	14
1.1.7. Mitigación y adaptación al cambio climático	18
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.....	18
2.1. Ubicación	18
2.2. Ordenamiento Territorial	18
2.3. Clima.....	22
2.4. Geomorfología.....	24
Efectos terremoto y tsunami 2010.....	26
2.5. Geología.....	27
2.6. Cobertura y uso de Suelo.....	30
2.7. Hidrología	34
2.8. Calidad de las Aguas	37
2.9. Vegetación.....	40
2.10. Fauna	44
Fauna acuática	44
Fauna Terrestre	45
2.11. Identificación de especies focales como insumo para objetos de conservación	53
2.11.1. Fundamentos	53
3.11.2. Variables.....	54
3.11.3. Fases metodológicas	54
2.12. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS	59
2.12.1. Distritos censales.....	62
2.12.2. Localidades.....	63
2.12.3. El borde costero de la comuna de Arauco	66

3. DESCRIPCIÓN DEL VALOR ECOLÓGICO DEL ÁREA.....	67
4. DESCRIPCIÓN DE LOS VALORES COMPLEMENTARIOS ASOCIADOS AL ÁREA (CULTURALES, SOCIALES, TURÍSTICOS, ETC.).....	68
5. DESCRIPCIÓN OBJETOS DE CONSERVACIÓN.....	71
5.1. Objetos de Conservación Biológica	71
5.1.1. Comunidades de Spartina Densiflora	76
5.1.2. Cuerpos de agua	77
5.1.3. Aves acuáticas	79
5.1.4. Comunidades de anfibios	81
5.2. Objetos de Conservación Cultural y de Bienestar Humano.....	82
5.2.1. Sitios arqueológicos y paleontológicos.....	82
5.2.2. Actividades de extracción de recursos bentónicos y peces.....	83
6. PRESIONES Y AMENAZAS SOBRE EL AREA PROPUESTA Y LOS OBJETOS DE CONSERVACIÓN.....	85
6.1. Amenazas sobre Objetos de Conservación Biológica Cuerpos de Agua y Anfibios	85
6.2. Amenazas sobre Objeto de Conservación Biológica Comunidades de Spartina densiflora.....	87
6.3. Amenazas sobre Objeto de Conservación Biológica Aves Acuáticas	88
7. GESTIÓN DEL ÁREA PROPUESTA.....	89
8. BIBLIOGRAFÍA	99

1. ANTECEDENTES QUE JUSTIFICAN QUE EL ÁREA SEA POSTULADA A SANTUARIO DE LA NATURALEZA

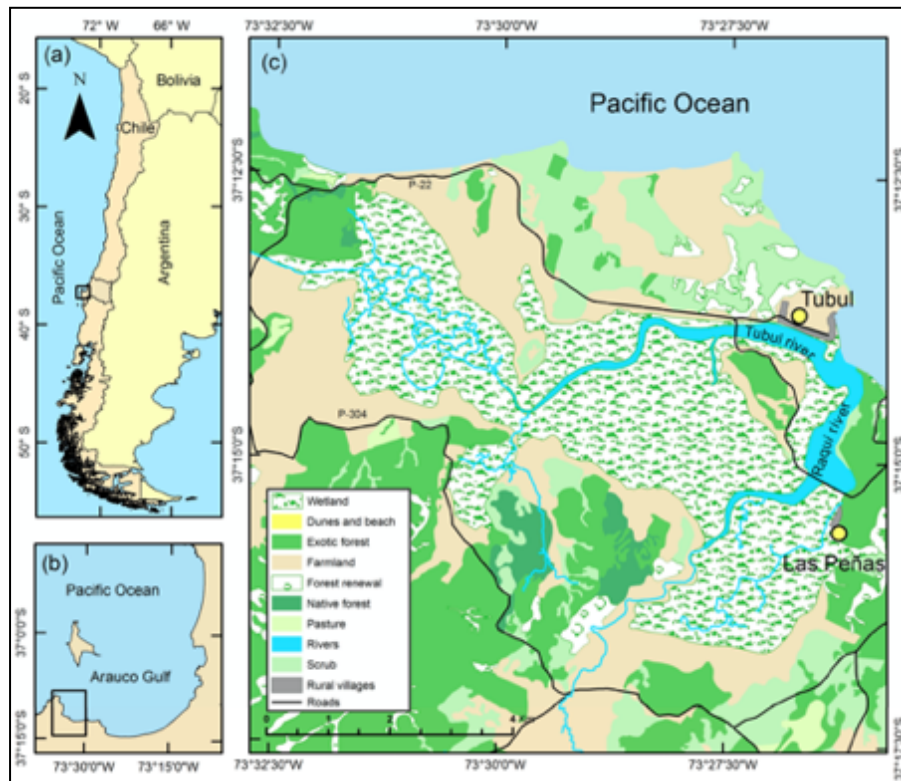
Los humedales (continentales y costeros) cubren más de 12,1 millones de km² de la superficie de la tierra, constituyendo uno de los ecosistemas más importantes y productivos del planeta (MMA, 2018). Los humedales juegan un papel importante en la entrega de servicios ecosistémicos como la provisión de agua, alimentos, adaptación al cambio climático y apoyo a la biodiversidad e identidad cultural de las comunidades humanas locales (Janse et al., 2019). A pesar de sus valores ecológicos, culturales y económicos, aproximadamente dos tercios de los humedales naturales del mundo han desaparecido durante el siglo XX (Davidson, 2014).

Tubul-Raqui es un humedal costero ubicado en el Golfo de Arauco (37° 13'S - 73° 26'O; Mapa 1). Es considerado el más importante de la región del Biobío, por su gran extensión (2.238 hectáreas), alta biodiversidad y capacidad de prestar servicios ecosistémicos (Valdovinos et al., 2012; Marín et al., 2010). En su desembocadura, confluyen los ríos Tubul y Raqui, de origen costero y pluvial, generando un estuario tipo marisma, donde destaca un marcado gradiente de salinidad, debido al encuentro de aguas de origen marino-costero y continentales (Valdovinos et al., 2012). Como la mayoría de las marismas, Tubul-Raqui presenta altas tasas de productividad primaria debido a la afluencia y mezcla de nutrientes de las aguas superficiales y/o de marea, generando condiciones óptimas para sostener una alta biodiversidad de especies de flora y fauna (Valdovinos et al. 2010; EULA, 2008; CONAMA, 2003). La heterogeneidad de condiciones bióticas y abióticas, permiten la existencia de diversos paisajes y hábitats productivos, por lo que el Humedal Tubul-Raqui funciona como sitio de relevancia mundial para la nidificación, refugio y descanso de numerosas especies de aves residentes parcialmente residentes y migratorias (Valdovinos et al., 2012). Debido a su riqueza, el humedal Tubul-Raqui fue declarado Sitio Prioritario bajo la Estrategia Nacional para la Conservación de la Biodiversidad (CONAMA, 2003), y es uno de los 170 sitios críticos para la Ruta Migratoria de aves del Pacífico en las Américas, siendo un punto geográfico relevante para el descanso de aves playeras de larga distancia. De hecho, Tubul-Raqui es parte de la Estrategia de Conservación para las Aves Playeras del Pacífico en América.

Tubul-Raqui es parte de una red de humedales costeros, donde confluyen sistemas dulceacuícolas y marinos-costeros, al mismo tiempo que paisajes terrestres productivos forestales, ganaderos, agrícolas y área de alto valor para la conservación, junto a zonas habitadas por comunidades locales. En particular, el pueblo Tubul, y el humedal, fueron uno de los sectores más afectados por el terremoto y maremoto del 2010, con efectos sociales y ambientales catastróficos (Rojas et al., 2017). En esta zona, se produjo un levantamiento

sísmico (Rojas et al., 2017), que interrumpió la entrada de agua desde el mar hacia el humedal, secándose parcialmente. Esto gatilló una alteración significativa del Humedal, afectando las actividades productivas locales asociadas (en ese entonces) a la extracción del alga “pelillo” (*Gracilaria* sp.), muy relevante para los habitantes de las localidades circundantes (Marín et al., 2010).

Figura Nº 1. Mapa 1. Humedal costero Tubul-Raqui



Fuente: Rojas et al., 2017

En el año 2018 el Ministerio de Medio Ambiente presentó el Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, que busca detener la creciente y alarmante degradación de estos valiosos ecosistemas de nuestro país (MMA, 2018). Dentro de los objetivos del Plan se encuentran a) proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en humedales considerados como prioritarios, mediante su creación como áreas protegidas; b) identificar y consensuar nuevas áreas prioritarias de humedales mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP); y c) gestionar las solicitudes de creación para nuevas áreas protegidas de humedales, con el objetivo de someterlas a la deliberación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (MMA, 2018). El Ministerio de Medio Ambiente ha priorizado 40 humedales en el país, bajo figuras como Santuario de la Naturaleza, Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural. Dentro de este listado priorizado se encuentra el Humedal Tubul-Raqui.

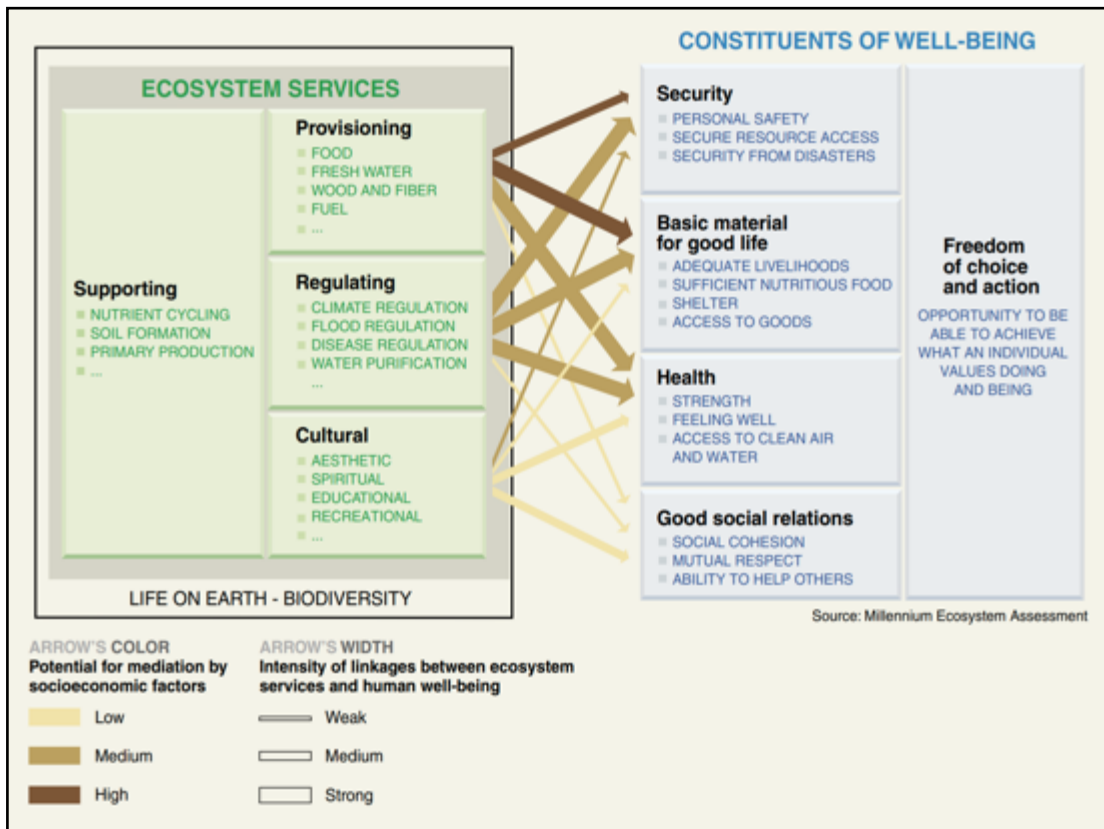
La licitación “Actualización del Expediente para Solicitud de Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, Comuna de Arauco, Región del Biobío, Chile” (ID: 613419-1-LE20) busca avanzar en la conservación de este humedal, dando cumplimiento a tratados internacionales y al Plan Nacional de Humedales; retomando así, un extenso trabajo previo, con miras a salvaguardar el patrimonio natural y cultural del Tubul-Raqui.

1.1. Características Ecosistémicas

El concepto de servicios ecosistémicos (en adelante SE) emerge a finales de la década de 1990 (Daily, 1997; Costanza et al., 1997) y se consolida con la publicación “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio” (EM, 2005). Desde ahí se ha erigido como un paradigma relevante que enmarca la investigación y la formulación de políticas en biodiversidad, en ecología y en biología de la conservación (Silvertown, 2015). Los ES son un conjunto de propiedades ambientales que se derivan de las estructuras y procesos de los ecosistemas, organizados desde un punto de vista antropocéntrico: es decir son productos de complejas interrelaciones ecológicas, útiles y necesarias para el bienestar humano (Müller & Fohrer, 2015). En este sentido, los SE son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Algunos autores hacen una diferencia entre bienes y servicios (Costanza et al. 1997) mientras que, en la mayoría de los casos, ambos conceptos se fusionan bajo el término “servicios”. En otras definiciones los servicios ecosistémicos se basan en las funciones del ecosistema y los procesos biológicos, por lo que algunas secciones del capital natural, como el aire o los recursos minerales, no son considerados (Müller & Fohrer, 2015).

El enfoque de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio se centró en los vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano, partiendo de la base de que un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el “entorno no viviente” (componentes abióticos) que interactúan como una unidad funcional (EM, 2005). Los SE consideran: 1) servicios de aprovisionamiento, como alimentos, agua, madera y fibra; 2) servicios de regulación: por ejemplo, del clima, las inundaciones, las enfermedades, la calidad del agua, etc.; 3) servicios culturales: que brindan beneficios recreativos, estéticos y espirituales; y 4) servicios de apoyo: como la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes (ver Figura N° 7).

Figura N° 7. Vínculos entre los servicios de los ecosistémicos y el bienestar humano



Fuente: EM, 2005

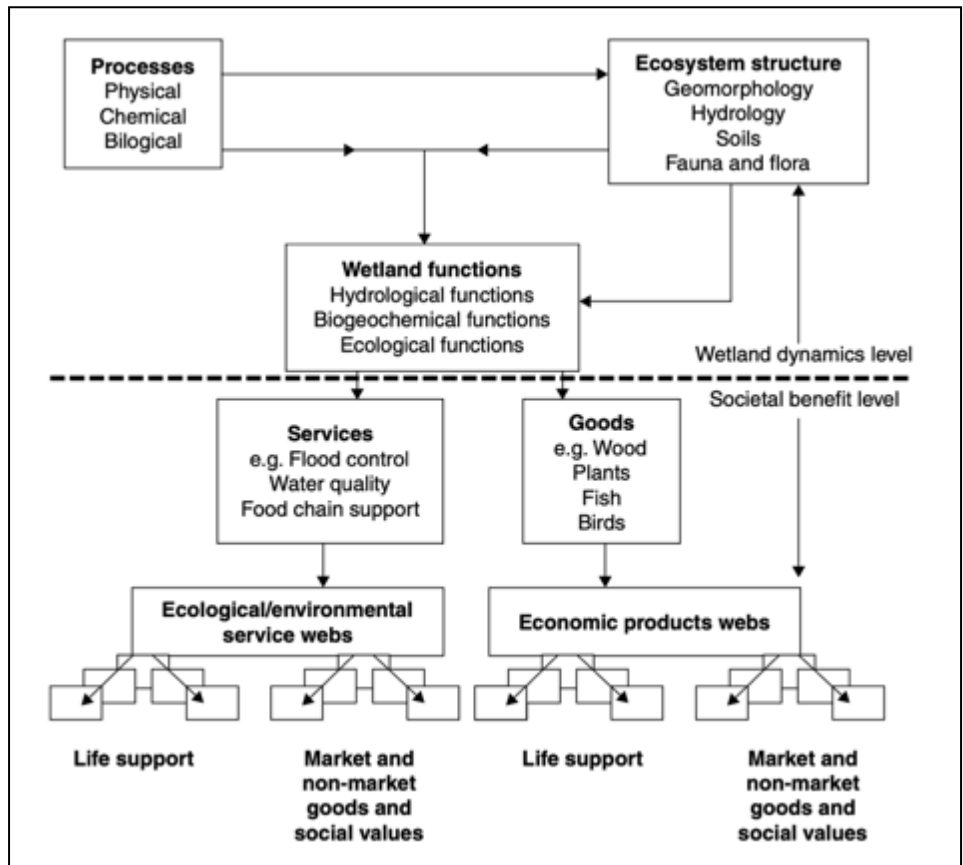
Los SE son activos naturales producidos por el medio ambiente y utilizados por los seres humanos, como el aire, el agua, alimentos y materiales que contribuyen al bienestar social y cultural. Este concepto ha sido ampliamente aplicado a los humedales, comparativamente con otros ecosistemas. Los humedales, de acuerdo con la Convención de Ramsar, constituyen “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (2006: 7). Sumado a esta definición, Maltby & Acreman (2011), señalan que existen tres condiciones que caracterizan a estos ecosistemas:

1. Presencia predominante del agua, ya sea en o sobre la superficie o dentro de la zona de raíces.
2. Condiciones únicas de suelo o sedimento que difieren de tierras adyacentes (terrestres o acuáticas).
3. Flora y fauna específicamente adaptadas a condiciones de humedad permanentes o estacionales.

Los humedales han jugado un papel importante en la evolución de muchas especies, contribuyendo significativamente a la biodiversidad (Gopal, 2009). Se señala también que los humedales han constituido ecosistemas claves para el desarrollo humano, fundamentalmente para las poblaciones que han ocupado sus márgenes (Maltby & Acreman, 2011). Se indica también que los procesos y el funcionamiento hidrológico son impulsores importantes de las muchas interacciones físicas y bioquímicas dentro de los ecosistemas de humedal que, a su vez, controlan el desempeño de los servicios beneficiosos para los seres humanos (Maltby & Acreman, 2011).

Los ecosistemas de humedales generan una serie de SE, como el suministro y la calidad del agua, el control del clima y la contaminación y la conservación de especies y hábitats. Los bienes incluyen árboles, pájaros y peces. Tanto los servicios como los bienes proporcionan beneficios directos e indirectos a las poblaciones humanas y otras especies de seres vivos, y son importantes en el mantenimiento del medio ambiente (ver Figura N° 8) (Maltby, 2009)

Figura N° 8. Procesos de los SE presentes en los ecosistemas de humedales



Fuente: Maltby, 2009

Particularmente en zonas costeras, muchos humedales corresponden a estuarios y sus hábitats circundantes, que se encuentran típicamente en las desembocaduras de los ríos (Barbier, 2013). Estos humedales costeros son reconocidos mundialmente como ecosistemas de gran interés para la conservación de la biodiversidad (Valiela et al., 2009 en Valdovinos, 2012) y “representan ambientes de interfaz entre ecosistemas terrestres y marinos altamente sensibles a las características de las masas de aguas que entran y salen de ellos” (Niering, 1985 en Marquet et al., 2012: 5). En estos humedales están representados hábitats únicos para un número significativo de especies de vertebrados e invertebrados (Marquet et al., 2012). Valdovinos et al. (2012) indica que los principales SE de los humedales costeros son los siguientes: 1) Control de inundaciones; 2) Recarga de aguas subterráneas, depuración de aguas; 3) Reserva de Biodiversidad; 4) Estabilización de costas y protección contra tormentas; 5) Retención y exportación de sedimentos y nutrientes.; 6) Valores culturales; 7) Mitigación y adaptación al cambio climático.

A continuación, se analizarán los SE presentes en el Humedal Tubul-Raqui, de acuerdo con los tipos de servicios propios de los humedales costeros (Valdovinos et al., 2012), presentados en el párrafo anterior. Esto a la luz de lo identificado en la literatura a partir del 2010 a la fecha.

1.1.1. Control de inundaciones

Los humedales son considerados barreras naturales contra inundaciones, causadas por excesivas precipitaciones y oleaje (tormentas). Los humedales almacenan el agua en el suelo o la retienen en su superficie. Igualmente, la vegetación de los humedales costeros, sobre todo de las marismas, desempeña también una función en la reducción de la velocidad de circulación de las aguas de las crecidas¹. El Humedal Tubul-Raqui cumple un rol muy significativo en la aportación de este SE (de regulación hidrológica), amortiguando las crecidas de aguas de los ríos Raqui y Tubul (ambos de origen pluvial), y reteniendo y liberando lentamente los sedimentos que trae la escorrentía después de las lluvias.

De acuerdo Marín et al. (2010) en un estudio sobre la percepción de las comunidades locales en torno a los servicios ecosistémicos del Humedal Tubul-Raqui, posterior a los eventos catastróficos del 2010 (megaterremoto y tsunami), se evidencia que los SE de regulación hidrológica, como el caso del control de inundaciones, se mantuvo e incluso aumentó post 27-F (Marín et al., 2010). De la misma forma, Rojas et al. (2017) constata que

¹ https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/tmp/pdf/info/values_floodcontrol_s.pdf

los habitantes de áreas circundantes al Humedal Tubul-Raqui, también señalan que este servicio de regulación se ha mantenido en el tiempo, con una leve tendencia al aumento.

1.1.2. Recarga de aguas subterráneas, depuración de aguas

Uno de los objetivos de conservación de humedales apunta al rol que estos ecosistemas cumplen respecto al ciclo del agua. La evidencia científica indica que los humedales desempeñan funciones hidrológicas claves, actuando como “verdaderas esponjas”, absorbiendo el agua durante los periodos de lluvias y liberándola durante los periodos secos (Bullock & Acreman, 2013). Igualmente, la conservación de humedales también se orienta a salvaguardar otras funciones ecosistémicas, como la alteración de los flujos de inundaciones, la estabilización de sedimentos y la purificación de las aguas (Bullock & Acreman, 2013).

Muchos ecosistemas de humedales están situados sobre llanuras de inundación o en las riberas de ríos, lagos o estuarios. En la multiplicidad de tipos de humedales, costeros y continentales, existe una característica en común, la superficie freática se encuentra muy próxima a la superficie topográfica. Esta característica es indicativa de la capacidad de los humedales de absorber los excedentes de aguas y recargar las napas subterráneas. Sin embargo, como señala Bullock & Acreman (2013), no todos los humedales reportan esta característica, así como no todos los humedales manifiestan la misma capacidad de recarga de las aguas subterráneas. Ahora bien, los autores señalan que aquellos humedales que se forman en llanuras o planicies aluviales y que poseen fondo blandos o arenosos, como es el caso del Humedal Tubul-Raqui, si deberían presentar una gran capacidad para absorber agua y recargar los acuíferos (Bullock & Acreman, 2013).

1.1.3. Reserva de Biodiversidad

El Humedal Tubul-Raqui constituye un ecosistema único, altamente relevante para la zona centro-sur de Chile, no solo por su gran extensión, sino que porque presenta una importante diversidad de hábitats acuáticos y ribereños. El Humedal Tubul-Raqui reporta una elevada biodiversidad y productividad biológica, combinada con un bajo grado de perturbación humana (Valdovinos et al., 2012). A pesar de que el Humedal fue muy afectado por el terremoto y tsunami de febrero del 2010, el Humedal mantiene propiedades que le permiten mantenerse dentro de los humedales costeros más relevante del país, fundamentalmente porque continúa proporcionando importantes SE a la población local y porque constituye un sitio clave de nidificación y refugio para numerosas especies de aves (Valdovinos et al., 2012). Esta situación ha sido reconocida a nivel regional,

nacional e internacional. A nivel regional el Humedal es uno de los seis sitios prioritarios establecidos en la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad de la región del Biobío (MMA, 2018). A nivel nacional, el Humedal constituye uno de los 40 humedales priorizados dentro del Plan Nacional de Humedales 2018-2022. A nivel internacional, el Humedal Tubul-Raqui es identificado como sitio prioritario para la Ruta Migratoria del Pacífico en América (aves playeras)², y es reconocido como sitio IBA (Important Bird Area, por su sigla en inglés), por la organización de conservación Birdlife International.

En base a los registros disponibles de la base de datos de eBird-Chile, del Censo Neotropical de Aves Acuáticas (CNAA) y del Censo de Aves Playeras, el ensamble de aves del Humedal está compuesto por 97 especies. Los órdenes con mayor representación son Passeriformes con 34 especies y Charadriiformes con 20 especies (para mayor detalle ver sección 5.11.2 del presente informe). Del total de aves, 13 se encuentran en alguna categoría de conservación, siendo la categoría de Preocupación Menor (LC) la más frecuente. De estas, solo cuatro especies están en categoría de amenaza según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) y la Ley de Caza, el Aguilucho de cola rojiza (*Buteo ventralis*) (VU), Cuervo de pantano (*Plegadis chihi*) (EN), Cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y Cisne cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) (EN). Según la definición de aves acuáticas de Schlatter & Sielfeld (2006), del total de aves registradas 46 especies (47,4% del total) son consideradas aves acuáticas (incluyendo aves playeras), destacando los órdenes Charadriiformes con 20 especies, Anseriformes con nueve especies y Pelecaniformes con siete especies.

En cuanto a los invertebrados bentónicos, cabe destacar que existe una menor diversidad de especie en el área estuarina o ecotonal (Carrasco, 2004), que, en la sección dulceacuícola, localizada en la zona alta de la cuenca (Valdovinos et al., 2012). La abundancia y la biomasa de los invertebrados bentónicos del área estuarina es superior. Respecto a estas especies bentónicas que habitan en la sección del estuario del Humedal, se distinguen aquellas que habitan en fondos duros y otras que lo hacen en los fondos blandos (Valdovinos et al., 2012).

Los fondos duros del Humedal existen los denominados “espartales” o hábitats compuestos por la gramínea *Spartina densiflora*, que antes del terremoto quedaban completamente inundados por efecto de las mareas. Posterior al alzamiento cosísmico, post 27-F, estos hábitats empezaron a recibir una menor aportación de agua salada, lo que tuvo efectos sobre la fauna acuática (Valdovinos & Sandoval, 2011). Sin embargo, estudios recientes (Vásquez, 2017; Sandoval et al., 2019), dan cuenta de una significativa

² https://pacificflywayshorebirds.org/downloads/ecaprpa_espanol_final.pdf

recuperación del Humedal, y de estos “espartales”. Las especies dominantes en estos hábitats constituyen el invertebrado estuarino *Conopeum* sp., el Amphipoda *Paracorophium hartmannorum* y los poliquetos, especialmente *Prionospio* (*Minuspio*) patagónica. Estos hábitats también son ocupados por el crustáceo *Hemigrapsus crenulatus* (Díaz-Jaramillo et al., 2013). En estos fondos duros del Humedal Tubul-Raqui se encuentra también la especie *Cirripedia Elminius kingii*. Esta especie filtradora habita preferentemente sustratos leñosos y rocosos presentes en la zona intermareal del Humedal (Valdovinos et al., 2012; Díaz-Jaramillo et al., 2013).

Los fondos blandos intermareales y submareales del humedal son ocupados por poliquetos de las familias *Spionidae* y *Nereidae*, que alcanzan elevadas biomásas, especialmente dominada por *Perinereis gualpensis* (Díaz-Jaramillo et al., 2013). También se reportan blandos de bivalvos de *Tagelus dombeii*. Estos fondos también son ocupados por los estados adultos del crustáceo *Hemigrapsus crenulatus* y la especie bivalva estuarina *Kingiella chilénica* (Valdovinos et al., 2012). Respecto a los peces de la zona del Humedal, algunas observaciones realizadas en el área (Valdovinos et al., 2012), constataron la presencia de especies estuarinas y marinas, tales como el “robalo” (*Elegonops maclovinus*), “Lisa” (*Mugil cephalus*), “Puye” (*Galaxias maculatus*) y “Cauque” (*Odontesthes mauleanum*).

1.1.4. Estabilización de costas y protección contra tormentas

Las marismas son importantes ecosistemas costeros que frecuentemente rodean estuarios y bahías, estableciéndose en zonas inter-mareales (Leonardi et al., 2016). Las marismas ofrecen diversos servicios ecosistémicos, uno de estos servicios, la protección de las costas frente a tormentas, se ha valuado en millones (USD) (Möller et al., 2014).

Cabe destacar que las comunidades costeras de todo el mundo enfrentan un mayor riesgo de inundaciones como resultado del aumento del nivel del mar, el incremento de las tormentas y el hundimiento de la tierra. Frente a esto, las marismas pueden actuar como zonas naturales de amortiguación y protección de los efectos del Cambio Climático en la zona costera (Moller et al., 2014). Se ha evidenciado que la presencia de vegetación típica de ecosistemas de marismas provoca una considerable atenuación de las olas, incluso cuando los niveles son más altos (Moller et al., 2014). Las propiedades de la vegetación influyen en gran medida en este proceso de disipación; mientras los tallos más flexibles tienden a aplanarse durante tormentas poderosas (con una reducción del potencial de disipación), también son más resistentes al daño estructural y su aplanamiento ayuda a

proteger el sustrato de la marisma frente a la erosión (Leonardi et al., 2016). La eficacia en la disipación de las olas de tormentas y la resistencia de las marismas, incluso en condiciones extremas, sugieren que estos ecosistemas cumplen un servicio estratégico para la protección de la línea de la costa (Moller et al., 2014).

En el caso del Humedal Tubul-Raqui, hay que descartar que su situación geomorfológica hace que su desembocadura esté protegida de la acción del oleaje, aunque, por otro lado, el Humedal se forma en una zona de poca pendiente, lo que lo expone en mayor medida a la influencia de las mareas. Sin embargo, su capacidad para estabilizar la línea costera debería estar sustentada en lo que indica la literatura en esta materia, que señala la eficacia de las marismas en la entrega de este SE (Cheong et al., 2013; Fagherazzi, 2014; Gedan et al., 2011). De hecho, las marismas más anchas, de al menos 10 kilómetros o más, son más efectivas para disipar el oleaje. Considerando que el Humedal Tubu-Raqui tiene sobre 20 km², con un largo de su zona de marisma sobre los 10 kilómetros, con una superficie cubierta mayoritariamente por la especie ingeniera, *Spartina densiflora* (Valdovinos et al., 2012; Vásquez, 2017), es plausible señalar que el Humedal Tubul-Raqui es eficaz frente a la ocurrencia de tormentas y el incremento del oleaje, protegiendo no solo la población local, sino que una multiplicidad de especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio.

1.1.5. Retención y exportación de sedimentos y nutrientes

Según la Convención Ramsar³ los humedales desempeñan un papel clave en el reciclado de los sedimentos y nutrientes presentes en el medio ambiente, atributo altamente beneficioso para los medios de vida y el bienestar de las personas. De esta forma, los humedales actúan como verdaderos “almacenes” de los sedimentos y nutrientes transportados por la escorrentía de las aguas lluvias, los arroyos y los ríos.

Las marismas, que constituyen un tipo de humedal costero caracterizado por la presencia de una vegetación adaptada a las condiciones de salinidad de estas zonas de transición inter-mareales, son representativas en la entrega de este SE de regulación. Las marismas ocurren en ambientes de “baja energía”, lo que favorece la deposición de los sedimentos suspendidos en la columna del agua, propiciando la formación de un sustrato - que permite a su vez- la colonización de una vegetación de tipo halófito, que termina por compactar y consolidar este sedimento (Vásquez, 2017).

³ https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/services_04_s.pdf

Un ejemplo de especies halófitas, que se desarrollan a través de los procesos de deposición sedimentaria y colonización, es la gramínea *Spartina densiflora*, que cubre alrededor del 46% de la marisma. Esta especie ingeniera modela activamente la estructura de los hábitats acuáticos del Humedal (Valdovinos et al., 2010), destacando por su rol productor, sobre todo en los meses de invierno, cuando los denominados “espartales” mueren y se descomponen para convertirse en detrito, fuente principal de alimento de diversas especies de micro y macro invertebradas del medio acuático (Vásquez, 2017). De tal forma el SE de retención y exportación de sedimentos y nutrientes del Humedal Tubul-Raqui, permite la activación de un proceso de sedimentación clave para especies que estructuran los hábitats acuáticos del Humedal.

Por otra parte, este SE también cumple con otra función relevante, que es la de filtrar contaminantes, como nitratos y fosfatos, provenientes de fertilizantes y aguas residuales, que son consumidos por las plantas de los humedales y almacenados en sus hojas, tallos y raíces. Contribuyendo así a mejorar la calidad de las aguas del Humedal.

1.1.6. Valores culturales

Los valores culturales asociados a los SE del Humedal Tubul-Raqui se remontan a períodos precolombinos, a miles de años antes del presente. Lo anterior se evidencia por la existencia de diversos sitios arqueológicos al interior del Humedal e inmediaciones, donde hay presencia de conchales, cementerios y restos cerámicos (Torres-Aillón, 1997 en Bravo, 2011). La baja productividad agrícola del territorio indica que las actividades productivas de estos asentamientos precolombinos estaban mayormente orientadas a la recolección de recursos hidrobiológicos. El Golfo de Arauco proveía de peces, mariscos y algas, lo que provocó un intenso poblamiento del territorio (Bravo, 2011).

Investigaciones realizadas en yacimientos arqueológicos de Coronel, Morguilla, Chome, Talcahuano, Bellavista y Tubul, principalmente en conchales con datas que varían 4.350 ± 70 A.P (períodos Arcaico y Agroalfarero), han entregado información relevante en torno a las costumbres alimentarias de estos antiguos cazadores, recolectores y pescadores (Santelices & Borquez, 2000). Igualmente se han identificando anzuelos hechos de concha, pesas de red elaboradas en piedra, vértebras de pescado y abundantes restos de moluscos. Lo anterior indica que los recursos marinos estaban a la base de la economía de subsistencia de los habitantes de este territorio. Para pescar se utilizaban redes de intestinos de lobo marino, hebras de chagual, tendones de guanaco o ñocha (*Eryngium paniculatum*), mientras que los anzuelos eran construidos con espinas, dientes de pez o madera dura. Otro

instrumento interesante identificado en estas investigaciones fue el chuzo mariscador', utilizado para recolectar los moluscos incrustados en rocas (Bravo, 2011).

En el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui, así como en su interior (desembocadura de los ríos Tubul y Raqui), existen abundantes sitios arqueológicos (ver Tabla Nº 2). Entre Concepción y Tubul, sobre las terrazas de 2 msnm, se han encontrado concheros cerámicos, cementerios, sitios habitacionales y ocupaciones con agricultura incipientes (Hermosilla, 2011). Hace 3.500- 4.000 años a-C, existían grupos de pescadores-recolectores-cazadores marinos tempranos, como indican los sitios El Visal y La Trila. En cuanto a los asentamientos precerámicos, se considera el sitio Tubul I, con fechas entre el 150 a.C. y el 400 d.C (Hermosilla, 2011). En cuanto al uso de recursos, la abundancia y explotación de la navajuela (*Tagelus dombeii*) se superpone al uso de la ostra (*Tiostrea chilensis*), especie actualmente extinta en el Golfo de Arauco, asociada a una ocupación prehistórica temprana. Después del 2.000 a.C, hay un recambio de ostras por especies bivalvas similares a las que existen en la actualidad (Hermosilla, 2011)

Tabla Nº 2. Resumen de sitios arqueológicos en el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui

Localidad	Nombre del Sitio	Coordenadas N/E/alt.	Función	Adscripción cultural	Extensión aproximada
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-21	5879.519 / 638.115 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	15 x 4 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-13	5878.993 / 637.154	Indet.		3 x 8 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-12	5879.008 / 637.261 / 18m	Habitacional	El Vergel	60 x 40 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-11	5879.014 / 637.183 / 18m	Habitacional	El Vergel	30 x 40 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-8 Campamento Bacareza	5876.438 / 638.973 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	Cazador- recolector
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-10 La Trila	5878.339 / 637.424 / 18m	Basural conchífero		100 x 30 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-22	5880.875 / 634.787 / 18m	Indet.		
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-23	5880.426 / 634.495 / 18m	Indet.	El Vergel	20 x 4 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-7	5878.089 / 637.309 / 18m	Basural conchífero	El Vergel	7 x 2 m

Raqui-Tubul La Isla	RT-6	5877.989 / 637.354 / 18m	/	Basural conchífero	Cazador-recolector	25 x 1 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-5 Las Máquinas	5878.038 / 637.501 / 18m	/	Basural conchífero		12 x 3 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-1 El Trigal	5876.988 / 637.931 / 18m	/	Basural conchífero	Cazador-recolector	150 x 30 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-3 El Trigal Bajo	5876.940 / 637.821 / 18m	/	Basural conchífero	Cazador-recolector	150 x 30 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-2 La Isla	5877.984 / 637.871 / 18m	/	Basural conchífero		30 x 100 m
Raqui-Tubul La Isla	RT- 4 El Visal	5877.547 / 637.896 / 18m	/	Basural conchífero y entierro	Cazador-recolector / El Vergel	40 x 200 m

Fuentes: Quiroz, 2003 en Hermosilla, 2011.

Tubul, de acuerdo a la división geográfica mapuche de la zona de Arauco, perteneció a la provincia denominada Lavquen-Mapu (habitantes de la costa), que limitaba al norte con el río Biobío y al sur con el río Toltén, dentro de la cual Tubul era una subdelegación del Ayllarehue⁴ (Bravo, 2011). Los recursos marinos hidrobiológicos cumplían un rol fundamental en la economía de subsistencia de estas comunidades. Este era el modo de vida que prevalecía en el territorio a la llegada de los españoles. Luego de siglos de conflictos y parlamentos (con el régimen colonial), y posteriormente, de usurpaciones territoriales y persecución (una vez constituía la República de Chile) (Bengoa, 1996; Aylwin, 2002), el Humedal Tubul-Raqui sigue teniendo una significación cultural muy importante para las múltiples comunidades mapuche-lafkenche presentes en el territorio.

Un humedal o menoko, puede ser comprendido como un sitio de enorme significación cultural ambiental para la cosmovisión mapuche, al constituir un lugar que mantiene el equilibrio de los espacios de la vida (Figuroa, 2014). Es considerado un ser viviente, si se trata con respeto, si se cuida, se mantendrá el agua y sus ciclos naturales; vendrán las necesarias lluvias (Figuroa, 2014: 84). El agua suele estar presente en estos sitios de significación cultural ambiental como los menoko, trayenko (cascada de agua), lewfü (río) y lafken (mar), fundamentales para el equilibrio del clima y el agua, al igual que constituyen elementos gravitantes en la reproducción material de la vida. Los usos del menoko se orientan a la extracción de plantas medicinales, aunque también para el abastecimiento de agua. Los menokos, como espacios sagrados, son resguardados por un

⁴ agrupación de clanes familiares que dominaban y conformaban una provincia (bravo, 2011).

ngen-ko (dueño del agua) al cual se le debe pagar una especie de tributo o pedir permiso para ingresar al humedal (Sánchez et al., 2004).

Los valores culturales asociados al Humedal también se relacionan con las actividades pesqueras y algueras que se han desarrollado históricamente en esta vasta marisma, donde la identidad “pesquera artesanal”, sobre todo de las comunidades próximas a la costa (Tubul y Las Peñas) se vincula directamente con los SE de provisión del Humedal Tubul-Raqui. A principios de la década de 1950, el poblado de Tubul, era un pequeño asentamiento de no más de 30 habitantes (inquilinos del fundo Santa Clara) (Bravo, 2011), que luego se pobló como consecuencia de tres flujos migratorios. Uno proveniente de población de interior, de origen campesino, motivado por la riqueza de los recursos hidrobiológicos de la zona. Un segundo flujo, resultante del proceso Reforma Agraria del 1960 y 1970, que facilitó la expropiación y parcelación del fundo Santa Clara, permitiendo el asentamiento formal de muchas familias en Tubul (Vega & Téllez, 2012). Finalmente, un tercer flujo inmigratorio, que ha sido constante en las últimas décadas, y que está relacionado con diferentes ciclos de auge o boom pesquero en la caleta, asociados a la explotación del huepo (*Ensis macha*), la navajuela (*Tagelus dombeii*) y la taquilla (*Mulinia edulis*) en el Golfo de Arauco), lo que ha atraído pescadores artesanales de todo Chile (Vega & Téllez, 2012).

Durante gran parte del siglo XX, los principales recursos que se obtenían del Humedal eran la navajuela, el choro malton (*Choromytilus chorus*) y la taquilla, también el robalo, la lisa, el puye y el cauque (Bravo, 2011; Valdovinos et al., 2012), que se destinaban a la venta y el autoconsumo familiar. Algunos de estos recursos se siguen explotando y vendiendo localmente en la actualidad. Otro recurso clave, de gran valor cultural es la planta *Spartina densiflora*, especie dominante en la marisma, localmente conocida como “llinto”, pues era utilizada para la construcción de techumbres y viviendas en el pasado.

Sin embargo, el recurso del Humedal Tubul-Raqui con mayor valor cultural es el alga “pelillo” (*Gracilaria* sp.). En la década de 1960, aprovechando la creciente demanda externa de esta alga (de la que se extrae el agar-agar) y las condiciones favorables del estuario en donde el alga crecía de forma natural, se comienzan a explotar las praderas de pelillo al interior del Humedal (Vega & Téllez, 2012). En 1982, se funda la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales de Tubul (AG), que obtiene una concesión acuícola de 212 hectáreas a lo largo los tres ríos (Tubul, Raqui y estero Las Peñas) y quienes desarrollaron un modelo de manejo del alga reconocidamente exitoso, y que permitió el uso sustentable del recurso y del Humedal por años (Marin et al., 2014).

1.1.7. Mitigación y adaptación al cambio climático

Algunas de las funciones que brinda el Humedal Tubul-Raqui, podrían ser consideradas como de mitigación y adaptación al Cambio Climático. Dentro de estas funciones se encuentra el almacenaje y depuración de aguas, la fijación de carbono, el control de inundaciones, la reducción de sequías y la conservación de la biodiversidad, (Moya et al. 2005), muchas de las cuales hemos presentado apartados anteriores.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

2.1. Ubicación

Tubul-Raqui es un humedal costero ubicado en el Golfo de Arauco ($37^{\circ}13'S-73^{\circ}26'O$; Mapa 1). Es considerado el más importante de la región del Biobío, por su gran extensión (2.238 hectáreas), alta biodiversidad y capacidad de prestar servicios ecosistémicos (Valdovinos et al., 2012; Marín et al., 2010). En su desembocadura, confluyen los ríos Tubul y Raqui, de origen costero y fluvial, generando un estuario tipo marisma, donde destaca un marcado gradiente de salinidad, debido al encuentro de aguas de origen marino-costero y continentales (Valdovinos et al., 2012).

2.2. Ordenamiento Territorial

Desde un punto de vista político administrativo, el Humedal Tubul-Raqui (y sus poblados aledaños) se encuentra en la comuna de Arauco, localizada en la provincia del mismo nombre en la Región del Biobío.

Post-terremoto 2010, se encontraron dos documentos que actualizan el Plan de Ordenamiento Comunal (PLADECO) para la Comuna de Arauco, para los periodos 2015-2018 (Leiva Andrades, 2015) y 2013-2019 (s.a, 2016). Ambos documentos son casi idénticos y describen el proceso de planificación para el crecimiento sustentable de la comuna de Arauco y contempla zonificaciones estratégicas para el desarrollo económico, sociocultural y de infraestructura. El PLADECO describe que la comuna está compuesta en base zonas dedicadas a la edificación urbana, viviendas, áreas agrícolas, praderas, matorrales, planicies, plantaciones de bosque, áreas industriales, zonas costeras y “áreas de abundante vegetación”, sin especificar a qué tipo de ecosistema en particular pertenecen (e.g., bosque nativo, humedales, etc.).

En este contexto, la actualización del PLADECO ARAUCO destaca al Humedal Tubul-Raqui como una “Zona de interés turístico y natural”, las que deben ser “preservadas de los efectos nocivos del desarrollo local”, a través del Plan Regulador Comunal (PRC) (s.a, 2016). También destaca al Humedal como Área de Prohibición de Caza⁵, considerando la protección de una extensión de 7.822 hectáreas. También reconoce al Tubul-Raqui como el más grande e importante del circuito “Los humedales Comuna de Arauco” y parte de una red de humedales que interactúan entre sí, y que contribuyen al ciclo de nutrientes, proporcionan una fuente de alimentación, además de zonas de cría y refugio para aves migratorias (s.a, 2016). El documento especifica que en la ruta de humedales deberían realizar intervenciones mínimas, tales como miradores, letreros informativos y señalética, además de desarrollar productos tales como folletería con mapas, fotografías e información de servicios turísticos y servicios de urgencia.

Sin embargo, el mismo instrumento considera a zonas específicas del Humedal dentro de otras categorías, tales como el Borde Costero de las localidades de Tubul y Llico como zonas de fuerte potencial turístico, en las que “se puede desarrollar el sector empresarial turístico e inmobiliario”. Cabe señalar, que, dentro del Ordenamiento de Arauco, parte importante del Humedal Tubul-Raqui está dividido entre dos Zonas Intercomunales de Planificación (ZIP), con diferentes proyecciones de desarrollo. La ZIP III Llico agrupa a localidades del borde costero donde se reconocen las caletas de Tubul y Llico. Sin embargo, el Humedal también comprende otras localidades ubicadas en la ZIP I Arauco, tales como Las Peñas, Raqui Chico y Raqui Alto, que son declaradas como zonas de interés agrícola, y por estar dentro de la influencia de la ciudad de Arauco, posee una proyección urbana y de servicios (Figura N° 9).

⁵ Cabe destacar el año 2006, bajo el Decreto Exento 265 el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) estableció periodo de veda o de prohibición de caza en el Humedal Tubul-Raqui, esto con el amparo de Ley de Caza N°4.601.

Figura N° 9. Mapa Zonas Intra-comunales de Planificación, Comuna de Arauco

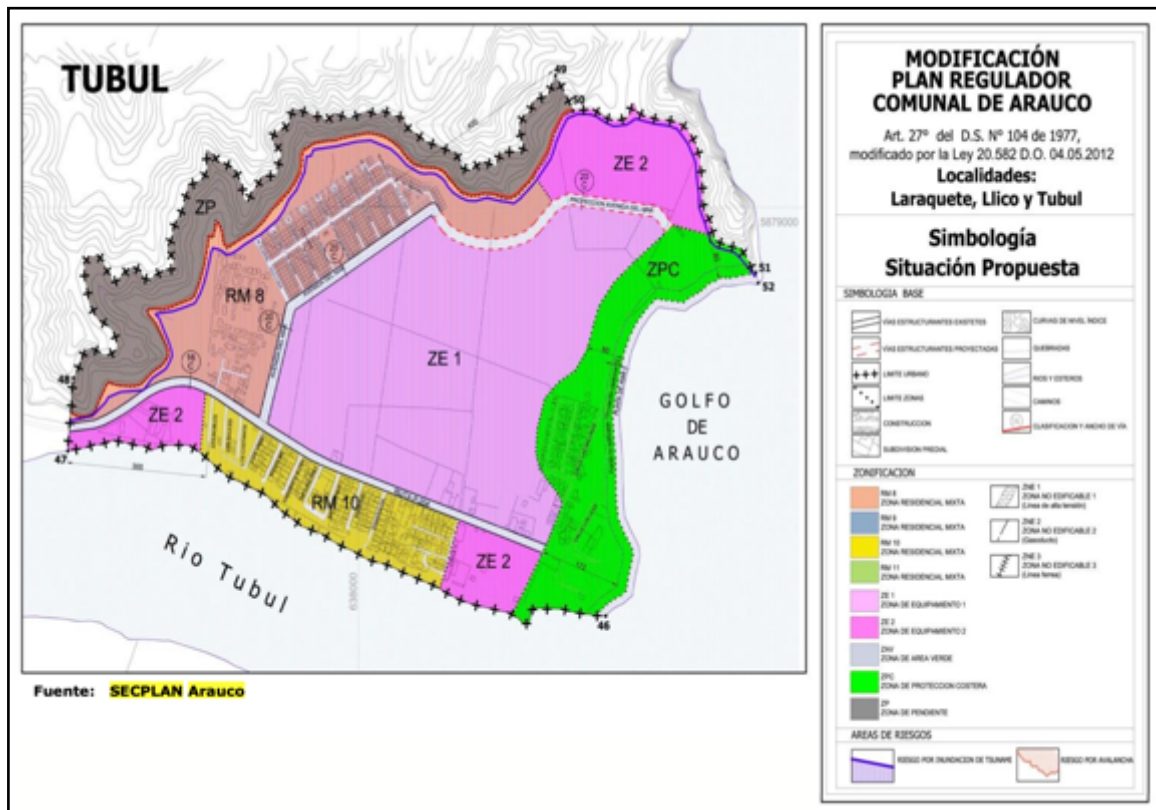


Fuente. PLADECO-Arauco 2015-2018

En particular, la caleta de Tubul es reconocida como zona urbana. El documento destaca avances urbanísticos y productivos como la construcción del Puerto Pesquero, financiado por el Ministerio de Obras Públicas, y del Centro de Salud General Rural (CGR), construido tras el terremoto, cuyos efectos (identificados mediante consulta pública) se recopilan en el Plan Maestro Tubul, Plan de Reconstrucción del Borde Costero (PRBC)⁶. El PRBC es un documento de gran importancia, tras el cual se modifica el PRC y otorga la actual configuración a la localidad de Tubul hoy (Figura N° 10). Entender esta zonificación resulta ser muy relevante, ya que comprende áreas vitales para el funcionamiento del Humedal, desde diferentes visiones de desarrollo, y geográficamente zonifica parte de la desembocadura del Humedal Tubul Raquí, y lo define como sitio crítico para alimentación y descanso de aves migratorias y residentes

⁶http://minvuhistorico.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20101207193158&hdd_nom_archivo=prbc%20tubul.pdf

Figura N° 10. Modificación del Plano Regulador Comunal para localidad de Tubul post-terremoto



Fuente: PLADECO-Arauco 2013-2019 (s.a, 2016)

A pesar de la existencia de zonas protegidas y destinadas a un desarrollo de bajo impacto, el PLADECO reconoce que la comuna de Arauco presenta condiciones que dificultan la conservación del medio ambiente. Por ejemplo, la presencia de una zona industrial asociada a la Celulosa Arauco y otras empresas, así como la baja cantidad de zonas libres de contaminación en la comuna, podrían dificultar iniciativas tendientes a la conservación del medio ambiente. (s.a, 2016).

Desde el punto de vista de la planificación social, el nivel de pobreza de la comuna de Arauco es alto en todas sus métricas. La pobreza incide recíprocamente sobre distintos factores socioeconómicos, culturales, educacionales y ambientales que afectan negativamente la calidad de vida de sus habitantes. El documento denuncia malos hábitos y la baja conciencia del autocuidado por parte de la población (s.a, 2016). Por otro lado, la organización formal de grupos de interés se muestra como una importante fortaleza a nivel local. El documento destaca, por ejemplo, las organizaciones territoriales (Juntas de Vecinos) y las funcionales (e.g., Clubes Adulto Mayor, Clubes Deportivos, Talleres Laborales) incluyendo a grupos medioambientales. Esta asociatividad promovería la participación y de la población generando conductas saludables que faciliten el sentido de pertenencia local.

En este sentido, en las localidades que conforman parte del Humedal Tubul-Raqui, se incluyen varias comunidades mapuche-lafkenche que poseen rituales, conocimiento e identidad vinculadas al Humedal y su biodiversidad. En este sentido, la figura de Santuario de la Naturaleza, incluyendo un diseño de gobernanza para su manejo, cobraría sentido como elemento ordenador dentro del paisaje de la comuna, armonizando los usos del territorio con la conservación de la biodiversidad del Humedal Tubul-Raqui, y promoviendo la participación ciudadana y la identidad local con la naturaleza.

Otro documento relevante desde el punto de vista del ordenamiento territorial es el Plan de Zonificación del Borde Costero, del año 2006. Si bien este Plan, no tiene decreto supremo y el proceso de macro-zonificación del borde costero regional aún está en curso, el documento señala que el Humedal Tubul-Raqui es considerado como un área para la conservación de la naturaleza. Estas áreas se definen de la siguiente forma “aquellas que en razón de sus características naturales, tanto físicas, como de biodiversidad deben ser reconocidas en forma especial, a fin de orientar sus uso a la protección y/o al aprovechamiento eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente con el objeto de asegurar su permanencia en el tiempo y su capacidad de regeneración” (GORE Biobío, 2006: 21).

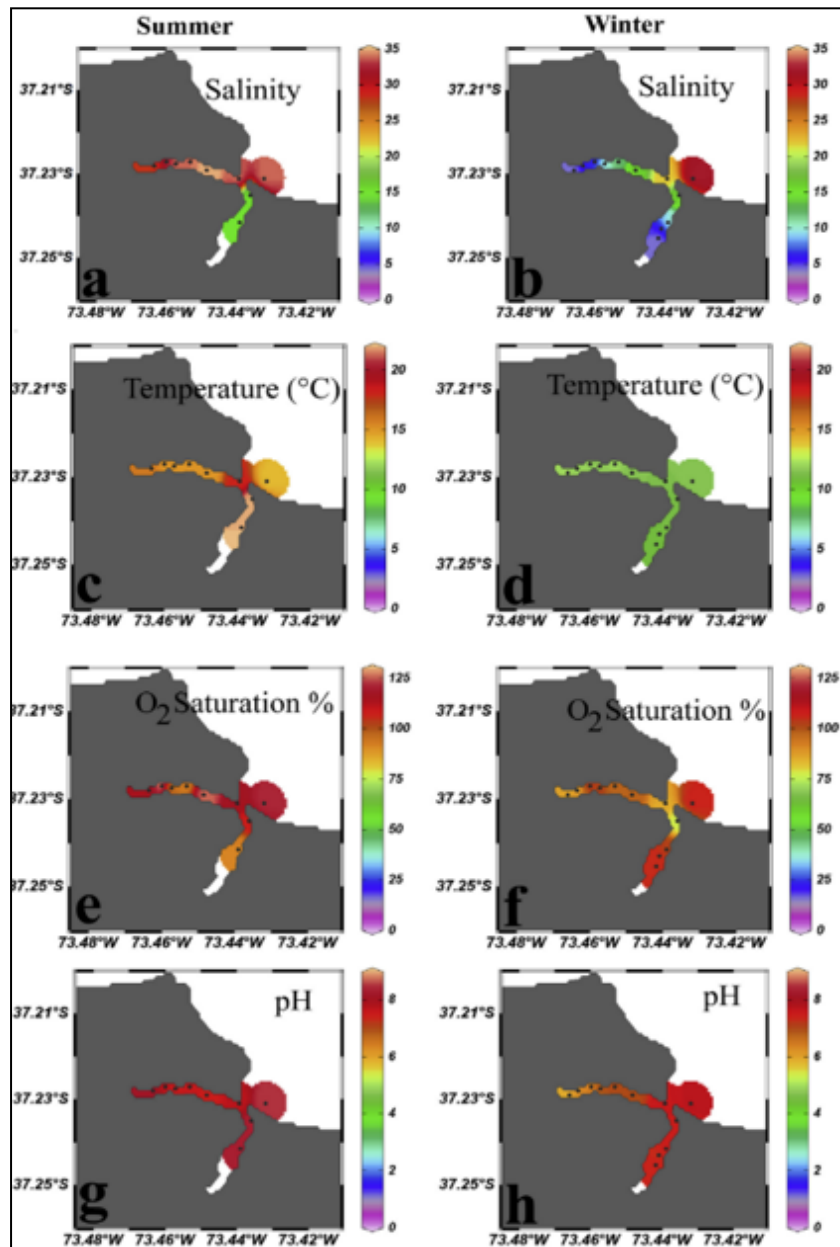
2.3. Clima

El Humedal Tubul-Raqui se ubica en una zona climática de transición entre un clima templado mediterráneo cálido y un clima templado húmedo o lluvioso, zona climática que se desarrolla inmediatamente al sur del río Biobío (Valdovinos et al., 2012). Particularmente en la zona del Humedal, el clima es de tipo templado costero húmedo. Constabel (1993), señala que en la zona existen aproximadamente 5 meses fríos y húmedos, donde se concentra aproximadamente el 75% de las precipitaciones, que alcanzan 1.300 mm de lluvia anual (meses de otoño y primavera). En cuanto a los meses estivales, estos son bastante secos, hecho que se evidencia en que las precipitaciones solo alcanzan un 5-6% del total anual. La humedad relativa de la zona es alta, en torno al 80%, que se explica fundamentalmente por la influencia marina (Valdovinos et al., 2012).

El Plan de Desarrollo Comunal de Arauco vigente (s.a. 2016) describe al Clima de la zona, como de alta humedad atmosférica, sobre todo en los meses de invierno, principalmente por las intensas lluvias y los consiguientes desbordes de ríos en la comuna. En el borde costero el viento alcanza una alta velocidad, particularmente durante las tardes de primavera-verano (predominantemente sur), lo que etimológicamente describe el nombre de la Caleta de Tubul (mapuzungún, Tubul, viento fuerte). Esta característica

estacional, está estrechamente vinculada a los procesos de surgencia costera y también de la modulación de la temperatura, el control de la salinidad, y el metabolismo de nutrientes y elementos propios del Humedal como sistema estuarino (Daniel et al. 2013, Figura N° 11). Cabe destacar, que las mediciones que dan cuenta de estas características fueron tomadas un año después del terremoto. Esta misma estacionalidad, condiciona las actividades agrícola-ganaderas, presentando variaciones significativas entre los meses de otoño-invierno y de primavera verano.

Figura N° 11. Variaciones estacionales (verano, columna izquierda; invierno, columna derecha) de parámetros de salinidad, temperatura, saturación de oxígeno y pH, del estuario del Humedal



Fuente: Daniel et al. 2013

2.4. Geomorfología

El Humedal Tubul-Raqui se encuentra inserto en un sistema interconectado de cuencas costeras que tienen una superficie total de 274 km² (Martínez et al., 2012). Este sistema está dentro de una secuencia de plataformas de erosión marina, las cuales están en la vertiente occidental de la cordillera de la costa (Vásquez, 2013). Los principales ríos que componen este estuario corresponden al Tubul y al Raqui, los cuales son de régimen pluvial originados al norte de la península de Arauco (Vásquez, 2017). La desembocadura de estos ríos no posee una barrera, por lo que están permanentemente conectados al mar. Esto se debe a que la acción del oleaje no impacta de manera directa sobre la desembocadura, lo cual implica que no exista una acumulación importante de sedimentos de origen litoral (Cienfuegos et al., 2012).

Este Humedal se desarrolla en una llanura de sedimentación fluvio-marina de aproximadamente 230 km² que se encuentra en el borde costero del Golfo de Arauco (Vásquez, 2013), zona que se caracteriza por una plataforma continental de baja pendiente y gran ancho (Vásquez, 2017), la cual históricamente se ha visto afectada por procesos de solevantamiento y hundimiento tectónico (Valdovinos et al., 2012; Martínez et al., 2012). En los registros que existen sobre la tectónica cosísmica del sector, se pueden identificar diversos terremotos de subducción tal como en los años 1835, 1960 y en el 2010, los cuales debido a procesos de solevantamiento modificaron considerablemente las características morfológicas del Humedal (Vásquez, 2017).

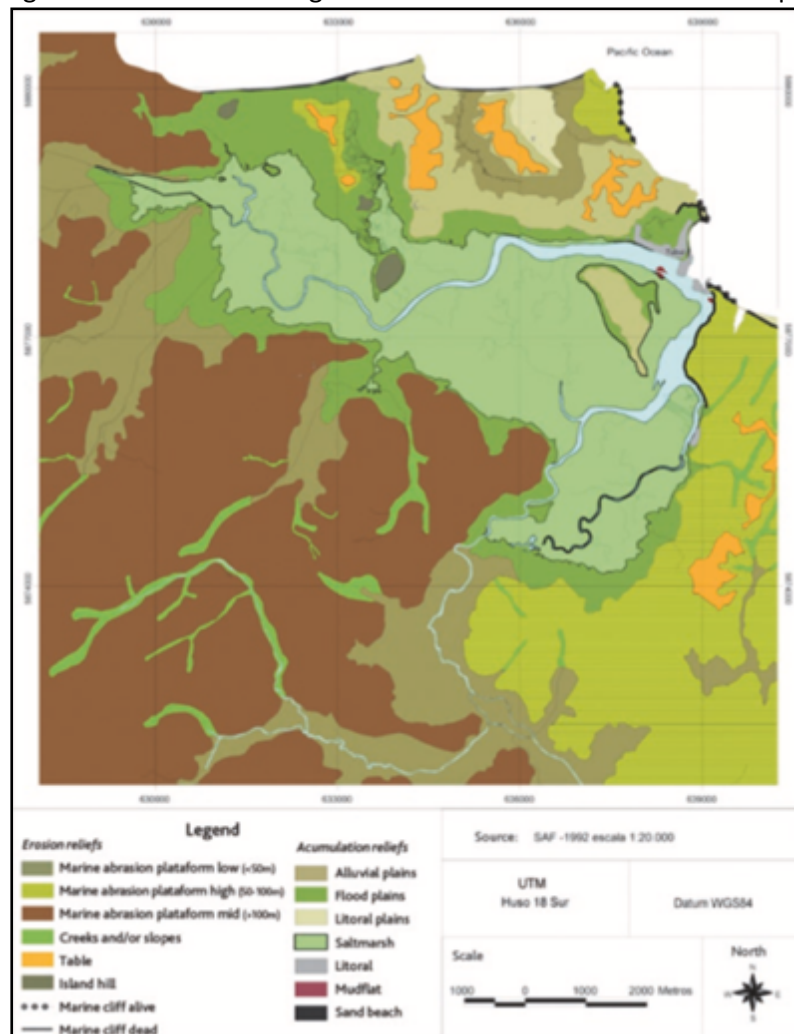
Valdovinos et al. (2012) (Figura N° 12) identifica tres niveles de terrazas de abrasión marinas que están bordeando la llanura, las cuales han sido estructuradas mayoritariamente a partir de la actividad tectónica y el clima. Las principales características de estas terrazas son:

- a) Terraza de abrasión marina de nivel inferior (<50 m): Se ubica en el sector noreste del Humedal y tiene una distribución semianular con una morfología plana en la parte superior. Esta terraza se estructura en rocas sedimentarias de la formación Ranquil del Mioceno. Por su forma y el nivel de erosión que posee, en su interior se ha formado una llanura de topografía plana, la cual mantiene pequeñas zonas pantanosas, las cuales son alimentadas por el drenaje de un estero que sólo recibe aportes en la temporada invernal. En esta terraza además se puede encontrar un pequeño sistema dunar semi estabilizado.
- b) Terraza de abrasión marina de nivel medio (50–100 m): Se encuentra en el sector este y sureste del Humedal. Tiene una forma más plana que la anterior y se encuentra mejor conservada en relación con su morfoestructura, sin embargo, está más intervenida por

el ser humano, debido a la construcción de carreteras y asentamientos. Esta construida sobre rocas de la formación Tubul, de edad Plioceno. Esta terraza se encuentra fraccionada por valles que presentan fondos planos, los cuales fluyen hacia el Golfo de Arauco, alimentando marismas costeras que no se encuentran conectadas con el Humedal Tubul Raqui. Se pueden evidenciar vestigios del antiguo contacto entre el océano y la terraza de nivel medio dada la presencia de acantilados muertos en alta mar, lugares en los que actualmente nidifican aves marinas.

c) Terraza de abrasión marina de nivel superior (100-300 m): Se ubica en la parte occidental del Humedal y se estructura a partir de rocas sedimentarias de la formación Ranquen, Milongue y Trihueco, de edad Eoceno.

Figura N° 12. Geomorfología de la cuenca del Humedal Tubul-Raqui



Fuente: Valdovinos et al., 2017

Efectos terremoto y tsunami 2010

El terremoto de 8,8Mw ocurrido el 27 de febrero del 2010 generó cambios significativos en las características del Humedal Tubul-Raqui. En los 180 segundos que duró el terremoto, provocó un levantamiento del Humedal en aproximadamente 1,6 msnm, llegando incluso a 2 metros en algunos sectores (Valdovinos et al., 2012). Esto trajo como consecuencia la emersión de la plataforma de abrasión marina provocando un retroceso del mar de 200 metros. Hubo una alta mortandad de la biota intermareal, que al quedar expuesta murió desecada; esto fue el caso de poblaciones de picorocos (*Balanus*), choritos (*Perumytilus*), estrellas de mar (*Stichaster striatus*), huiros (*Macrocystis pyrifera*) y luche (*Ulva Lactuca*) (Vásquez, 2017). En varios sectores del “espartal” se produjeron grietas, que alcanzaron una profundidad de 1,5 metros y un ancho de 0,3 metros (Valdovinos et al., 2012). Las olas de tsunami que ingresaron al Humedal inundaron una superficie de 1,69 km² y alcanzaron hasta 12 metros de altura (Martínez et al., 2012). Estas olas favorecieron el depósito de grandes cantidades de arena en el “espartal” y en los canales al interior del Humedal, siendo Tubul el río más afectado (Valdovinos et al., 2012). La presencia de los ríos y la baja pendiente permitió también que las olas aumentarán su superficie de propagación, registrándose en Tubul-Raqui una inundación que se extendió hasta 3 km al interior de la desembocadura (Martínez, 2014), (Figura N° 13).

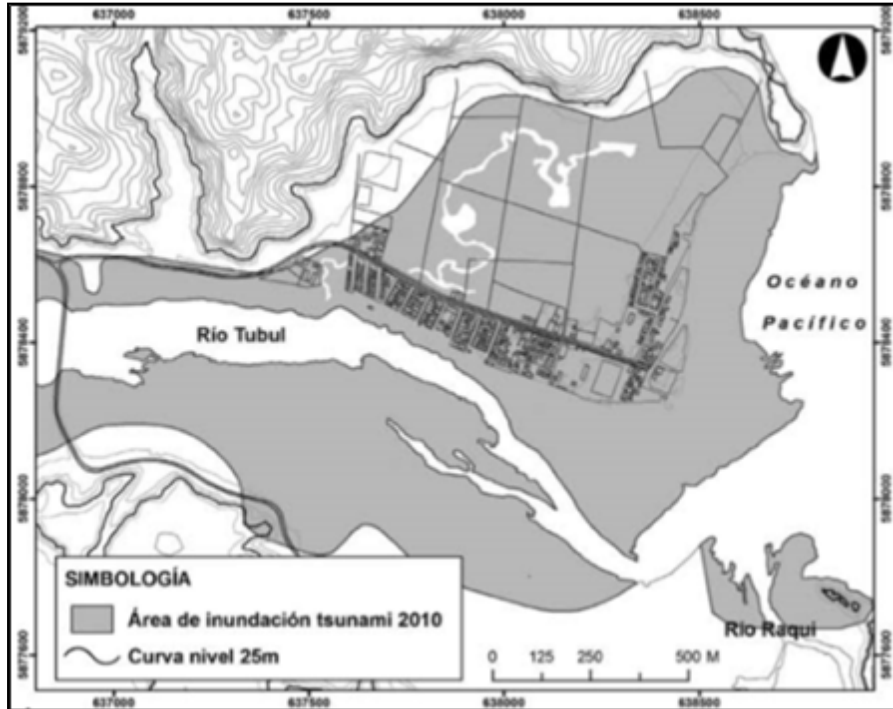
Las praderas del alga pelillo (*Glacilaria chilensis*) se vieron muy afectadas, conllevando importantes repercusiones sociales debido a la pérdida de las actividades algueras en el Humedal, la cual reportaba los mayores ingresos económicos de la población local en la década previa al terremoto (Rojas et al., 2014). También, en los fondos blandos del Humedal se identificó la mortalidad total de los bancos de bivalvos, siendo la especie más afectada la navajuela (*Tagelus dombeii*), la cual corresponde a una especie de interés comercial (Valdovinos et al., 2012). Cabe destacar que, de acuerdo con lo indicado por habitantes de localidades aledañas al Humedal⁷, a 20 años del terremoto estas especies han mostrado signos importantes de recuperación.

Los canales de marea interiores del Humedal sufrieron daños severos (Vásquez, 2017). Esto provocó una mortandad de macroinvertebrados acuáticos al interior del Humedal, destacando al cangrejo estuarino *Hemigrapsus crenulatus*, clave por su rol trófico en la dieta de las aves, el cual sufrió una mortalidad del 100% en los individuos de estado adulto. Sin embargo, pasado 10 meses del terremoto se han identificado signos de recolonización de esta especie (Valdovinos et al., 2012).

⁷ entrevista realizada a teodoro leal (presidente asociación gremial de pescadores artesanal es tubul, julio 2020).

Los “espartales” del Humedal se mostraron resilientes ante la catástrofe, manteniéndose en buenas condiciones pese a los bruscos cambios ambientales que sufrieron (Valdovinos et al., 2012). Esto también ocurrió con las aves, las cuales mostraron pocas señales de perturbación en registros posteriores al terremoto (Vásquez, 2017).

Figura N° 13. Área de inundación en la localidad de Tubul (tsunami 2010)



Fuente: Martínez, 2014.

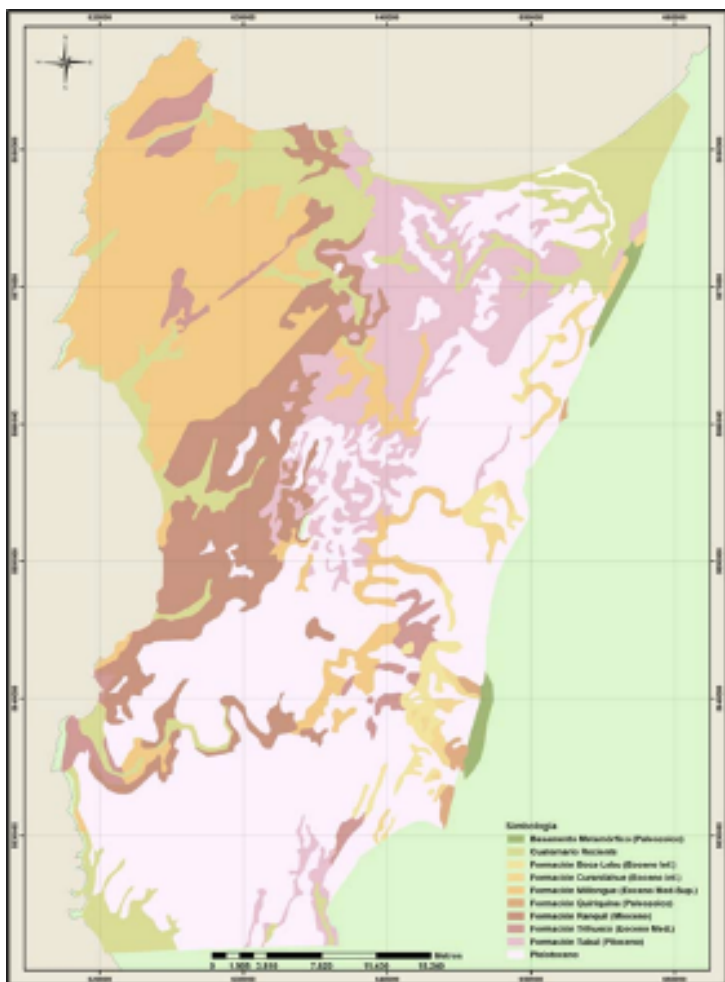
2.5. Geología

La Península de Arauco constituye un bloque alzado, que se encuentra emplazada en una cuenca sedimentaria que abarca edades desde el Triásico Superior al Pleistoceno (Mirada, 2018). Estas unidades sedimentarias se posicionan sobre un Basamento Metamórfico de edad Carbonífero-Pérmico (Hervé et al., 2007 en Vargas, 2019). Este Basamento Metamórfico, es parte del Basamento Cristalino del Paleozoico de Chile Central conformado por rocas metamórficas e intrusivas que afloran a lo largo de la Cordillera de la Costa entre los 32° y 42° S (Hervé et al., 2007 en Vargas, 2019).

En particular, la Formación Tubul es una secuencia horizontal semi-consolidada siliciclástica, con un espesor promedio de 100 metros (Vieytes et al., 1993 en EULA, 2008; Vargas et al., 2019). Los sedimentos de la Formación Tubul se caracterizaron como lutitas arenosas tobafáceas suaves, de color gris claro con restos fósiles de moluscos marinos

(Nielsen & Valdovinos, 2008). La Formación está localizada alrededor de la Caleta Tubul, al este de la localidad de Las Peñas, y al sur de la localidad de Albarrada (Vargas, 2019). Fue inicialmente descrita por Feruglio en 1949, quien hablaba de “Capas de Tubul” (Nielsen & Valdovinos, 2008). Se atribuye a esta formación una edad del Plioceno Temprano, esto basándose en 6 foraminíferos plantónicos y 9 bentónicos. Los afloramientos de los farellones costeros del sector de Tubul también son asignados al Plioceno temprano (Cisterna, 2017).

Figura Nº 14. Mapa geológico de la Cuenca de Arauco.
Fuente: EULA, 2008 en base a Pineda (1983)



La Formación Tubul representa una secuencia transgresora, donde la presencia de arena de cuarzo y un conglomerado en la base de la Formación, son interpretados como parte de la línea costera. Por sobre este nivel se han depositado areniscas arcillosas finas, indicando la presencia de un medio marino no muy profundo (EULA, 2008). En un estudio reciente (Vargas, 2019) un 80,2% de los fósiles analizados asociados a la Formación Tubul corresponden a especies de bivalvos, de ellos la más abundante es *Zygochlamys patagonica*, seguida por *Retrotapes exalbidus*, *Cyclocardia velutinus*, *Tindariopsis sulculata*, *Malletia chilensis*, *Pandora cistula* y *Ennucula grayi*. De los bivalvos identificados un 69,6% son organismos epifaunales, 18,8% son infaunales y el 11,6% son semi-infaunales. El 19,8% restante de fósiles analizados corresponden a gastrópodos, equinodermos, decápodos, serpúlidos, braquiópodos e Indeterminados (Vargas, 2019). En este mismo trabajo, se determinó que estos restos fosilíferos tienen un muy buen grado de conservación, como por ejemplo los especímenes de equinoideos, algunos ejemplares de *Retrotapes exalbidus*

organismos epifaunales, 18,8% son infaunales y el 11,6% son semi-infaunales. El 19,8% restante de fósiles analizados corresponden a gastrópodos, equinodermos, decápodos, serpúlidos, braquiópodos e Indeterminados (Vargas, 2019). En este mismo trabajo, se determinó que estos restos fosilíferos tienen un muy buen grado de conservación, como por ejemplo los especímenes de equinoideos, algunos ejemplares de *Retrotapes exalbidus*

y otros de *Zygochlamys patagónica* (Vargas, 2019). Lo anterior se podría explicar con el tipo de sedimento que presenta la Formación Tubul, de granos de tamaño fino, característico de medios poco agitados y con tasas de sedimentación bajas (Vargas, 2019). El conjunto de estas características podría explicar el estado de conservación de los tres principales grupos taxonómicos de los fósiles de la Formación Tubul (Vargas, 2019).

En el trabajo de Nielsen & Valdovinos (2008) se describen los moluscos fósiles de la colección del Departamento de Geología de la Universidad de Concepción, colectados por el profesor Lajos Biró. Estos ejemplares de bivalvos y gastrópodos, provienen de estratos de playa Las Peñas, al sur de la localidad de Tubul. En el trabajo se constató que la fauna de la Formación Tubul se asemeja a las faunas actuales del norte de la isla de Chiloé y de la Región de Magallanes, lo que indicaría que las temperaturas del agua eran más frías que en la actualidad (Nielsen & Valdovinos, 2008).

Figura N° 15. *Zygochlamys patagónica* de la Formación Tubul



Fuente: Cisterna (2017) Colección Fósiles Museo de Historia Natural de Concepción

De acuerdo con Cisterna (2017), las especies de macro y microfauna más representativas de la Formación de Tubul son las siguientes:

Bivalvos: Las especies más representativas corresponden a *Tindariopsis sulculata*, *Zygochlamys patagónica* (Figura N° 11), *Cyclocardia velutinus*, *Ensis macha*, *Retrotapes exalbidus*, y el género *Mytilus* (Figura N° XX). Igualmente se consideran *R. exalbidus* y *Z. patagónica*.

Gastrópodos: Aquí las especies más representativas corresponden a *Sassia leucostomoides*, *Chorus giganteus* y *Polinices (Euspira) guamblinensis*

Figura N° 16. Mytilus de Formación Tubul



Fuente: Cisterna (2017) Colección Fósiles Museo de Historia Natural de Concepción

La Formación Tubul es muy relevante, ya que es considerada una de las más recientes en la región del Biobío. Los fósiles marinos asociados a esta Formación, son similares a las especies marinas actuales, principalmente a bivalvos y gastrópodos (Cisterna, 2017).

2.6. Cobertura y uso de Suelo

Con el objetivo de obtener una cartografía actualizada de las coberturas y usos de suelo del Humedal Tubul-Raqui, se han fotointerpretado imágenes satelitales de alta resolución y libre acceso, correspondientes al verano de 2020. De esta manera, se han identificado 22 categorías, sobre las cuales se ha calculado su superficie y porcentaje en relación al límite propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente para el Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui.

En términos generales, el área se encuentra dominada por humedales del tipo marisma, los cuales cubren una superficie de 2.398,6 hectáreas, lo que equivale al 50,6% de la superficie total (Tabla N° 3; Figura N° 17). La cobertura de humedales fue subdividida, según su localización geográfica y características fisonómicas, en marisma baja, marisma media, humedal dulceacuícola y humedal de transición marisma/pradera.

La marisma baja se localiza cerca de la desembocadura de los ríos Tubul y Raqui. Cubre una superficie de 352,6 hectáreas correspondiente al 7,4% de la superficie total. Está compuesta por sedimentos fino, surcados por canales dendríticos, con escasa vegetación, debido a la fuerte influencia de las mareas. Por su parte, la marisma media suma una superficie de 1.556,9 hectáreas, equivalente al 32,8% del área total. Esta formación se encuentra menos influenciada por las mareas debido a su disposición alejada de la

desembocadura. Posee un notable desarrollo, pudiendo alcanzar hasta 10 km río arriba. Presenta una densa y continua cobertura vegetal dominada por *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa* que, en algunos sectores, se encuentra intercalada por lagunas y pozas salinas, las que durante la época de estiaje algunas se encuentran desecadas. En el extremo occidental se observa una reducida comunidad de humedal dulceacuícola que cubre una superficie de 64,2 hectáreas (Vásquez, 2017; Tabla N° 3; Figura N° 17).

Las praderas son la principal cobertura de suelo antropogénica del área. Estas se encuentran asociadas a la intensa actividad ganadera que se desarrolla en el lugar. Las praderas abarcan una superficie de 1.544,5 hectáreas, equivalente al 32,6% de la superficie total (Tabla N° 3; Figura N° 17). Dependiendo de su ubicación y manejo estas se han clasificado en rotación cultivo/pradera praderas mejoradas, praderas de secano o de rulo y praderas anegadas. Estas últimas, se localizan próximas a la marisma y humedal dulceacuícola. Cabe destacar la presencia de una cobertura denominada humedal de transición pradera/marisma, la cual se encuentra adyacente a la marisma e influenciada por la dinámica de inundación y anegamiento. Estos sectores no ha podido ser completamente habilitados para fines ganaderos, por lo que mantienen características composición y estructura propias de los humedales.

La red hídrica está compuesta por ríos, esteros, canales de marea, pozas y lagunas salinas. Respecto al canal principal del río Tubul, río Raqui y estero las Peñas, este corresponde al flujo de agua más prominente que conecta directamente al Humedal con el océano. Este canal es de ancho variable, exhiben una morfología sinuosa en la parte media-alta; sin embargo, a medida que el río se acerca a la desembocadura y la pendiente disminuye, aumenta el ancho y disminuye su sinuosidad. Por su parte, los canales de marea corresponden a hendiduras a través de los cuales el agua fluye por acción de la marea, formando una compleja e intrincada red dendrítica. Estos constituyen la conexión entre los ríos Tubul y Raqui antes de llegar a la desembocadura. Se observan algunas alteraciones de origen antrópico a la morfología de los canales, donde es posible observar la rectificación del drenaje en sectores habilitados para la ganadería. En relación a las pozas y lagunas salinas, estas son depresiones o cubetas que, en su mayoría, corresponde a meandros inactivo u obturaciones de los canales generados por el transporte de sedimentos y la colonización de la vegetación (Vásquez, 2017; Tabla N° 3; Figura N° 17).

Respecto a las coberturas arbóreas tales como bosque nativo, bosque mixto de especies nativas y exóticas, matorrales y plantaciones forestales, estas presentan superficies marginales dentro del Humedal (Tabla N° 3; Figura N° 17). La mayoría se localizan en lomajes y el piedemonte de las cuencas de los ríos Tubul y Raqui, así como

también en los cerros islas al interior del Humedal. La cobertura más importante, en términos de superficie, corresponde a las plantaciones forestales que cubren una superficie 235,6 hectáreas correspondiente al 5% de la superficie total. Aunque la mayoría de las plantaciones se localizan en las laderas de los contrafuertes cordilleranos que dan origen a las cuencas de los ríos Tubul y Raqui, algunos sectores del Humedal han sido drenados para el establecimiento de plantaciones de eucaliptos.

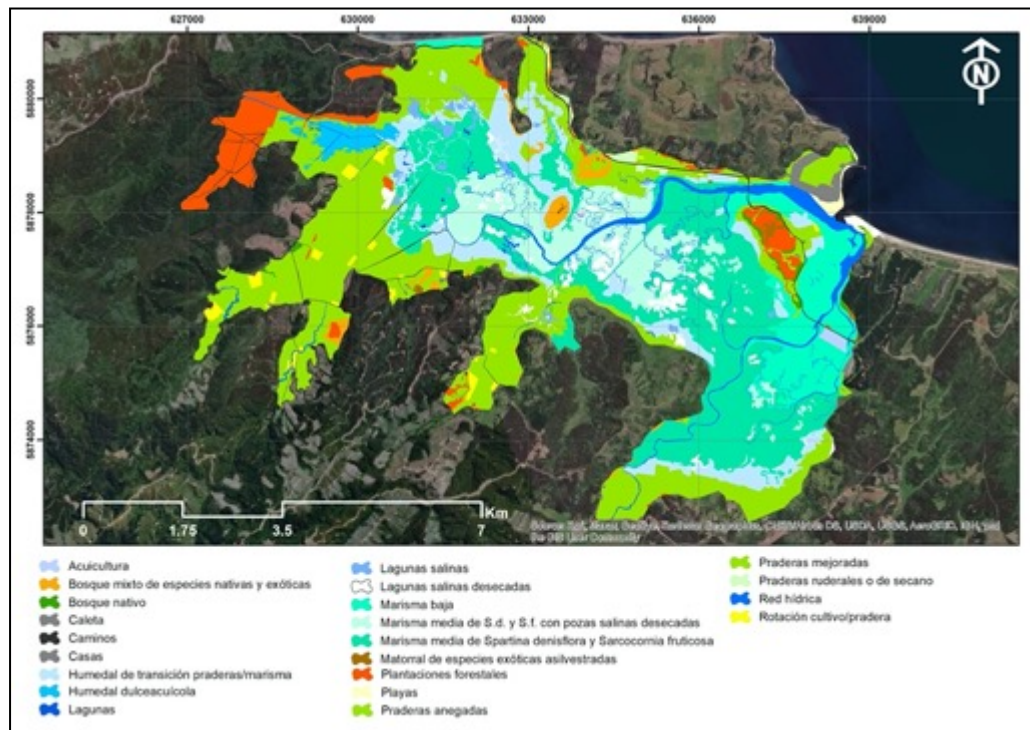
Coberturas de suelo tales como playas, áreas acuícolas, asentamientos (caleta y caseríos aislados) y caminos, presentan superficies marginales dentro del Humedal, localizándose, principalmente, en los márgenes del mismo.

Tabla Nº 3. Superficie de coberturas y usos del suelo Humedal Tubul-Raqui

Coberturas y usos de suelo	Superficie	%
Humedales		
Marisma baja	352,6	7,4%
Marisma media de <i>Spartina densiflora</i> y <i>Sarcocornia fruticosa</i>	1.105,3	23,3%
Marisma media de S.d. y S.f. con pozas salinas desecadas	451,6	9,5%
Humedal dulceacuícola	64,2	1,4%
Humedal de transición praderas/marisma	424,9	9,0%
Subtotal	2.398,6	50,6%
Praderas antropogénicas		
Praderas mejoradas	1.217,9	25,7%
Praderas ruderales o de secano	17,4	0,4%
Praderas anegadas	262,8	5,5%
Rotación cultivo/pradera	46,3	1,0%
Subtotal	1.544,5	32,6%
Arbóreas		
Bosque nativo	29,4	0,6%
Bosque mixto de especies nativas y exóticas asilvestradas	69,8	1,5%
Matorral de especies exóticas asilvestradas	12,2	0,3%
Plantaciones forestales	235,6	5,0%

Subtotal	347,1	7,3%
Cuerpos de agua		
Red hídrica	192,3	4,1%
Lagunas	4,4	0,1%
Lagunas salinas	43,3	0,9%
Lagunas salinas desecadas	106,0	2,2%
Subtotal	346,0	7,3%
Otras coberturas		
Caleta	37,2	0,8%
Caminos	37,8	0,8%
Casas	7,8	0,2%
Playas	14,1	0,3%
Acuicultura	10,4	0,2%
Subtotal	107,2	2,3%
Total	4.743,4	100,0%

Figura N° 17. Coberturas y usos de suelo en el Humedal Tubul-Raqui



2.7. Hidrología

El Humedal Tubul-Raqui se encuentra asociado a la cuenca costera del sistema hidrográfico formado por los ríos Tubul y Raqui, localizado en el extremo sur del Golfo de Arauco ($37^{\circ}13'S-73^{\circ}26'O$). Ambos ríos son de régimen exclusivamente pluvial determinado por un dominio morfoclimático templado costero húmedo (Valdovinos et al., 2012).

Según Vásquez (2009), la cuenca presenta una superficie de 274 km^2 , con un perímetro de 81 kilómetros. La subcuenca del río Tubul ocupa el 37.5% de la superficie total de la cuenca, y la del río Raqui el 64.3%. Esta unidad hidrológica se sitúa sobre remanentes de terrazas marinas, modeladas durante los reiterados episodios de transgresiones y regresiones marinas, abriéndose al mar con la combinación de estuarios y marismas más extensas de la región. Las características generales de la formación de este sector costero y de sus dos subcuencas son consideradas por Pineda (1983) de origen Pliocénico-Temprano, las que, por procesos de relleno, depositación de sedimentos y solevamientos, se estructuraron con las características actuales (Valdovinos et al., 2010; 2012).

El río Tubul tiene un curso aproximado de 17 a 19 kilómetros de largo, con influencia de la pleamar sobre los primeros 6 kilómetros, desde la desembocadura hacia arriba.

Presenta sedimentos formados por arena fina en gran parte del lecho del río, y arena muy fina en los márgenes frente a la desembocadura de esteros, con fangos anóxicos en áreas de escasa circulación (Valdovinos et al., 2010; 2012ab). Por su parte, el río Raqui tiene una longitud aproximada de 15 kilómetros y es más somero que el Tubul, presentando profundidades máximas que alcanzan los 2 metros y escurrimientos de agua durante todo el año. En el sector vecino a la desembocadura se desarrollan sedimentos más finos (arenas muy finas y limoarcilla) frente a arroyos secundarios, y una gran parte del lecho del río está cubierta de arena fina, especialmente en la ribera izquierda, y arena media en las partes central y derecha (Valdovinos et al., 2012ab).

El estuario conformado por la unión de ambos ríos en su desembocadura, denominado estuario Tubul-Raqui, corresponde al régimen micromareal, con aportes estacionales de agua dulce. En general, el estuario presenta un mayor aporte de agua dulce a través del río Raqui, aun en verano, mientras que en el río Tubul se constata mayor influencia marina (Stuardo et al. 1993).

Respecto a la morfometría de la cuenca, Vásquez (2009) presenta un índice de compacidad de 1,37 típico de cuencas redondeadas o circulares, por lo que la respuesta ante eventos pluviométricos extremos es relativamente rápida. Esta característica es importante considerarla toda vez que los cauces principales están muy influenciados por los escurrimientos superficiales y, en consecuencia, el régimen de caudal se encuentra determinado por la variabilidad estacional de las precipitaciones.

Según la jerarquización de drenaje propuesta por Strahler (1981), el río Tubul es de orden 3, mientras que el río Raqui es de orden 4, por lo que este último se encuentra mejor alimentado por una serie de esteros, entre los que destacan el estero Las Peñas y el estero Los Puentes. Por otra parte, la cuenca costera Tubul-Raqui presenta el patrón de drenaje dendrítico típico para las cuencas exorreicas de Chile continental. Este patrón de drenaje se caracteriza por una ramificación irregular de corrientes tributarias, y se presenta típicamente en aquellos lugares donde el sustrato rocoso es relativamente homogéneo y no opone mayor resistencia a la erosión fluvial, siendo su forma determinada principalmente por la dirección de la pendiente del terreno. Este tipo de patrón de drenaje puede ser observado sobre todo en el curso inferior donde se juntan ambos sistemas hidrográficos, debido a la predominancia de pendientes moderadas (Valdovinos et al., 2012). Por su parte, en el curso medio existe una predominancia del patrón de drenaje sub-paralelo, el cual es determinado por el notable control estructural de la zona descrito por Pineda (1983). Esta zona fue objeto de descensos y ascensos epirogenéticos alternados, posiblemente durante el Eoceno, caracterizados por una fuerte tectónica de fallas en

extensión, las que se encuentran actualmente activas, y que son las responsables de dar origen a estructuras de tipo “horts” y “graben”. Sin embargo, también es preciso tener en cuenta que gran cantidad de los drenes del curso inferior, que presentan una fisonomía rectilínea, han sido alterados por acción humana y canalizados para ser utilizados en la actividad agrícola y ganadera de la zona (Valdovinos et al., 2012).

Desde un punto de vista hidrológico, el sistema estuarino conformado en gran parte de la marisma, recibe sus principales aportes de agua dulce a través del río Raqui, aun en la estación de verano, mientras que en el río Tubul se constata en general una mayor influencia marina, como ha sido descrita por Stuardo et al. (1993). Esta condición ha sido fuertemente perturbada luego del terremoto de febrero del 2010, que produjo grandes cambios en la interacción entre las aguas continentales y marinas, producto de la elevación del fondo (Valdovinos et al., 2012).

La llanura fluvial se caracteriza por ser de origen local y poseer un fondo plano, débiles pendientes y abierta hacia el noroeste, lo que favorece el desarrollo de la extensa marisma litoral que recibe aportes de aguas marinas costeras, a través del flujo de mareas que penetra hacia el continente a través del sistema fluvial, que por tales características desarrolla en su desembocadura aguas con condiciones mixohalinas de elevada productividad biológica. En el borde externo de la costa situado al norte del Humedal, existe una estrecha llanura paralela a la costa que tiene un cordón litoral y pequeños humedales dulceacuícolas en la parte interna (Valdovinos et al., 2010, 2012).

Según Cienfuegos et al. (2012), una particularidad del Humedal Tubul-Raqui es que presenta características diferentes a la mayoría de los humedales costeros del centro-sur de Chile, puesto que no posee una barrera, pudiendo mantenerse permanentemente conectado al mar. Esta situación bastante excepcional se debe a que su desembocadura está protegida de la acción del oleaje, no existiendo por tanto un acarreo importante de sedimentos de origen litoral. Por otro lado, el Humedal se forma en una zona baja, de poca pendiente, pudiendo estar expuesto en mayor medida a la influencia de las mareas. Este estuario, por su importancia ambiental y las amplias zonas de marismas que lo caracterizan, es probablemente el más importante de la zona central (Stuardo y Valdovinos, 1989). Según el modelo conceptual de Cooper (2001), este sistema puede clasificarse como un estuario sin barrera (Cienfuegos et al. 2012).

2.8. Calidad de las Aguas

Sandoval et al (2019), registraron los efectos sobre la calidad del agua de los ríos Tubul y Raqui 2, 6 y 10 meses después del terremoto de magnitud 8.8 Mw de 2010. Según los resultados, las temperaturas oscilaron entre 11,9 y 15,6 ° C (antes del terremoto) y 11,2–18,5 °C (post-terremoto). La temperatura más alta se registró en diciembre de 2010 en la zona mixta o de mezcla de agua salada y dulce (18,5 °C). Por su parte, la salinidad fue influenciada principalmente por el levantamiento costero, que disminuyó la afluencia de agua de mar hacia el continente. Esto se reflejó en los resultados de salinidad, que variaron de 0 a 0,1 PSU (Unidades Prácticas de Salinidad o gramos de sal por litro) en agosto de 2010. Entre todos los parámetros, la clorofila-a fue uno de los más variables, con un récord histórico de 15,32 µg/L registrado en diciembre de 2010 en la zona mixta. Sin embargo, la zona del estuario presentó los valores promedio más altos de clorofila-a en abril de 2010. Se encontró una tendencia similar para los valores de oxígeno disuelto en las zonas mixtas y de estuario. Es decir, los valores previos al terremoto en todos los sitios fueron $\geq 9,2$ mg/L pero, después del evento de levantamiento sísmico, los valores disminuyeron drásticamente (4,8 a 9,7 mg/L) en agosto de 2010. Estos valores comienzan a recuperarse en diciembre de 2010 (7,6 a 9,9 mg / L). El pH del agua antes del terremoto era $\geq 7,0$. En abril de 2010, las zonas de agua dulce y mixta presentaron valores mínimos de pH de 6.1, pero los niveles se recuperaron en diciembre de 2010. En efecto, todos los sitios de muestreo presentando pH ≥ 7.5 . Los niveles de amonio (NH_4^+) siguieron un patrón similar al de la clorofila-a. Específicamente, el amonio aumentó considerablemente dos meses después del levantamiento sísmico, con los valores obtenidos (0,20–0,52 mg/L) contrastando con los registros anteriores al terremoto (es decir, $<0,09$ mg / L).

En el mismo estudio (Sandoval et al., 2019), se señala que las mediciones históricas de sólidos en suspensión (totales, inorgánicos y orgánicos) se registraron en abril de 2010 para todas las zonas evaluadas. Los valores más altos fueron 80.20 mg/L (total), 63.60 mg / L (inorgánico) y 16.60 mg/L (orgánico). Si bien estos valores disminuyeron seis meses después del levantamiento, las mediciones tomadas fueron siempre mayores que los registros previos al terremoto. En particular, las mediciones de sólidos suspendidos fueron particularmente elevadas diez meses después del terremoto en la zona del estuario. Los valores de nutrientes exhiben una tendencia similar a los parámetros de la calidad del agua, es decir, un fuerte aumento en abril de 2010 antes de disminuir en agosto de 2010 y volver a aumentar en diciembre de 2010. Con respecto al fósforo total, los sitios de la zona mixta mostraron el mayor aumento promedio (1.04 mg/L en promedio). En contraste, los sitios de la zona de agua dulce, sitios más lejos de la entrada del océano presentó los valores de nutrientes más bajos. Sin embargo, los niveles de nitrógeno total variaron solo levemente

entre la zona de agua dulce y las zonas mixtas y de estuario, con rangos registrados para las tres zonas de 0.30–0.92 mg/L antes del terremoto y 0.09–2.11 (mg/L) después del terremoto.

Díaz-Jaramillo et al. (2011, 2015) presentan datos de calidad de agua para los años 2011 y 2014 de la zona estuarina de los ríos Tubul y Raqui (Tablas Nº 4 y 5).

Tabla Nº 4. Parámetros de calidad de agua en la zona estuarina de los ríos Tubul y Raqui registrados el año 2011

Variable	Tubul		Raqui	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Temperatura (°C)	14.02 ± 0.52	18.64 ± 0.99	13.48 ± 0.19	24.00 ± 0.17
Salinidad (PSU)	5.58 ± 1.44	26.36 ± 0.18	6.12 ± 1.94	24.20 ± 0.20
Oxígeno (mg/l)	8.95 ± 0.50	10.62 ± 1.20	9.29 ± 0.06	10.73 ± 0.35
PH	8.01 ± 0.52	8.34 ± 0.99	8.42 ± 0.05	8.17 ± 0.02

Tabla Nº 5. Parámetros de calidad de agua en la zona estuarina de los ríos Tubul y Raqui registrados el año 2014

Variable	Estuario	Zona Baja	Zona Media	Zona Alta
Temperatura (°C)	Tubul	16.15 ± 12.66	15.54 ± 2.16	13.80 ± 1.27
	Raqui	16.15 ± 12.66	17.75 ± 9.62	14.13 ± 1.03
Salinidad (PSU)	Tubul	21.27 ± 12.60	17.84 ± 13.45	16.10 ± 21.70
	Raqui	21.27 ± 12.60	16.21 ± 11.04	12.95 ± 11.85
Oxígeno (mg/l)	Tubul	8.85 ± 0.07	9.50 ± 0.75	9.55 ± 0.07
	Raqui	8.85 ± 0.07	9.90 ± 0.61	9.35 ± 0.64
PH	Tubul	7.80 ± 0.57	7.74 ± 0.58	7.30 ± 0.42
	Raqui	7.80 ± 0.57	7.72 ± 0.68	7.15 ± 0.17

Novoa et al. presenta datos actualizados del año 2019 de calidad de agua en el Humedal Tubul-Raqui. Es así como la salinidad en época de verano presenta valores promedio de $33,7 \pm 1,4$ PSU. Estos valores varían en función de la distancia desde la desembocadura. Así por ejemplo hasta 6,8 km desde la desembocadura del río Tubul y 3,8

km desde la desembocadura del río Raqui la salinidad presenta un valor de 30,02 PSU. Mientras que en invierno el efecto de la salinidad en ambos cursos fue menor, es decir, hasta 4,2 km de la desembocadura del río Tubul y a 2,7 Km de la desembocadura del río Raqui los valores promedios son de 7 PSU. Respecto a las temperaturas, estas presentan un promedio de $16,2 \pm 3,0$ °C en verano. Asimismo, el pH en verano da cuenta de valores promedios de 7.9 ± 0.1 . En cuanto a la composición granulométrica, el Humedal Tubul-Raqui, muestra una fracción de contenido fino, principalmente arena, cuyos valores varían entre $95.7 \pm 3.7\%$ y $96.0 \pm 2.9\%$.

Respecto a la presencia de mercurio (Hg), Díaz-Jaramillo et al. (2013) reportaron concentraciones promedio de 0.07 mg/kg para la capa superficial y 0.01 mg/kg para la capa profunda de sedimentos. Las concentraciones totales de Hg en macroinvertebrados varían entre 0.04 y 0.14 mg/kg en invierno, y entre 0.07 y 0.39 mg/kg en verano, comprobando su bioacumulación.

Por otra parte, Daniel et al. (2013) analizan el ciclo biogénico de los gases de efecto invernadero y los niveles de saturación de gases como indicadores del metabolismo microbiano y del estado trófico del estuario Tubul-Raqui. Los gases de efecto invernadero disueltos CO_2 , CH_4 y N_2O y otras variables biológicas y químicas se registraron espacialmente en este estuario durante dos estaciones (verano e invierno) y más de la mitad de un ciclo de mareas. La variabilidad espacial y de mareas de estos gases indicó que tenían diferentes orígenes dentro del sistema. Las aguas superficiales siempre estuvieron sobresaturadas en CO_2 (hasta 578%) y CH_4 (hasta 6200%) con respecto a la atmósfera. Mientras que el CO_2 parece provenir del metabolismo marino e in situ, el CH_4 parece estar más influenciado por las áreas fluviales y marismas adyacentes. En contraste, el N_2O está mayormente insaturado y los sedimentos parecen ser los principales responsables de su consumo. También se observó una fuerte variabilidad estacional en los flujos de CO_2 y CH_4 , siendo diez veces mayor (de 319 a 714 $\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) y cinco veces mayor (de 0,33 a 2,5 $\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$), respectivamente, en el verano en comparación con el invierno. En contraste, solo se encontraron pequeñas diferencias estacionales en los flujos de N_2O que van desde 59 a 28 $\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Estos patrones temporales pueden explicarse no sólo en términos de equilibrios hidrológicos y de nutrientes dentro del sistema, sino también por la influencia de los procesos de afloramiento impulsados por el viento. Además, se exploraron los efectos potenciales de los cambios en la carga de nutrientes y la descarga de agua dulce sobre el metabolismo neto del ecosistema (es decir, autotrofia o heterotrofia) y, por lo tanto, sobre la producción/eliminación de gases de efecto invernadero en este sistema.

El estuario experimenta grandes flujos de GEI, como CO₂ y CH₄, con la atmósfera en magnitudes superiores a las medidas en otros ecosistemas con características geomorfológicas e hidrodinámicas similares. A diferencia de otros estuarios, este estuario se comporta como sumidero de N₂O. Para el CO₂, una producción interna (respiración) y la entrada de aguas ricas en CO₂ desde las aguas oceánicas adyacentes (surgencia costera), explica los patrones observados, mientras que para el CH₄ su contenido parece responder a la dilución gradual de una fuente fluvial desde el estuario. Una posible explicación sobre el origen del N₂O insaturado es el consumo de este gas por reducción de N₂O a N₂ a través de la desnitrificación en sedimentos estuarinos, pero este comportamiento aún no se comprende bien. La acidificación y el exceso de fósforo en los estuarios con alta disponibilidad de MO pueden ser algunas de esas razones (Daniel et al. 2013).

2.9. Vegetación

Los estuarios generalmente presentan un tipo de vegetación de pastizal, dominadas por “gramíneas salobres” y algunas juncáceas (*Juncus acutus*), estas últimas en la medida que existe una mayor prevalencia de agua dulce y una disminución del efecto de las mareas. Teniendo en cuenta lo anterior, en la estructura de vegetación del Humedal Tubul-Raqui prevalecen comunidades emergidas de plantas vasculares con raíces, que ocupan un área expuesta a intrusiones de agua salada (con niveles mayores a 1-4 PSU). En el Humedal domina la *Spartina densiflora*, una gramínea altamente tolerante a la sal. También existen suculentas halófitas como la *Sarcoconnia fruticosa*, que en muchos casos se presenta junto con la *Spartina densiflora*, dando lugar a complejos mosaicos de vegetación (Ramirez et al., 2014; Valdovinos et al., 2017).

Cabe destacar que la *Spartina densiflora*, tanto por cobertura, densidad y biomasa, constituye una especie fundamental en la estructuración del Humedal Tubul-Raqui (Figueroa & Valdovinos, 1997). Los espartales son una pieza clave para la conservación del Humedal, fundamentalmente porque la *Spartina densiflora* es una especie bioingeniería que modela la estructura de los hábitats acuáticos. A pesar de las grandes transformaciones geomorfológicas y ambientales generadas por el megaterremoto y tsunami en año 2010, los espartales resistieron estos impactos, y las zonas afectadas se han recuperado significativamente a la fecha (Vásquez, 2017).

Respecto a las especies forestales, la mayor parte de las especies nativas han sido reemplazadas por especies exóticas como el *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus* (Constabel 1993). No obstante, en la actualidad existen ejemplares nativos localizados principalmente en las plataformas marinas más altas (ver Figura N° 13). En estas laderas,

que rodean el Humedal, existen reliquias de bosque nativo, donde las más abundantes son: *Peumus boldus*, *Myrceugenia exsuccata*, *Myrceugenia obtusa* y *Podanthus mitiqui*. También se reportan especies menos abundantes como *Lithraea caustica*, *Aetoxicum punctatum*, *Aristotelia chilensis* y *Griselinia scandens* (EULA, 2008; Valdovinos et al., 2017).

En zona de la marisma, que se extiende en la planicie costera de sedimentación fluvial-marina, sujeta a inundaciones producto de los ciclos de las mareas, se registra la presencia de especies de gramíneas altamente especializadas y de gran valor biológico. El anegamiento crea condiciones ecológicas extremas, producto de la constante presencia de sedimentos y una sequía de salinidad fisiológica, donde solo sobreviven especies vegetaciones adaptadas a la salinidad como la *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa* (Valdovinos, 2017). Estas dos especies son típicas de las marismas del centro-sur de Chile, ordenadas de acuerdo con estratos. Por ejemplo, los estratos superiores, tiende a estar dominado por *S. densiflora*, que alcanza alturas máximas de hasta 1 metros, los estratos bajos, por otra parte, están dominados por *S. fruticosa* (Valdovinos et al., 2017).

Hacia la cabecera de los ríos Tubul y Raqui se registran especies como *Juncus procerus* y *Scirpus californicus*. En la zona interior de los ríos, que reciben menor influencia marina, se presentan herbáceas como *Polygonum persicaria*, *Taraxacum officinale*, *Rumex* sp., *Trifolium repens*, *Eleocharis pachycarpa*, *Cyperus eragrostis*, *Plantago lanceolata*, *E Hypochaeris* sp. En menor abundancia se reportan especies como *Mentha aquatica* (Carrasco, 2004 en Valdovinos, 2017).

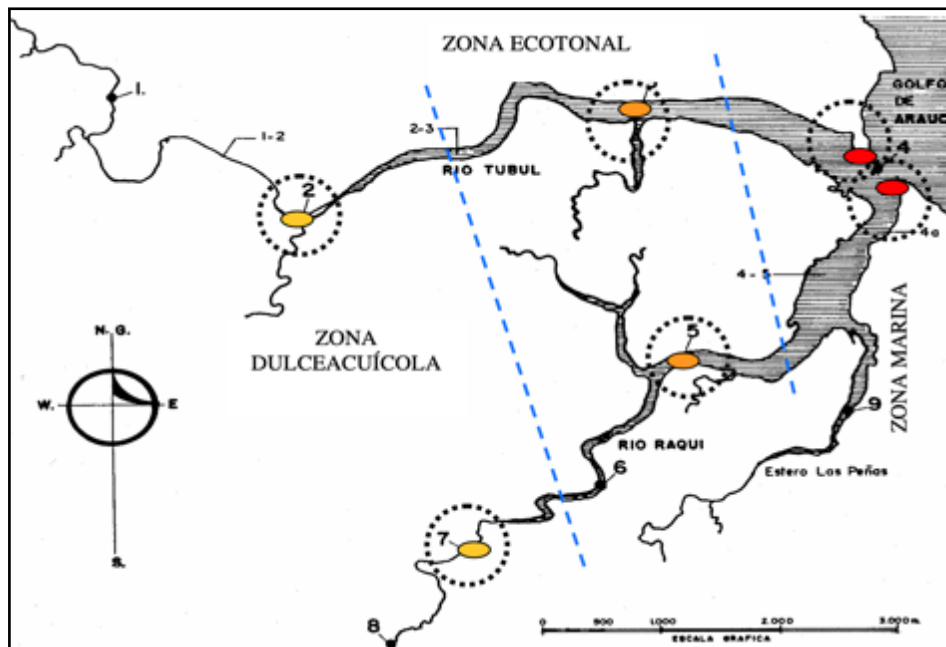
Como se ha señalado en este informe, el Humedal Tubul-Raqui se ubica en una planicie o llanura costera, con una terraza de abrasión marina, cerca de la desembocadura y la confluencia de los ríos Tubul y Raqui. La sección de mayor altitud del área del Humedal, alcanza los 300 msnm (Valdovinos et al., 2017). Estas laderas poseen pendientes muy moderadas a causa de la erosión de las mareas. Igualmente, la unidad geomorfológica contigua a la marisma, corresponde a llanuras aluviales influenciadas por los ciclos hidrológicos propios de la cuenca de los ríos Tubul y Raqui (Valdovinos et al., 2017). Estas llanuras se caracterizan por tener especies de pastos dulces, de gran valor para las actividades ganaderas desarrolladas en estas zonas marginales del Humedal. En el invierno, estas llanuras se ven fuertemente inundadas por las aguas lluvias, llegando incluso a saturarse por completo. En los meses secos del verano, estas llanuras reciben una menor cantidad de agua, incluso enfrentan situaciones de estrés hídrico (Valdovinos et al., 2017).

De acuerdo con Carrasco (2004), se presenta una zonificación del Humedal en base a las condiciones de salinidad de a una metodología reportada por Stuardo et al. (1993) y

en donde se establecen tres áreas relevantes: zona marina, zona ecotonal y zona dulceacuícola (ver Figura N° 18), las que se adscriben de la siguiente forma.

- Zona marina: Área en donde desembocan los ríos Raqui y Tubul.
- Zona ecotonal: Zona a unos 3.000-4.000 metros desde la zona marina. En los meses de primavera se conforman lagunas al interior de esta zona, transformándose en área de refugio para aves, sobre todo de aves acuáticas de la familia de los Anatidos.
- Zona dulceacuícola: Zona a unos 3.000-4.000 metros, a continuación de la zona ecotonal. Esta zona se encuentra al interior de los ríos Raqui y Tubul.

Figura N° 18. Zonificación del humedal de acuerdo con la gradiente de salinidad



Fuente: Carrasco, 2004 en base a Stuardo et al., 1993

Esta propuesta de zonación, si bien es previa al terremoto, permite igualmente hacer una caracterización de la estructura vegetal del Humedal, incorporando en este caso información y evidencia actualizada, generada post 27-F. En este contexto, y en base a los trabajos de Ramírez et al. (2014), entre otras publicaciones, la distribución de la vegetación identificada en el Humedal se presenta en la siguiente Tabla (N° 5).

Tabla N° 5. Presencia de especies de flora de acuerdo con las tres zonas del Humedal

Especie	Zona Marina	Zona Ecotonal	Zona Dulceacuicola
<i>Agrostis capillaris</i>		X	
<i>Anthemis arvensis</i>		X	

Atriplex chilensis		X	
Carex sp			X
Cotula coronopifolia		X	X
Cyperus eragrostis			X
Digitaria sanguinalis		X	
Eleocharis pachycarpa			X
Flypochaeris sp		X	X
Galega officinalis		X	
Hordeum chilense		X	
Hypochaeris radicata		X	X
Juncus arcticus		X	X
Juncus imbricatus		X	X
Juncus procerus		X	X
Leontodon saxatilis		X	
Lupinus arboreus		X	
Mentha aquatica		X	X
Oxalis corniculata		X	
Plantago hispidula		X	
Plantago lanceolata			X
Plantago truncata		X	
Polygonum persicaria			X
Rumex acetosella		X	X
Rumex sanguineus		X	X
Sarcocornia fruticosa	X	X	
Scirpus americanus		X	
Scirpus californicus		X	X
Selliera radicans		X	
Spartina densiflora	X		
Spergularia rubra		X	

Stenotaphrum secundatum		X	
Taraxacum officinale		X	X
Trifolium dubium		X	
Trifolium repens		X	X
Vulpia bromoides		X	

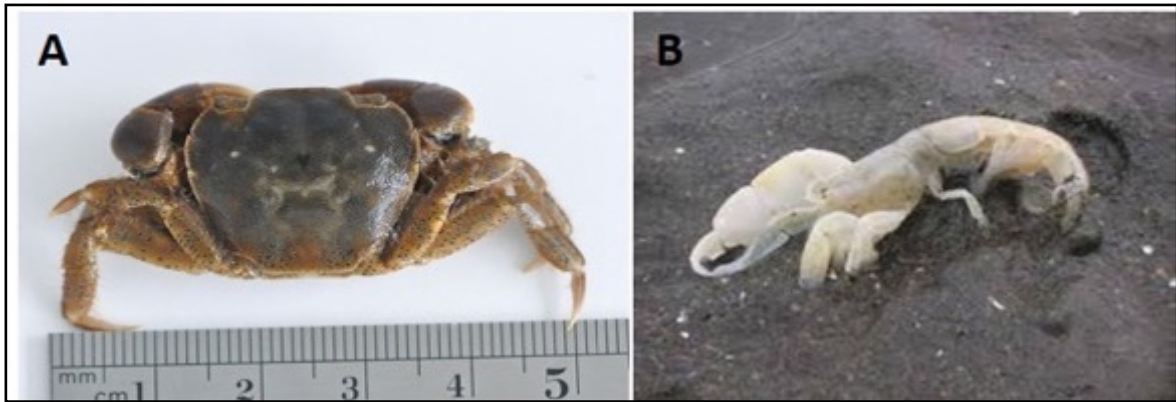
Fuentes: Carrasco (2004); Ramírez et al. (2014) y Valdovinos et al., 2017

2.10. Fauna

El Humedal Tubul-Raqui, es un estuario intermareal de tipo marisma donde existe un marcado gradiente de salinidad y como consecuencia, una zona de transición entre agua dulce y salada, permitiendo la existencia de una gran abundancia de especies en la zona ecotonal (Carrasco, 2004). Para el área se han identificado al menos 10 estudios de levantamiento de información sobre fauna silvestre. A esto se suman monitoreos de aves acuáticas, como el censo Neotropical de Aves Acuáticas, censo de aves playeras, y monitoreos de aves de Arauco desarrollado por el laboratorio de ecología de vida silvestre (LEVS). En base a todo el material disponible, el catastro de fauna silvestre del Humedal Tubul-Raqui registra 6 especies de fauna acuática y 107 especies de fauna terrestre.

Fauna acuática

Respecto a la fauna acuática, un estudio del Centro de Ecología Aplicada (CEA Ltda. 2006) determinó que para el perifiton las especies de mayor importancia numérica correspondieron a *Opephora* aff. *pacifica* y *O. martyi*, siendo más frecuentes de encontrar en las estaciones más cercanas al mar. Para el fitoplancton las especies de mayor importancia numérica fueron *Opephora* aff. *pacifica* y *Skeletonema* aff. *costatum*, siendo estas especies más frecuentes de encontrar en las estaciones más cercanas al mar. La riqueza y abundancia aumentaron longitudinalmente y la diversidad dependiendo de la cercanía a la costa. Díaz-Jaramillo et al. (2013) detectaron la presencia en el área estuarina del humedal del poliqueto *Perinereis gualpensis*, la jaiba estuarina *Hemigrapsus crenulatus* (Figura Nº 19), camarón fantasma o nape *Neotrypaea uncinata* (Figura Nº 20 y desarrollos larvarios del cirripedio *Elminius kingii*.



Figuras Nº 19 y 20. Jaiba estuarina (Foto: Vega 2018) y Camarón fantasma (Foto: Leiva 2011).

Fauna Terrestre

Anfibios

En base a registros de literatura (CEA Ltda. 2006, Saavedra et al. 2008) solo se ha descrito una especie de anfibio para el Humedal Tubul-Raqui, el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), una especie de amplia distribución en el país y que no se encuentra amenazada. Aunque aún se requieren muestreos sistemáticos en el Humedal (Carrasco, 2004).

Reptiles

El estudio de fauna de CEA Ltda. (2006) reporta tres especies de reptiles para el humedal: lagartija de vientre azul (*Liolaemus cyanogaster*), lagartija esbelta (*Liolaemus tenuis*) y lagarto llorón (*Liolaemus chiliensis*). Posteriormente, Vergara et al. (2008) a las especies anteriores, además agregan la presencia de lagartija café (*Liolaemus lemniscatus*), culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*) y culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*). Ninguna de las seis especies de reptiles se encuentra amenazado. Solo cabe destacar que *P. chamissonis* es una especie endémica.

Aves

En base a los registros disponibles en literatura (e.g. Carrasco 2004, CEA Ltda. 2006), datos de eBird-Chile, CNAA y Censo de Aves Playeras, el ensamble de aves del Humedal Tubul-Raqui, está compuesto por 99 especies. Los órdenes con mayor representación son Passeriformes con 34 especies y Charadriiformes con 21 especies (Tabla Nº 5). Del total de aves, 13 se encuentran en alguna categoría de conservación, siendo la categoría de Preocupación Menor (LC) la más frecuente (Figura Nº 21). De estas, solo cuatro especies

están en categoría de amenaza según el RCE o Ley de Caza: Aguilucho de cola rojiza – *Buteo ventralis* (VU), Cuervo de pantano – *Plegadis chihi* (EN), Cisne coscoroba – *Coscoroba coscoroba* y Cisne cuello negro – *Cygnus melancoryphus* (EN). Según la definición de aves acuáticas de Schlatter & Sielfeld (2006), del total de aves registradas 46 especies (47,4% del total) son consideradas aves acuáticas (incluyendo aves playeras), destacando los órdenes Charadriiformes con 21 especies, Anseriformes con nueve especies y Pelecaniformes con siete especies. No se han registrado especies endémicas.

Tabla Nº 6. Catastro de aves registradas en el Humedal Tubul-Raqui

N°	Orden	Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Estado de Conservación
1	Tinamiformes	Tinamidae	Perdiz chilena	<i>Nothoprocta perdicaria</i>	NE
2	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Cuervo de pantano común	<i>Plegadis chihi</i>	EN
3	Pelecaniformes	Ardeidae	Garza bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	NE
4	Pelecaniformes	Ardeidae	Huairavo común	<i>Nycticorax nycticorax</i>	NE
5	Pelecaniformes	Ardeidae	Garza grande	<i>Ardea alba</i>	NE
6	Pelecaniformes	Ardeidae	Garza chica	<i>Egretta thula</i>	NE
7	Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	Guanay	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	NT
8	Pelecaniformes	Ardeidae	Garza cuca	<i>Ardea cocoi</i>	LC
9	Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	Yeco	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	NE
10	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	Flamenco chileno	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	NT
11	Suliformes	Sulidae	Piquero de Humboldt	<i>Sula variegata</i>	LC

12	Gruiformes	Rallidae	Pidén común	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	NE
13	Gruiformes	Rallidae	Tagua común	<i>Fulica armillata</i>	NE
14	Gruiformes	Rallidae	Tagua chica	<i>Fulica leucoptera</i>	NE
15	Gruiformes	Rallidae	Tagüita común	<i>Porphyriops melanops</i>	NE
16	Columbiformes	Columbidae	Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>	NE
17	Columbiformes	Columbidae	Torcaza	<i>Patagioenas araucana</i>	LC
18	Falconiformes	Falconidae	Cernícalo	<i>Falco sparverius</i>	NE
19	Falconiformes	Falconidae	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>	NE
20	Falconiformes	Falconidae	Traro	<i>Caracara plancus</i>	NE
21	Galliformes	Odontophoridae	Codorniz	<i>Callipepla californica</i>	NE
22	Accipitriformes	Accipitridae	Peuquito	<i>Accipiter bicolor</i>	R
23	Accipitriformes	Accipitridae	Aguilucho común	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	NE
24	Accipitriformes	Accipitridae	Bailarín	<i>Elanus leucurus</i>	NE
25	Accipitriformes	Accipitridae	Aguilucho de cola rojiza	<i>Buteo ventralis</i>	VU
26	Anseriformes	Anatidae	Cisne coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	EN
27	Anseriformes	Anatidae	Cisne de cuello negro	<i>Cygnus melancoryphus</i>	EN

28	Anseriformes	Anatidae	Pato jergón grande	Anas georgica	NE
29	Anseriformes	Anatidae	Pato rana de pico delgado	Oxyura vittata	NE
30	Anseriformes	Anatidae	Pato real	Mareca sibilatrix	NE
31	Anseriformes	Anatidae	Pato gargantillo	Anas bahamensis	LC
32	Anseriformes	Anatidae	Pato colorado	Spatula cyanoptera	NE
33	Anseriformes	Anatidae	Pato cuchara	Spatula platalea	LC
34	Anseriformes	Anatidae	Pato jergón chico	Anas flavirostris	NE
35	Cathartiformes	Cathartidae	Jote de cabeza negra	Coragyps atratus	NE
36	Cathartiformes	Cathartidae	Jote de cabeza colorada	Cathartes aura	NE
37	Charadriiformes	Laridae	Gaviotín piquerito	Sterna trudeaui	NE
38	Charadriiformes	Charadriidae	Queltehue común	Vanellus chilensis	NE
39	Charadriiformes	Laridae	Gaviota cáhuil	Chroicocephalus maculipennis	NE
40	Charadriiformes	Laridae	Gaviota dominicana	Larus dominicanus	NE
41	Charadriiformes	Haematopodidae	Pilpilén común	Haematopus palliatus	NE
42	Charadriiformes	Charadriidae	Chorlo de doble collar	Charadrius falklandicus	NE
43	Charadriiformes	Charadriidae	Chorlo de collar	Charadrius collaris	NE

44	Charadriiformes	Laridae	Gaviota de Franklin	Leucophaeus pipixcan	NE
45	Charadriiformes	Charadriidae	Chorlo chileno	Charadrius modestus	NE
46	Charadriiformes	Scolopacidae	Playero grande	Tringa semipalmata	NE
47	Charadriiformes	Laridae	Gaviotín sudamericano	Sterna hirundinacea	NE
48	Charadriiformes	Recurvirostridae	Perrito	Himantopus mexicanus	NE
49	Charadriiformes	Charadriidae	Chorlo ártico	Pluvialis squatarola	NE
50	Charadriiformes	Scolopacidae	Zarapito común	Numenius phaeopus	NE
51	Charadriiformes	Scolopacidae	Pollito de mar tricolor	Phalaropus tricolor	NE
52	Charadriiformes	Scolopacidae	Pitotoy grande	Tringa melanoleuca	NE
53	Charadriiformes	Scolopacidae	Pitotoy chico	Tringa flavipes	NE
54	Charadriiformes	Scolopacidae	Zarapito de pico recto	Limosa haemastica	NE
55	Charadriiformes	Laridae	Gaviotín elegante	Thalasseus elegans	NE
56	Charadriiformes	Laridae	Rayador	Rynchops niger	NE
57	Piciformes	Picidae	Pitío austral	Colaptes pitius	NE
58	Podicipediformes	Podicipedidae	Blanquillo	Podiceps occipitalis	NE
59	Podicipediformes	Podicipedidae	Picurio	Podilymbus podiceps	NE

60	Podicipediformes	Podicipedidae	Pimpollo común	Rollandia rolland	NE
61	Podicipediformes	Podicipedidae	Huala	Podiceps major	NE
62	Strigiformes	Strigidae	Chuncho austral	Glaucidium nana	NE
63	Trochiliformes	Trochilidae	Picaflor chico	Sephanoides sephaniodes	NE
64	Passeriformes	Motacillidae	Bailarín chico común	Anthus correndera	NE
65	Passeriformes	Icteridae	Loica común	Leistes loyca	NE
66	Passeriformes	Icteridae	Tordo	Curaeus curaeus	NE
67	Passeriformes	Icteridae	Mirlo común	Molothrus bonariensis	NE
68	Passeriformes	Turdidae	Zorzal patagónico	Turdus falcklandii	NE
69	Passeriformes	Tyrannidae	Diucón	Xolmis pyrope	NE
70	Passeriformes	Passeridae	Gorrión	Passer domesticus	NE
71	Passeriformes	Tyrannidae	Run-run	Hymenops perspicillatus	NE
72	Passeriformes	Icteridae	Trile	Agelasticus thilius	NE
73	Passeriformes	Rhinocryptidae	Hued-hued del sur	Pteroptochos tarnii	NE
74	Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina de dorso negro	Pygochelidon cyanoleuca	NE
75	Passeriformes	Rhinocryptidae	Churrín del sur	Scytalopus magellanicus	NE

76	Passeriformes	Furnariidae	Churrete patagónico	Cinclodes patagonicus	NE
77	Passeriformes	Furnariidae	Rayadito	Aphrastura spinicauda	NE
78	Passeriformes	Furnariidae	Colilarga	Sylviorthorhynchus desmursii	NE
79	Passeriformes	Cotingidae	Rara	Phytotoma rara	NE
80	Passeriformes	Tyrannidae	Fío-fío	Elaenia albiceps	NE
81	Passeriformes	Troglodytidae	Chercán común	Troglodytes aedon	NE
82	Passeriformes	Thraupidae	Cometocino patagónico	Phrygilus patagonicus	NE
83	Passeriformes	Furnariidae	Churrete acanelado	Cinclodes fuscus	NE
84	Passeriformes	Furnariidae	Tijeral común	Leptasthenura aegithaloides	NE
85	Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina chilena	Tachycineta leucopyga	NE
86	Passeriformes	Tyrannidae	Colegial austral	Lessonia rufa	NE
87	Passeriformes	Furnariidae	Trabajador	Phleocryptes melanops	NE
88	Passeriformes	Mimidae	Tenca chilena	Mimus thenca	NE
89	Passeriformes	Fringillidae	Jilguero austral	Spinus barbatus	NE
90	Passeriformes	Passerellidae	Chincol	Zonotrichia capensis	NE
91	Passeriformes	Thraupidae	Diuca común	Diuca diuca	NE

92	Passeriformes	Thraupidae	Chirihue común	Sicalis luteola	NE
93	Passeriformes	Rhinocryptidae	Churrín de la Mocha	Eugralla paradoxa	NE
94	Passeriformes	Furnariidae	Churrete chico	Cinclodes oustaleti	NE
95	Passeriformes	Tyrannidae	Dormilona tontita	Muscisaxicola maclovianus	NE
96	Passeriformes	Troglodytidae	Chercán de las vegas	Cistothorus platensis	NE
97	Passeriformes	Rhinocryptidae	Chucao	Scelorchilus rubecula	LC

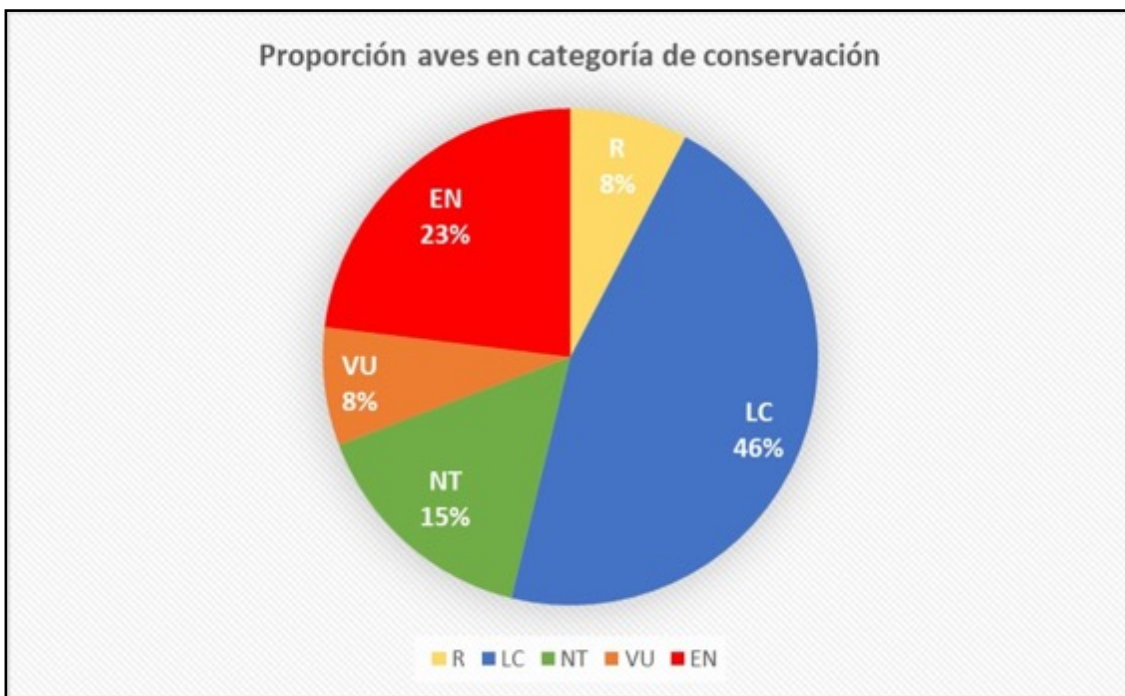


Figura Nº 21. Proporción de aves del Humedal Tubul-Raqui según alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente. R: Rara, LC: Preocupación Menor, NT: Casi Amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro.

Mamíferos

En base a registros de literatura (CEA Ltda. 2006, Saavedra et al. 2008) solo se ha descrito una especie de mamífero para el Humedal Tubul-Raqui, el coipo (*Myocastor coypus*), una especie de amplia distribución en el país y que no se encuentra amenazada.

2.11. Identificación de especies focales como insumo para objetos de conservación

2.11.1. Fundamentos

Los objetos de conservación son elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los ecosistemas con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que “mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación”. Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. Los objetos de conservación se pueden abordar a nivel de comunidades y ecosistemas o a nivel de especies. En el primer caso cuando se trabaja con las comunidades naturales, estas (sensu Whittaker, 1972) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo con su fisonomía en zonas de vida, estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

A nivel de especies se distinguen distintos grados o “filtros” (grueso, medio y fino). El filtro grueso se focaliza en la diversidad contenida en cada ecosistema, ya sea a nivel de riqueza de especie o incorporando índices de equidad. Este filtro puede complementarse (además de la diversidad) con información sobre proporciones de endemismo y amenazas (e. g., clasificación en categorías de conservación). El filtro medio enfoca la conservación a los elementos críticos del ecosistema, que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. El filtro medio incluye elementos críticos tales como estructuras y procesos (e.g., disponibilidad de alimento y/o refugio en algunos tipos de humedales. El filtro fino considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas

en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación, naturalmente raras, o las endémicas. A estas especies las llamamos especies focales incorporándose, en la preselección todas las endémicas y amenazadas, además de las especies que eventualmente puedan ser sindicadas, en forma documentada, como paraguas, bandera y/o especies clave.

Lambeck (1997) entiende las especies focales como una especie o grupo de especies, con requerimientos espaciales y funcionales definiendo efectivamente límites ambientales para la protección de otras especies presentes en la zona. Por otro lado, las especies focales se pueden utilizar para el desarrollo de modelos de hábitat a gran escala, que seleccionan las áreas de conservación y planes de gestión; es decir, se pueden utilizar a las especies focales como herramientas de planificación (Bani et al. 2002).

3.11.2. Variables

La metodología para la identificación de especies focales del Humedal Tubul-Raqui se fundamentó en la integración ponderada de variables, las que se agruparon de acuerdo a tres tipos:

- a. variables inherentes a la especie objetivo y que presentan muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad);
- b. variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza); y
- c. variables mixtas, que son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico, valor como indicadora).

3.11.3. Fases metodológicas

Fase 1: Selección de variables

Se consideraron nueve variables: endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica, perceptibilidad, amenaza, distribución geográfica, valor taxonómico, y valor como especie indicadora. De estas se descartó el valor como especie indicadora, ya que se dispone de muy poca información para poder establecer este valor para todas las especies preseleccionadas. Las variables elegidas se integraron en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (V_{ef}), que constituye el valor de filtro fino:

$$V_{ef} = S (V_e + V_a + V_d + V_t + V_s + V_h + V_p)/n$$

Donde: Ve = Valor de endemismo, Va = Valor de amenaza, Vd = Valor de distribución, Vt = Valor trófico, Vs = Valor de singularidad taxonómica, Vh = Valor de uso del hábitat y Vp = Valor de perceptibilidad, n= número de variables consideradas, las que se describen a continuación.

Valor de endemismo (Ve). Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias, por eso muchas veces es mejor referirse a áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político-administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Valor de amenaza (Va). Se incluyen todas las especies consideradas en riesgo y sometidas a procesos que amenazan su persistencia, que incluyen por ejemplo pérdida y fragmentación de hábitat, disminución poblacional (véase Lambeck, 1997). La información provino de las listas originados en el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (Decreto Supremo N° 151 de 2007, Decreto Supremo N° 50 de 2008 y Decreto Supremo N° 51 de 2008 (El 27 de abril de 2012, este reglamento fue reemplazado por el Decreto N° 29 de 2011 del MMA que dictó el nuevo Reglamento para Clasificar Especies según Estado de Conservación (RCE). Se revisaron todos los DS hasta el DS N° 79/2018 del MMA, el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (1988), del reglamento de la Ley de Caza 19.407. La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Valor de distribución (Vd). Considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica facilita el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad. La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Valor trófico (Vt). Esta variable se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjugando el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que se relaciona con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros). La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Valor de singularidad taxonómica (Vs). La información filogenética contribuye poderosamente para priorizar áreas para la conservación de la biodiversidad, ya que este

tipo de información es uno de los más importantes factores involucrados en los procesos de extinción de especies (véase Heard & Mooers 2000, y para ambientes terrestres en Chile Posadas et al. 2001). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico. Se siguió a Sibley & Monroe (1993) y Barros et al. (2015). La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir, la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar todo o una mayor proporción de hábitats heterogéneos y/o complejos. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diversos tipos de hábitats. Los valores se muestran en la Tabla N° 7.

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio o de los animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada ya sea a través de su percepción visual o auditiva, pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). Consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedrerros & Quintana 2010). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especie bandera. La asignación de valores se muestra en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7. Variables consideradas y sus rangos de valoración, para el cálculo del valor como especie focal para fauna silvestre de humedales continentales

Variables	Valores				
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5
Valor de endemismo (Ve)	Endemismo continental	Endemismo regional	Endemismo del país	Endemismo del área	Endemismo local
Valor de amenaza (Va)	Preocupación Menor (LC)	Casi Amenazada (NT)	Vulnerable (VU)	En Peligro (EN)	En Peligro Crítico (CR) o Extinta en Estado Silvestre (EW)

Valor de distribución (Vd)	Una macro-región	Parte de la región	Todo el país o gran parte del país	Aprox. la mitad del país	Local
Valor trófico (Vt)	Herbívoro	Omnívoro	Insectívoro	Frugívoro Carnívoro	Herbívoro
Valor de singularidad taxonómica (Vs)	En orden monotípico	En familia monotípica	En género monotípico	En géneros con > 4 especies	En géneros con > 2 y < 4 especies
Valor de uso del hábitat (Vh)	Hábitat generalista	Hábitat generalista	Hábitat especialista		
Valor de perceptibilidad (Vp)	Perceptibilidad muy baja	Perceptibilidad baja	Perceptibilidad media	Perceptibilidad alta	Perceptibilidad muy alta

Fase 2: Valoración de las especies

El cálculo del valor como especie focal se obtuvo mediante la identificación del cuartil 75, a partir de la matriz de valoración de todas las especies identificadas para el Humedal Tubul-Raqui. El puntaje de corte fue 15 para definir las especies focales.

El cálculo del valor como especie focal considera tres factores para preseleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las especies clasificadas en categorías de amenaza y (c) todas las especies, que, no siendo endémicas y amenazadas, son especies: (indicadoras, y/o (ii) paraguas, y/o (iii) bandera y/o (iv) especies clave.

Se consideró también las prioridades de conservación otorgándole cierta flexibilidad al ranking, en términos de restringir o ampliar el valor de corte, de modo que esté al servicio de los objetivos de conservación que se planteen, en este caso la conservación de las especies de fauna del Humedal Tubul-Raqui. A continuación, en la Tabla N° 8 se presentan los resultados de este ejercicio de selección de especies focales.

Tabla N° 8. Especies focales identificadas para el Humedal de Tubul-Raqui.

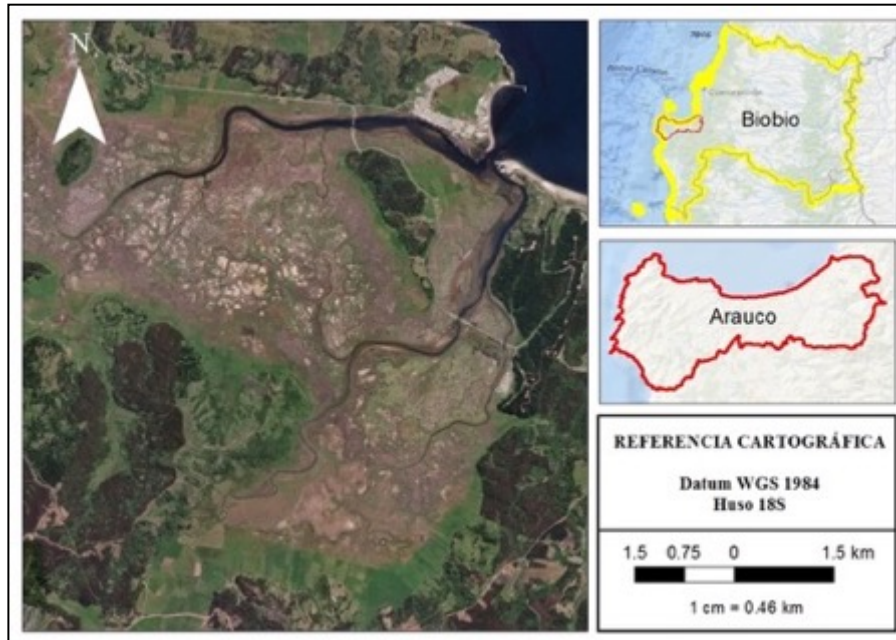
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Estado de Conservación	Ve	Va	Vd	Vt	Vs	Vh	Vp	Vef
	ANFIBIOS										
1	Sapito de cuatro ojos	Pleurodema thaul	NT	2	2	3	3	2	2	1	15
	AVES										

2	Perdiz chilena	Nothoprocta perdicaria	NE	3	0	4	2	1	5	2	17
3	Cuervo de pantano común	Plegadis chihi	EN	1	5	1	5	2	3	4	21
4	Guanay	Phalacrocorax bougainvillii	NT	2	3	1	2	1	1	5	15
5	Garza cuca	Ardea cocoi	LC	1	2	1	5	1	5	1	16
6	Flamenco chileno	Phoenicopterus chilensis	NT	2	2	2	2	2	5	5	20
7	Piquero de Humboldt	Sula variegata	LC	2	1	1	5	1	1	5	16
8	Tagua de frente roja	Fulica rufifrons	NE	1	0	4	1	1	5	3	15
9	Torcaza	Patagioenas araucana	LC	2	1	2	2	1	3	4	15
10	Aguilucho de cola rojiza	Buteo ventralis	VU	2	3	4	5	1	3	1	19
11	Cisne coscoroba	Coscoroba coscoroba	EN	2	5	2	2	3	3	5	22
12	Cisne de cuello negro	Cygnus melancoryphus	EN	1	5	1	2	1	3	5	18
13	Pato cuchara	Spatula platalea	LC	1	4	1	2	1	3	3	15
14	Gaviotín piquerito	Sterna trudeaui	NE	1	0	1	5	1	3	5	16
15	Becacina común	Gallinago magellanica	NE	1	3	1	4	1	3	3	16
16	Gaviotín elegante	Thalasseus elegans	NE	1	0	1	5	1	3	5	16
17	Chuncho austral	Glaucidium nana	NE	2	0	2	5	1	1	4	15
18	Colilarga	Sylviorthorhynchus desmursii	NE	2	0	1	3	3	3	4	16
19	Churrín de la Mocha	Eugralla paradoxa	NE	2	0	2	3	3	3	4	17
20	Chucao	Scelorchilus rubecula	LC	2	1	3	3	2	3	4	18

2.12. Características sociodemográficas y socioeconómicas

El Humedal Tubul-Raqui se encuentra en la región del Biobío, provincia de Arauco y comuna del mismo nombre (ver Figura N° 21). Esta región tiene una superficie de 24.021 km² y representa el 3,2% del territorio nacional. Según el Censo 2017 la población alcanzó los 1.556.805 habitantes y una densidad de 64,8 habitantes por kilómetro cuadrado. La comuna de Arauco representa alrededor del 4% de la superficie de la región.

Figura N° 21. Mapa Humedal Tubul-Raqui



En la siguiente Tabla N° 9 se presentan algunas variables demográficas para comprender mejor el contexto comunal en el que se encuentra inserto el Humedal Tubul-Raqui.

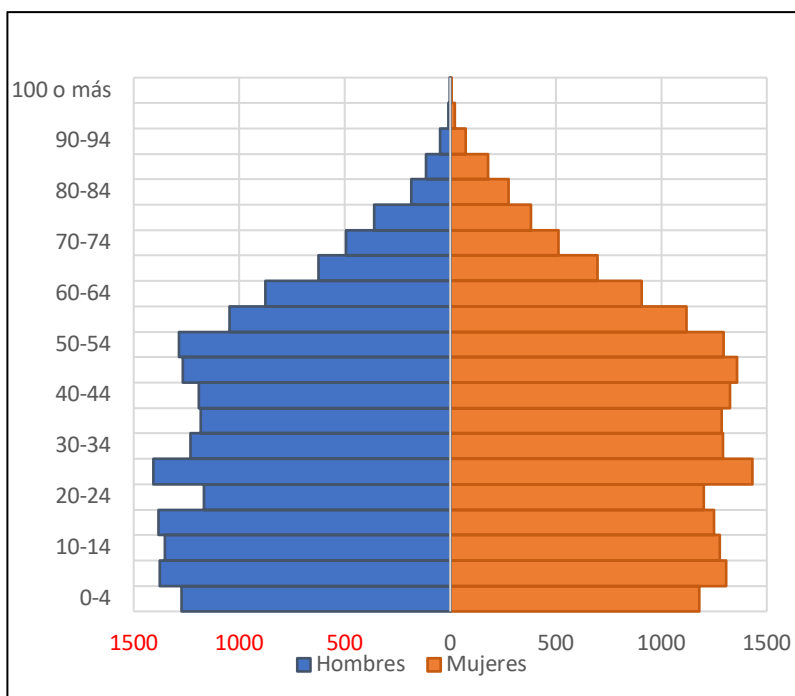
Tabla N° 9. Características socio demográficas de la comuna de Arauco

Variable	Comuna de Arauco
Población total	36.257
Total de viviendas	13.252
Total de hombres	17.875
Total de mujeres	18.382
Superficie comunal (km ²)	964
Densidad de población (hab/km ²)	37,77
Viviendas urbanas	9.534
Viviendas rurales	3.718

Edad promedio	35,7
Pueblos originarios	17%
Escolaridad jefe/a hogar (promedio de años)	9,3
Ingreso a educación superior	21%
Educación superior terminada	79%
Asistencia a la educación formal de personas en edad escolar obligatoria	97%
Personas que declaran trabajar	51%
Años de escolaridad promedio de las personas que declaran trabajar	10,9
Años de escolaridad promedio de personas pertenecientes a pueblos originarios	8,4
Personas que trabajan en el sector económico primario	18%
Personas que trabajan el sector económico secundario	11%
Personas que trabajan el sector económico terciario	71%
Tasa de pobreza por ingresos	15,93%
Tasa de pobreza multidimensional	18,4%

Fuente. Censo de población y vivienda 2017 (INE) y encuesta Casen 2017 (MINDES)

Figura 22. Pirámide poblacional de la Comuna de Arauco.



De acuerdo con la Tabla N° 9, la densidad de población de la comuna (37,7 habitantes por km²) es considerablemente inferior a la que se presenta en la región (64,8

habitantes por km²), lo cual indica una mayor cantidad de población rural y dispersa. Esto también se evidencia en el porcentaje de viviendas rurales, el cual es aproximadamente 13,7% en la región, a diferencia de la comuna, la cual posee un 28,05%. Otro aspecto a considerar es que un 50,7% de la población de la comuna corresponde a mujeres. También, cabe destacar la proporción de personas que se consideran parte de un pueblo originario en la comuna (17%), la cual es considerablemente mayor que la de la región (11%). Según el PLADECO Arauco 2016-2019, en la comuna existen 29 comunidades indígenas, con un total de 877 socios(as), y 412 familias de origen mapuche. Esto evidencia la importante carga histórica y cultural que tiene la comuna en torno a los pueblos originarios, en particular asociada al pueblo mapuche y lafkenche.

El ingreso a la educación superior (21%) es notablemente más bajo que el de la región, el cual llega al 30%. Esto refleja la prioridad de las personas en torno a su desarrollo profesional y laboral, el cual podría estar más inclinado hacia las alternativas laborales que no requieren estudios superiores como son la pesca (fundamentalmente artesanal, como veremos más adelante), la industria forestal y la agricultura. Estas cifras hablan del bajo nivel de calificación de la fuerza laboral comunal, respecto a la realidad en la región.

La mayor parte de la población se dedica a trabajos relacionados con el sector económico terciario (71%), el cual está relacionado con empresas, instituciones o actividad por cuenta propia que pertenecen al área de servicios. Esto también es consistente con el hecho de que la mayor parte de la población comunal vive en zonas urbanas (71,9%), particularmente en la ciudad de Arauco, en donde la mayor parte de los trabajos, deberían estar asociados al sector de servicios. Cabe destacar, el rol importante del sector económico primario (18%) el cual contempla actividades extractivas como la agricultura, pesca, ganadería y minería. Este sector presenta un valor considerablemente más alto que el de la región, el cual corresponde al 7%.

Por otra parte, la comuna en general presenta buenos niveles de cobertura en servicios básicos. El 80,1% de las viviendas están conectadas a una red de agua potable, el 93,9% tiene servicio de electricidad y el 79,4% tiene alcantarillado (FAO, 2013)

2.12.1. Distritos censales

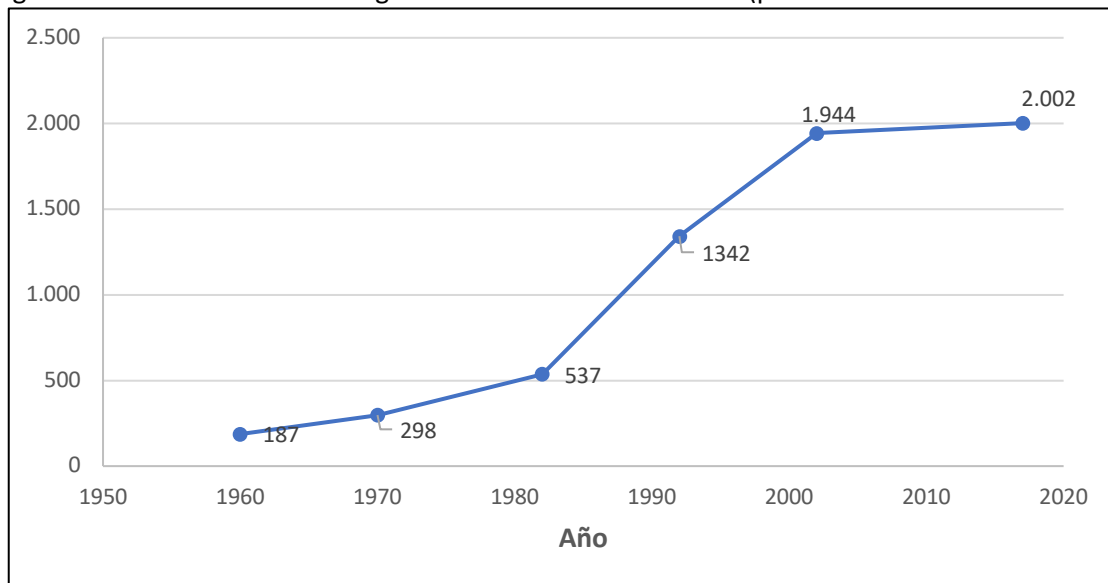


Figura N° 23. Distritos censales en el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui

Los distritos censales que se encuentran aledaños al Humedal Tubul Raqui son Lavapié, Tubul, Caripilún y Los Nancos (Figura N° 23), los cuales están compuestos principalmente por población rural dedicada a actividades productivas asociadas a la industria forestal, la agricultura, ganadería y la pesca. La densidad poblacional de estos distritos es considerablemente inferior que la que podemos

encontrar en la región y comuna.

Figura N° 24. Crecimiento demográfico distrito censal de Tubul (periodo intercensal 1960-2017)



De acuerdo con la Figura N° 24, se observa un importante crecimiento demográfico en el distrito censal de Tubul durante los periodos intercensales de 1960-2017, algo que ya ha sido señalado en secciones anteriores de este informe. El porcentaje de crecimiento en el periodo 1960-1970 fue de 12,4%, mientras que entre 1970-1982 el crecimiento acumulado fue de 31,3%. Es plausible indicar que este importante incremento de población

en el distrito censal estuvo motivado fundamentalmente por los el auge pesquero artesanal asociado a la caleta de Tubul.

Tabla N° 10. Información demográfica de los cuatro distritos censales que tienen relación directa con el humedal Tubul Raqui

Variable	Tubul	Caripilún	Los Ñancos	Lavapié
Tipo de distrito	Rural	Rural	Mixto	Rural
Total hombres	1.040	150	1.563	906
Total mujeres	962	137	1.493	855
Total personas	2.002	287	3.056	1.761
Total viviendas	727	126	1.333	815
Superficie (km2)	76,77	75,022	152,98	114,47
Densidad de población	26,077	3,825	19,97	15,38

2.12.2. Localidades

El sector donde está ubicado el humedal Tubul-Raqui corresponde a un área rural, por lo que se pueden identificar localidades compuestas por entidades⁸ según lo establecido en el Censo del 2017. Este sector tiene una serie de pequeños asentamientos humanos que presentan una baja población.

Tabla N° 11. Entidades aledañas al humedal Tubul Raqui

Distrito	Localidad	Entidad
Lavapié (8)	Aguapié	Indeterminado
Tubul (7)	Aguapié	Indeterminado
Tubul (7)	Tubul	Tubul
Tubul (7)	Tubul	Indeterminado
Tubul (7)	Tubul	Santa Clara
Tubul (7)	Tubul	El Cuco
Tubul (7)	Tubul	La Cal
Tubul (7)	Raqui	Indeterminada
Tubul (7)	Raqui	Raqui Alto
Tubul (7)	Raqui	Santa Amelia
Tubul (7)	Raqui	Bajo Raqui
Caripilún (6)	Raqui	Indeterminado
Los Ñancos (5)	Raqui	Raqui alto
Los Ñancos (5)	Raqui	Raqui chico

⁸ en el censo 2017 el territorio comunal se divide en distritos, los que pueden ser urbanos, rurales o mixtos. a su vez, en el área urbana se reconocen zonas censales y en el área rural, localidades. las zonas censales se componen de manzanas y las localidades de entidades.

Los Ñancos (5)	Raqui	Indeterminado
Los Ñancos (5)	Las Peñas	Las Peñas
Los Ñancos (5)	Las Peñas	Indeterminado

Fuente. Geodatos abiertos INE/Resultados CENSO 2017

Tabla Nº 12. Información demográfica de las entidades correspondientes a la localidad de Aguapié

Entidad	Población				Total de Viviendas
	Mujeres	Hombres	Total	Pueblos indígenas ⁹	
Indeterminado	7	11	18	11	7
Indeterminado	13	16	29	4	13
Total	20	27	47	15	20

Tabla Nº 13. Información demográfica de las entidades correspondientes a la localidad de Tubul

Entidad	Población				Total de Viviendas
	Mujeres	Hombres	Total	Pueblos indígenas	
Tubul	864	926	1790	407	611
Indeterminada	10	9	19	0	9
Santa Clara	15	23	38	7	15
El Cuco	5	7	12	0	18
La Cal	9	11	20	0	16
Total	903	976	1879	414	669

Tabla Nº 14. Información demográfica de las entidades correspondientes a la localidad de Raqui

Entidad	Población				Total de Viviendas
	Mujeres	Hombres	Total	Pueblos indígenas	
Indeterminado	32	30	62	Indeterminado	24
Raqui alto	6	4	10	0	9
Santa Amelia	0	0	0	0	1
Bajo Raqui	8	14	22	Indeterminado	11
Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	5	Indeterminado	8
Raqui alto	12	18	30	14	12
Raqui chico	Indeterminado	Indeterminado	9	5	10
Indeterminado	27	29	56	7	26
Total	Indeterminado	Indeterminado	194	Indeterminado	101

⁹ total personas que se consideran pertenecientes a algún pueblo indígena u originario.

Tabla N° 15 Información demográfica de las entidades correspondientes a la localidad de Las Peñas

Entidad	Población				Total de Viviendas
	Mujeres	Hombres	Total	Pueblos indígenas	
Las Peñas	Indeterminado	Indeterminado	4	0	2
Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	238	33	77
Total	Indeterminado	Indeterminado	242	33	79

Tabla N° 16. Resumen de la información demográfica por localidad

Localidad	Población				Total Viviendas
	Mujeres	Hombres	Total	Pueblos indígenas	
Aguapié	20	27	47	15	20
Tubul	903	976	1879	414	669
Raqui	Indeterminado	Indeterminado	194	Indeterminado	101
Las Peñas	Indeterminado	Indeterminado	242	33	79

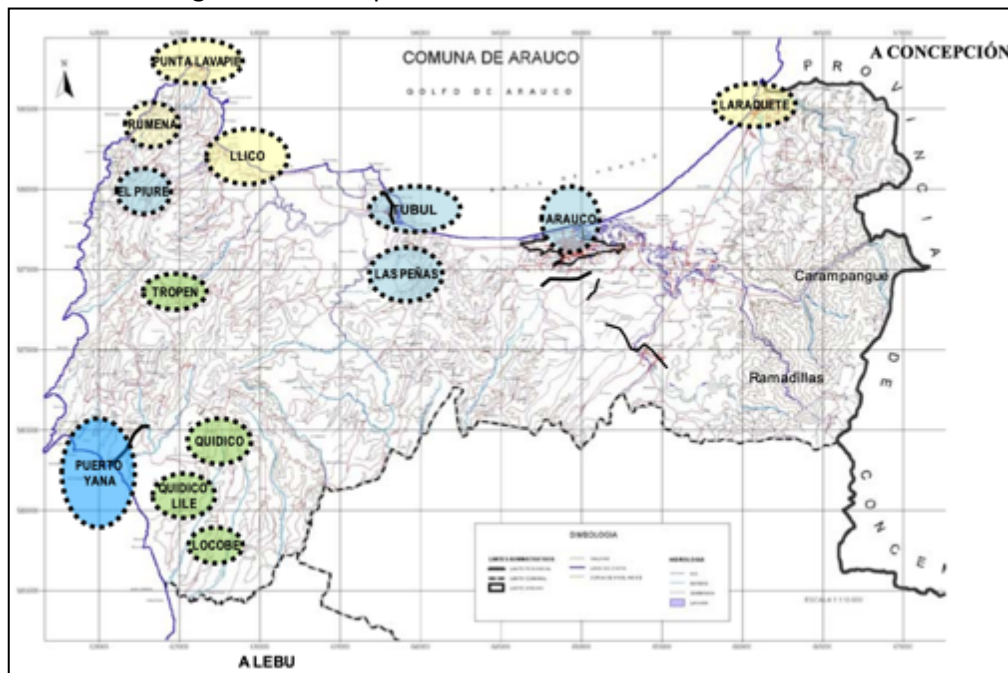
De estas localidades, la que posee una mayor población corresponde a Tubul con un total de 1879 personas. Cabe destacar que una proporción importante de la población del distrito censal adscribe a una identidad indígena, alcanzando un 22% en Tubul, 31,9% en Aguapié y un 13,6% en las Peñas. Otro aspecto a considerar es que en Aguapié la población de mujeres ocupa un 42,5%, mientras que en Tubul un 48,05%.

La más importante de estas localidades corresponde a Caleta Tubul el cual además es uno de los poblados más significativo del borde costero de la comuna. Cuenta con una serie de servicios públicos y comerciales entre los que se encuentran un Centro Comunitario de Salud Familiar (CECOF), que presta servicios a los habitantes de Caleta Tubul, Las Peñas y sus alrededores y también un establecimiento educacional municipal que imparte desde 1° a 8° básico. Destaca la gran cantidad de organizaciones sociales que posee la caleta, lo que demuestra una buena capacidad organizativa. En total son 45 organizaciones que abarcan diferentes temáticas, tal como juntas de vecinos, clubes deportivos, comités de vivienda, agrupaciones pesqueras y agrupaciones indígenas (FAO, 2013).

2.12.3. El borde costero de la comuna de Arauco

La costa de la comuna de Arauco cuenta con una extensión de 111,5 kilómetros. El borde costero de la comuna es extenso y diverso, con una actividad pesquera artesanal importante, determinada por una gran diversidad y abundancia de recursos hidrobiológicos (FAO, 2013). En el Golfo de Arauco, por ejemplo, hay presencia de bancos naturales de recursos bentónicos, de huepo y navajuela, así como recursos pelágicos y demersales como la anchoveta, merluza, sardina, corvina y el congrio, que dota a la comuna de características excepcionales para el desarrollo de la pesca artesanal. En la comuna existen 9 caletas: Laraquete, Arauco, Tubul, Las Peñas, Llico, Rumena, El Piure, Punta Lavapie y Yani (FAO, 2013).

Figura N° 25. Mapa del borde costero comuna de Arauco



Fuente: FAO, 2013

Tubul es reconocida como una de las caletas importantes de la comuna por la extracción de recursos bentónicos, lo que ha atraído a muchos pescadores de otras comunas y regiones a instalarse en ella. A pesar de los eventos ocurridos el 27-F, Tubul sigue siendo uno de los poblados del borde costero que concentra la mayor cantidad de población en la comuna de Arauco, y es la caleta donde se verifica la mayor cantidad del desembarque de huepo, navajuela y taquilla de la región (SERNAPESCA, 2019). De acuerdo con la FAO (2013) durante la década de 1980 el incremento de los precios del recurso huepo hizo que pescadores y buzos-mariscadores de otras localidades, como Tirúa, Quidico, Isla Santa

María y alrededores de la comuna de Arauco, migraran a Tubul. Otro recurso que contribuyó a este crecimiento demográfico fue el alga pelillo. La creciente demanda de mercados internacionales convirtió al pelillo en una especie clave para la población de la caleta; siendo explotada en forma colectiva a través de la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales de Tubul y una concesión acuícola a cargo de la organización. Las praderas de este recurso fueron severamente perturbadas durante terremoto y posterior tsunami del año 2010, lo que obligó a la población local a una reconversión productiva. La recolección del pelillo comprometía a mujeres y hombres, empleando de forma estable a 200 mujeres y 150 hombres (cifras del Censos Pesquero del 2008 en FAO, 2013).

Aparte de la actividad pesquera artesanal, asociada a las pesquerías bentónicas del huepo, navajuela y taquilla, en Tubul existen diversos emprendimientos vinculados al procesamiento de estos recursos para su posterior venta. Las llamadas “cocinerías”, que comprenden desde negocios familiares, a emprendimientos de hasta 20 personas; en los que se limpia, cuece y envasan los recursos extraídos del Golfo (FAO, 2013).

Otra localidad costera relevante, fundamentalmente por estar en el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui son Las Peñas. Esta localidad, con 242 habitantes (INE, 2017), se ubica en un recodo del camino de Arauco a Punta Lavapié, a orillas del estero Las Peñas. Es un pequeño caserío interior, cuya población fue erradica de la zona de Las Peñas Viejas, (por el riesgo de derrumbes). El poblado esta constituido por viviendas sociales, construidas mediante subsidios habitacionales, las que cuentan con servicios básicos de electricidad y agua potable (FAO, 2013). Previo al terremoto y tsunami, el recurso prioritario de las personas dedicadas a la pesca artesanal (principal actividad productiva en la localidad) era el pelillo (50%); en segundo lugar (26,9%) los recursos bentónicos y finalmente (13,5%) peces como el pejerrey y el róbalo, extraídos directamente del Humedal Tubul-Raqui.

3. DESCRIPCIÓN DEL VALOR ECOLÓGICO DEL ÁREA

3.1. Descripción del valor ecológico asociado a los ecosistemas acuáticos y comunidades vegetacionales

3.2. Descripción del valor ecológico asociado a la fauna (sobre todo aves) del humedal Tubul-Raqui

4. DESCRIPCIÓN DE LOS VALORES COMPLEMENTARIOS ASOCIADOS AL ÁREA (CULTURALES, SOCIALES, TURÍSTICOS, ETC.)

Los valores culturales asociados a los SE del Humedal Tubul-Raqui se remontan a períodos precolombinos, a miles de años antes del presente. Lo anterior se evidencia por la existencia de diversos sitios arqueológicos al interior del Humedal e inmediaciones, donde hay presencia de conchales, cementerios y restos cerámicos (Torres-Aillón, 1997 en Bravo, 2011). La baja productividad agrícola del territorio indica que las actividades productivas de estos asentamientos precolombinos estaban mayormente orientadas a la recolección de recursos hidrobiológicos. El Golfo de Arauco proveía de peces, mariscos y algas, lo que provocó un intenso poblamiento del territorio (Bravo, 2011).

Investigaciones realizadas en yacimientos arqueológicos de Coronel, Morguilla, Chome, Talcahuano, Bellavista y Tubul, principalmente en conchales con datas que varían 4.350 ± 70 A.P (períodos Arcaico y Agroalfarero), han entregado información relevante en torno a las costumbres alimentarias de estos antiguos cazadores, recolectores y pescadores (Santelices & Borquez, 2000). Igualmente se han identificando anzuelos hechos de concha, pesas de red elaboradas en piedra, vértebras de pescado y abundantes restos de moluscos. Lo anterior indica que los recursos marinos estaban a la base de la economía de subsistencia de los habitantes de este territorio. Para pescar se utilizaban redes de intestinos de lobo marino, hebras de chagual, tendones de guanaco o ñocha (*Eryngium paniculatum*), mientras que los anzuelos eran construidos con espinas, dientes de pez o madera dura. Otro instrumento interesante identificado en estas investigaciones fue el chuzo mariscador', utilizado para recolectar los moluscos incrustados en rocas (Bravo, 2011).

En el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui, así como en su interior (desembocadura de los ríos Tubul y Raqui), existen abundantes sitios arqueológicos (ver Tabla N° 2). Entre Concepción y Tubul, sobre las terrazas de 2 msnm, se han encontrado concheros cerámicos, cementerios, sitios habitacionales y ocupaciones con agricultura incipientes (Hermosilla, 2011). Hace 3.500- 4.000 años a-C, existían grupos de pescadores-recolectores-cazadores marinos tempranos, como indican los sitios El Visal y La Trila. En cuanto a los asentamientos precerámicos, se considera el sitio Tubul I, con fechas entre el 150 a.C. y el 400 d.C (Hermosilla, 2011). En cuanto al uso de recursos, la abundancia y explotación de la navajuela (*Tagelus dombeii*) se superpone al uso de la ostra (*Tiostrea chilensis*), especie actualmente extinta en el Golfo de Arauco, asociada a una ocupación prehistórica temprana. Después del 2.000 a.C, hay un recambio de ostras por especies bivalvas similares a las que existen en la actualidad (Hermosilla, 2011).

Tabla Nº 17. Resumen de sitios arqueológicos en el área de influencia del Humedal Tubul-Raqui

Localidad	Nombre del Sitio	Coordenadas N/E/alt.	Función	Adscripción cultural	Extensión aproximada
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-21	5879.519 / 638.115 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	15 x 4 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-13	5878.993 / 637.154	Indet.		3 x 8 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-12	5879.008 / 637.261 / 18m	Habitacional	El Vergel	60 x 40 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-11	5879.014 / 637.183 / 18m	Habitacional	El Vergel	30 x 40 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-8 Campamento Bacareza	5876.438 / 638.973 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	Cazador- recolector
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-10 La Trila	5878.339 / 637.424 / 18m	Basural conchífero		100 x 30 m
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-22	5880.875 / 634.787 / 18m	Indet.		
Raqui-Tubul Caleta Tubul	RT-23	5880.426 / 634.495 / 18m	Indet.	El Vergel	20 x 4 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-7	5878.089 / 637.309 / 18m	Basural conchífero	El Vergel	7 x 2 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-6	5877.989 / 637.354 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	25 x 1 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-5 Las Máquinas	5878.038 / 637.501 / 18m	Basural conchífero		12 x 3 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-1 El Trigal	5876.988 / 637.931 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	150 x 30 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-3 El Trigal Bajo	5876.940 / 637.821 / 18m	Basural conchífero	Cazador- recolector	150 x 30 m
Raqui-Tubul La Isla	RT-2 La Isla	5877.984 / 637.871 / 18m	Basural conchífero		30 x 100 m
Raqui-Tubul La Isla	RT- 4 El Visal	5877.547 / 637.896 / 18m	Basural conchífero y entierro	Cazador- recolector / El Vergel	40 x 200 m

Fuentes: Quiroz, 2003 en Herмосilla, 2011.

Tubul, de acuerdo a la división geográfica mapuche de la zona de Arauco, perteneció a la provincia denominada Lavquen-Mapu (habitantes de la costa), que limitaba al norte con el río Biobío y al sur con el río Toltén, dentro de la cual Tubul era una subdelegación del Ayllarehue¹⁰ (Bravo, 2011). Los recursos marinos hidrobiológicos cumplían un rol fundamental en la economía de subsistencia de estas comunidades. Este era el modo de vida que prevalecía en el territorio a la llegada de los españoles. Luego de siglos de conflictos y parlamentos (con el régimen colonial), y posteriormente, de usurpaciones territoriales y persecución (una vez constituía la República de Chile) (Bengoa, 1996; Aylwin, 2002), el Humedal Tubul-Raqui sigue teniendo una significación cultural muy importante para las múltiples comunidades mapuche-lafkenche presentes en el territorio.

Un humedal o menoko, puede ser comprendido como un sitio de enorme significación cultural ambiental para la cosmovisión mapuche, al constituir un lugar que mantiene el equilibrio de los espacios de la vida (Figueroa, 2014). Es considerado un ser viviente, si se trata con respeto, si se cuida, se mantendrá el agua y sus ciclos naturales; vendrán las necesarias lluvias (Figueroa, 2014: 84). El agua suele estar presente en estos sitios de significación cultural ambiental como los menoko, trayenko (cascada de agua), lewfü (río) y lafken (mar), fundamentales para el equilibrio del clima y el agua, al igual que constituyen elementos gravitantes en la reproducción material de la vida. Los usos del menoko se orientan a la extracción de plantas medicinales, aunque también para el abastecimiento de agua. Los menokos, como espacios sagrados, son resguardados por un ngen-ko (dueño del agua) al cual se le debe pagar una especie de tributo o pedir permiso para ingresar al humedal (Sánchez et al., 2004).

Los valores culturales asociados al Humedal también se relacionan con las actividades pesqueras y algueras que se han desarrollado históricamente en esta vasta marisma, donde la identidad “pesquera artesanal”, sobre todo de las comunidades próximas a la costa (Tubul y Las Peñas) se vincula directamente con los SE de provisión del Humedal Tubul-Raqui. A principios de la década de 1950, el poblado de Tubul, era un pequeño asentamiento de no más de 30 habitantes (inquilinos del fundo Santa Clara) (Bravo, 2011), que luego se pobló como consecuencia de tres flujos migratorios. Uno proveniente de población de interior, de origen campesino, motivado por la riqueza de los recursos hidrobiológicos de la zona. Un segundo flujo, resultante del proceso Reforma Agraria del 1960 y 1970, que facilitó la expropiación y parcelación del fundo Santa Clara, permitiendo el asentamiento formal de muchas familias en Tubul (Vega & Téllez, 2012). Finalmente, un tercer flujo inmigratorio, que ha sido constante en las últimas décadas, y que está relacionado con diferentes ciclos de auge o boom pesquero en la caleta, asociados

¹⁰ agrupación de clanes familiares que dominaban y conformaban una provincia (bravo, 2011).

a la explotación del huepo (*Ensis macha*), la navajuela (*Tagelus dombeii*) y la taquilla (*Mulinia edulis*) en el Golfo de Arauco), lo que ha atraído pescadores artesanales de todo Chile (Vega & Téllez, 2012).

Durante gran parte del siglo XX, los principales recursos que se obtenían del Humedal eran la navajuela, el choro malton (*Choromytilus chorus*) y la taquilla, también el robalo, la lisa, el puye y el cauque (Bravo, 2011; Valdovinos et al., 2012), que se destinaban a la venta y el autoconsumo familiar. Algunos de estos recursos se siguen explotando y vendiendo localmente en la actualidad. Otro recurso clave, de gran valor cultural es la planta *Spartina densiflora*, especie dominante en la marisma, localmente conocida como “llinto”, pues era utilizada para la construcción de techumbres y viviendas en el pasado.

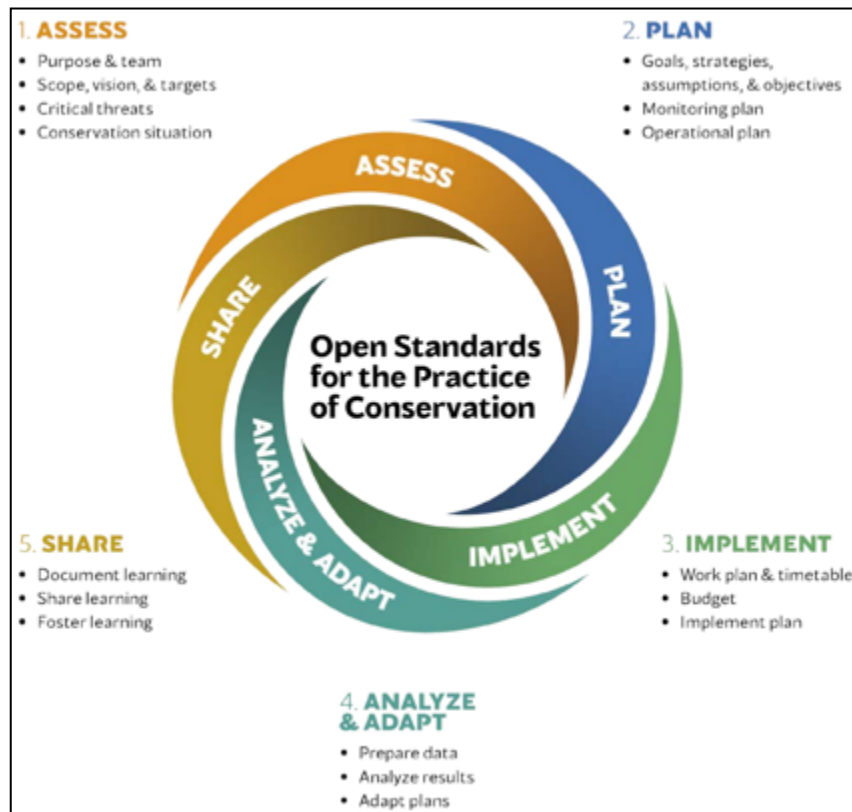
Sin embargo, el recurso del Humedal Tubul-Raqui con mayor valor cultural es el alga “pelillo” (*Gracilaria* sp.). En la década de 1960, aprovechando la creciente demanda externa de esta alga (de la que se extrae el agar-agar) y las condiciones favorables del estuario en donde el alga crecía de forma natural, se comienzan a explotar las praderas de pelillo al interior del Humedal (Vega & Téllez, 2012). En 1982, se funda la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales de Tubul (AG), que obtiene una concesión acuícola de 212 hectáreas a lo largo los tres ríos (Tubul, Raqui y estero Las Peñas) y quienes desarrollaron un modelo de manejo del alga reconocidamente exitoso, y que permitió el uso sustentable del recurso y del Humedal por años (Marín et al., 2014).

5. DESCRIPCIÓN OBJETOS DE CONSERVACIÓN

5.1. Objetos de Conservación Biológica

Para identificar los Objetos de Conservación del área propuesta como Santuario de la Naturaleza, se aplicó una metodología basada en los Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación (en adelante EAPC). Los EAPC corresponden a una metodología desarrollada por la Alianza para las Medidas de Conservación (CMP, por su sigla en inglés), que reúnen conceptos, enfoques y terminologías comunes durante todo el ciclo de planificación de un proyecto (CMP, 2020). Los Estándares corresponden a un proceso de manejo adaptativo para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de proyectos de conservación, desarrollados para que puedan ser aplicados a cualquier escala geográfica, temporal o programática (CMP, 2020). Los EAPC están organizados en un ciclo de manejo de proyectos de cinco pasos (ver Figura N° 26), que abordan lo siguiente:

Figura Nº 26. Ciclo de manejo de proyectos de los EAPC



Fuente: CMP, 2020

PASO 1. Este paso en el ciclo de los EAPC implica especificar los parámetros básicos para el proyecto y evaluar el contexto general. Implica determinar el propósito de la planificación, identificar quién será inicialmente parte del equipo y articular el alcance geográfico y/o temático de la iniciativa, la visión de lo que espera lograr y los objetivos de conservación en los que se enfocará el proyecto. También incluye entender el contexto, mediante la identificación de amenazas, oportunidades y partes interesadas.

PASO 2. Planificar acciones y monitoreo: Este paso implica definir los objetivos, estrategias y metas del proyecto e identificar los supuestos para cada uno de estos elementos. Una vez desarrollados estos componentes, es posible tener un Plan de Acción del proyecto.

PASO 3. Implementar acciones y monitoreo: Este es un paso muy relevante, pues constituye el momento en que se pone en práctica todos los esfuerzos de planificación realizados en los pasos anteriores. Esta fase supone llevar adelante planes de trabajo específicos, asegurando recursos, capacidades y roles.

PASO 4. Analizar datos, usar los resultados y adaptar: Aquí es necesario administrar la información que surge del proceso de implementación, analizándola de forma regular y sistemática, para convertirla en información para el manejo del proyecto. Si este paso es

desarrollado de la manera adecuada, será fácil observar y generar cambios, solucionar problemas y llevar a cabo mejoras del proyecto.

PASO 5. Capturar y compartir el aprendizaje: El paso final del ciclo involucra compartir lecciones y productos formales con actores clave. Igualmente, supone dar y recibir retroalimentación, propiciar evaluaciones, auditorías y sobretodo generar una cultura de aprendizaje.

Para el caso del Expediente de solicitud del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, el trabajo se enfocó en el Paso 1, pues a través de múltiples reuniones y talleres con actores clave de nivel local, regional y nacional, se abordaron aspectos relacionados con la visión del Santuario de la Naturaleza, sus Objetos de Conservación (biológicos, culturales y de bienestar humano), así como las amenazas directas e indirectas asociadas a cada Objeto de Conservación.

En este apartado se presentan los resultados respecto a los Objetos de Conservación (en adelante OdC) identificados para el área. Durante el proceso de planificación para la conservación de un área en particular, es fundamental alcanzar un diseño explícito que identifique todos los componentes de biodiversidad del área que se busca proteger (WCS, 2015). De esta manera es clave identificar los OdC que den cuenta del conjunto de la biodiversidad de un área, en tanto que proxy de la misma (FOS, 2009 en WCS, 2015). Los OdC constituyen las especies, hábitats o ecosistemas en los que un proyecto de ha decidido enfocarse (CMP, 2013) y que son fundamentales para la mantención de la integridad biológica del área. La identificación y priorización de los OdC permite centrar los esfuerzos de conservación y los recursos en ciertos componentes que fundamentaran las acciones y las estrategias a implementar, para avanzar hacia la conservación del área. Pero a su vez, el enfoque basado en la identificación de los OdC, permite evaluar con mayor precisión y eficacia los esfuerzos de conservación (WCS, 2015).

De acuerdo con CONAF (2017) los OdC se pueden clasificar de la siguiente manera:

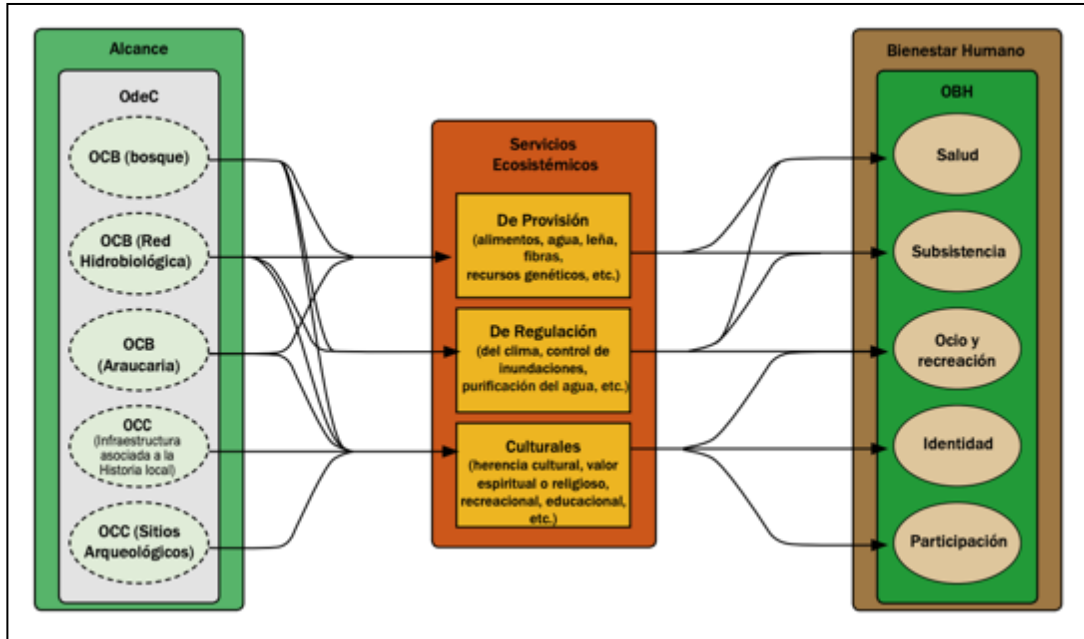
Objetos de conservación biológica (OCB): Estos son entidades concretas y tangibles que representan y abarcan los objetivos finales del proyecto. Ellos forman la base para establecer metas, seleccionar acciones y medir la efectividad. Estos OCB pueden constituir especies, conjuntos de especies (ensambles o comunidades) o ecosistemas que representan la biodiversidad a conservar en un área protegida.

Objetos de conservación cultural (OCC): Junto con proteger ecosistemas representativos y especies de flora y fauna asociada, preservar el patrimonio cultural también es prioritario. Existen OCC tangibles (sitios arqueológicos o historiografía) y OCC intangibles

(conocimientos, tradiciones orales, rituales, relatos locales, mitos y leyendas, toponimia, etc.).

Objetos de bienestar humano (OBH): Se centran en aquellos componentes del bienestar humano afectados por el estado de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados. Elementos relevantes del bienestar humano pueden incluir medios de vida, salud, cohesión social, seguridad y gobernanza.

Figura N° 27. Interacción de los distintos tipos de OdC a través de los servicios ecosistémicos



Fuente: CONAF, 2015

La Figura N° 27 (CONAF, 2015) muestra un modelo conceptual que ejemplifica como estos tres OdC se relacionan y complementan. El modelo conceptual se construye usando la siguiente estructura: objetos de conservación biológica y cultural vinculados con objetos de bienestar humano por medio de servicios ecosistémicos, donde los objetos de bienestar humano se sitúan a la derecha de los objetos de conservación, mientras que las amenazas de los objetos de conservación se sitúan a la izquierda de éstos (CONAF, 2015; 88).

Es importante tener en cuenta que los objetos de conservación biológica (OCB) pueden ser de filtro grueso y filtro fino. Los OCB de filtro grueso, constituyen ecosistemas y comunidades, las cuales al ser conservadas son capaces de cubrir las necesidades de conservación de diversas especies. Mientras que los OCB de filtro fino incluyen especies y grupos de especies (ensambles, gremios, etc.), cuyas necesidades de conservación no son abarcadas por los objetos de filtro grueso.

El proceso de identificación de los OdC del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui se desarrolló en dos etapas. Una primera etapa de carácter interno, en la que el equipo consultor, a través de una revisión exhaustiva de toda la literatura científica y técnica referente al humedal Tubul-Raqui, publicada post terremoto del 2010, identificó cinco OCB -de filtro fino y grueso- que daban cuenta de la riqueza y diversidad biológica del área. En resumen, durante esta fase interna se identificaron los siguientes OdC:

1. Comunidades de Spartina Densiflora
2. Cuerpos de agua
3. Aves acuáticas
4. Comunidades de anfibios
5. Planos lodosos

Igualmente, el equipo consultor, a través de un análisis de la literatura, así como de los resultados de las entrevistas semiestructuradas y encuesta aplicada a actores clave durante mayo-agosto del año 2020, identificó cuatro OCC y OBH. Estos fueron:

1. Sitios arqueológicos
2. Sitios paleontológicos
3. Sitios de significación cultural Mapuche
4. Extracción de recursos bentónicos y peces en el humedal Tubul-Raqui

Esta propuesta de nueve OdC fue presentada en el Taller N° 2 del proceso participativo para la declaratoria del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, desarrollado de manera online el día 28/10/20 (ver capítulo 10 para mayor detalle de este proceso). Una vez presentados los OdC se procedió a una votación para poder seleccionar 3 objetos de cada set. Los resultados fueron los siguientes:

Objetos de Conservación Biológica	Resultados	Objetos de conservación Cultural y de Bienestar Humano	Resultados
Cuerpos de Agua	23 ✓	Sitios arqueológicos	21 ✓
Comunidades de Spartina Densiflora	12 ✓	Sitios paleontológicos	15 ✓
Aves acuáticas	17 ✓	Sitios de significación cultural	22 ✓
Planicies lodosas	11	Extracción recursos bentónicos y peces	12
Anfibios	11		

Durante una serie de talleres y reuniones presenciales con distintas organizaciones comunitarias, realizados durante el mes de noviembre del 2020 en el pueblo de Tubul (Escuela Básica Brisas del Mar), se generó un espacio de discusión y análisis que derivó en los siguientes acuerdos: 1) combinar los OCC de sitios paleontológicos y arqueológicos, (considerando que las amenazas que afectan ambos OCC son similares), 2) inclusión de las comunidades de anfibios como OCB, 3) inclusión de la extracción de recursos bentónicos y peces como OBH, 4) remplazo del concepto de “sitios de significación cultural Mapuche” por “espacios de significación espiritual y cultural Mapuche”, en donde la totalidad de la marisma o “Mellin” en entendida como un espacio sagrado; de significación cultural y espiritual para las comunidades Lafkenches del territorio. De esta forma, el listado definitivo de OdC para el Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui son los siguientes:

Objetos de Conservación Biológica:

1. Cuerpos de Agua
2. Comunidades de *Spartina Densiflora*
3. Aves acuáticas
4. Anfibios

Objetos de conservación Cultural y de Bienestar Humano:

1. Sitios arqueológicos y paleontológicos
2. Espacios de significación cultural y espiritual Mapuche
3. Extracción recursos bentónicos y peces

5.1.1. Comunidades de *Spartina Densiflora*

IMPORTANCIA

- Superficie 1.908 hectáreas
- Comunidades que cubren gran parte de la marisma, dominadas por plantas vasculares, casi todas halofitas
- Los espartales son claves para la conservación del Humedal
- *Spartina densiflora*, especie ingeniera, que modela la estructura de los hábitats acuáticos (Valdovinos et al., 2012)
- En los espartales se genera un sedimento denominado detritus, que alimenta cadenas tróficas acuáticas y terrestres

ESPECIES ANIDADAS

- *Spartina densiflora*
- *Sarcocornia fruticosa*
- Pastizales (*Cotula coronopifolia*,
- *Polygonum persicaria*, etc.)
- Aves acuáticas
- Lagartijas
- Jaiba estuarina en estado juvenil (*Hemigrapsus crenulatus*)

Imagen 1. Comunidades de *Spartina densiflora* humedal Tubul-Raqui



Fuente: Manuela Erazo y Colectivo Baguales (2020)

5.1.2. Cuerpos de agua

IMPORTANCIA:

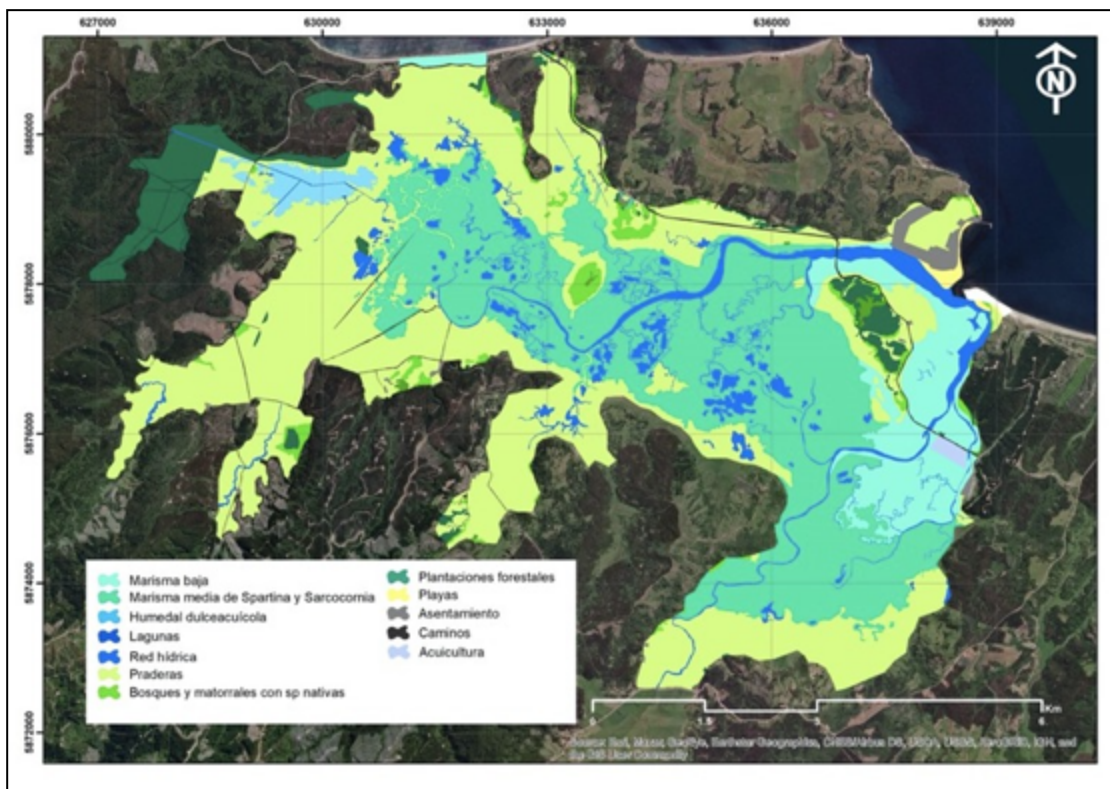
- Superficie de 347,1 hectáreas
- Sistemas de agua dulce y salina con una alta productividad biológica
- Río Tubul, curso de 17 a 19 km
- Río Raqui, curso 15 km
- Estero Las Peñas
- Estuario, unión de ambos ríos
- Humedales dulceacuícolas

- Pozas salinas y canales de marea
- Los cuerpos de agua constituyen hábitat para diversas especies de flora y fauna
- Fuente de agua

ESPECIES ANIDADAS

- Microalgas (diatomeas)
- Pelillo (*Gracilaria chilensis*)
- Zooplancton estuarino
- Invertebrados bentónicos
- Peces (róbalo, lisa, puye, trucha arcoíris, etc)
- Aves acuáticas
- Juncales y totorales (humedales dulceacuícolas)
- Anfibios (sapito de cuatro ojos, sapo antifaz)

Figura N° 28. Cuerpos de agua presentes en el humedal Tubul-Raqui





Imágenes Nº 2 y 3. Río Tubul (izquierda) y canales, pozas y humedales dulceacuícolas (derecha).
Fuente: Colectivo Baguales (2020).

5.1.3. Aves acuáticas

IMPORTANCIA

- El ensamble de aves del Humedal Tubul-Raqui, está compuesto por 99 especies.
- 13 se encuentran en alguna categoría de conservación.
- 46 especies (47,4% del total) son consideradas aves acuáticas (incluyendo aves playeras).
- Ofrecen servicios ecosistémicos: culturales (recreación y turismo, valores estéticos, valores espirituales y religiosos), sostenimiento (ciclo de nutrientes) y regulación (control de plagas).

ESPECIES ANIDADAS

- Aves playeras (Charadriiformes)
- Cisnes y patos (Anseriformes)
- Taguas y pidenes (Rallidae)
- Gaviotas y gaviotines (Laridae).



Imágenes Nº 4, 5, 6 y 7. Zarapito común (*Numenius phaeopus*), playero vuelve piedras (*Arenaria interpres*), playero grande (*Tringa semipalmata inornata*), playero blanco (*Calidris alba*). Fuente: Cristóbal Pizarro y Heraldo Norambuena (2020).



Imágenes Nº 8 y 9. Cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y trile (*Agelasticus thilius*). Fuente: Felipe Roa (2020)



Imagen Nº 10. Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y quelltehues (*Vanellus chilensis*). Fuente: Lorena Riveros (2018).

5.1.4. Comunidades de anfibios

IMPORTANCIA

- Los anfibios son importantes bioindicadores de la calidad ambiental, al ser altamente sensibles a impactos en sus hábitats.
- Son componentes clave en las tramas tróficas, son presas y depredadores en los ecosistemas.
- Son los vertebrados más amenazados en el mundo, por lo que la protección de sitios que mantengan sus poblaciones viables es clave
- Son fáciles de monitorear.

ESPECIES ANIDADAS

- Sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*)
- Sapito de antifaz (*Batrachyla taeniata*)

5.2. Objetos de Conservación Cultural y de Bienestar Humano

5.2.1. Sitios arqueológicos y paleontológicos

IMPORTANCIA

- Patrimonio cultural ancestral
- Alta significación para la cosmovisión e historia del pueblo Lafkenche
- Sitios arqueológicos de alto valor científico
- Poblamiento de la zona
- Paleontología y entendimiento del clima
- Solape con sitios de significación cultural y social actuales
- Potencial para turismo científico

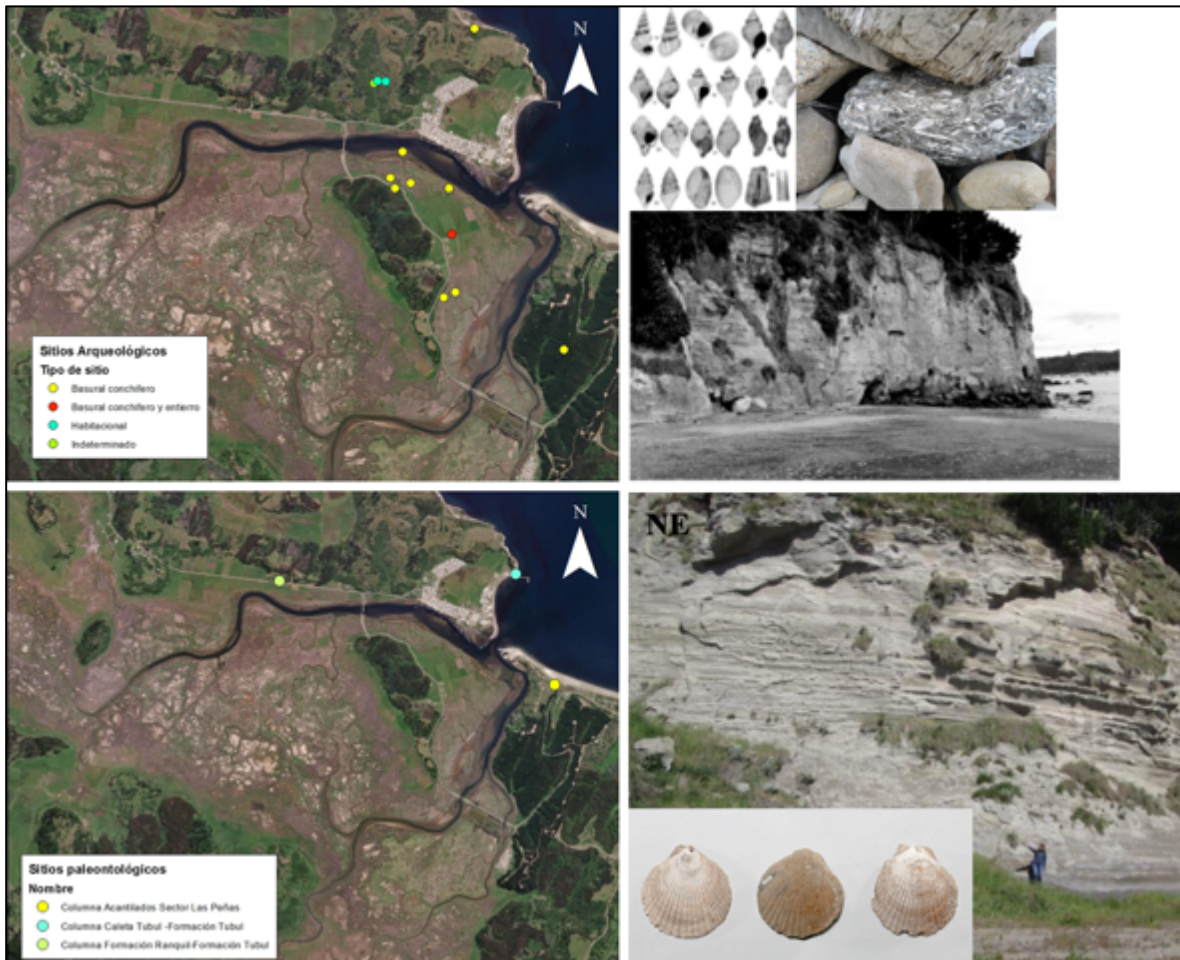
RECURSOS PALEONTOLÓGICOS Y ARQUEOLÓGICOS AGRUPADOS

Yacimientos fosilíferos

- Columnas Acantilados Las Peñas
- Columnas Caleta Tubul

Sitios arqueológicos

- Conchales
- Sitios habitacionales
- Mortuorios (entierros, ritos fúnebres, 1200-750 AP)



Imágenes Nº 11, 12, 13 y 14. Mapas sitios arqueológicos y paleontológicos en el área del humedal Tubul-Raqui. Imágenes sitios paleontológicos sector Caleta Tubul y Sector Las Peñas. Fuente: Elaboración propia (mapas), Vargas (2019), Museo de Historia Natural de Concepción.

5.2.2. Actividades de extracción de recursos bentónicos y peces

IMPORTANCIA

- Hasta el 2010, la principal actividad desarrollada en el Humedal era el cultivo del pelillo
- La actividad empleaba alrededor de 1.500 personas, entre hombres y mujeres
- Modelo de manejo del alga: experiencia exitosa de gestión y desarrollo comunitario, donde los beneficios económicos eran distribuidos equitativamente (socios AG-Tubul)
- Concesión acuícola 187,76 ha
- Se inicia alrededor del año 1968, con una cooperativa



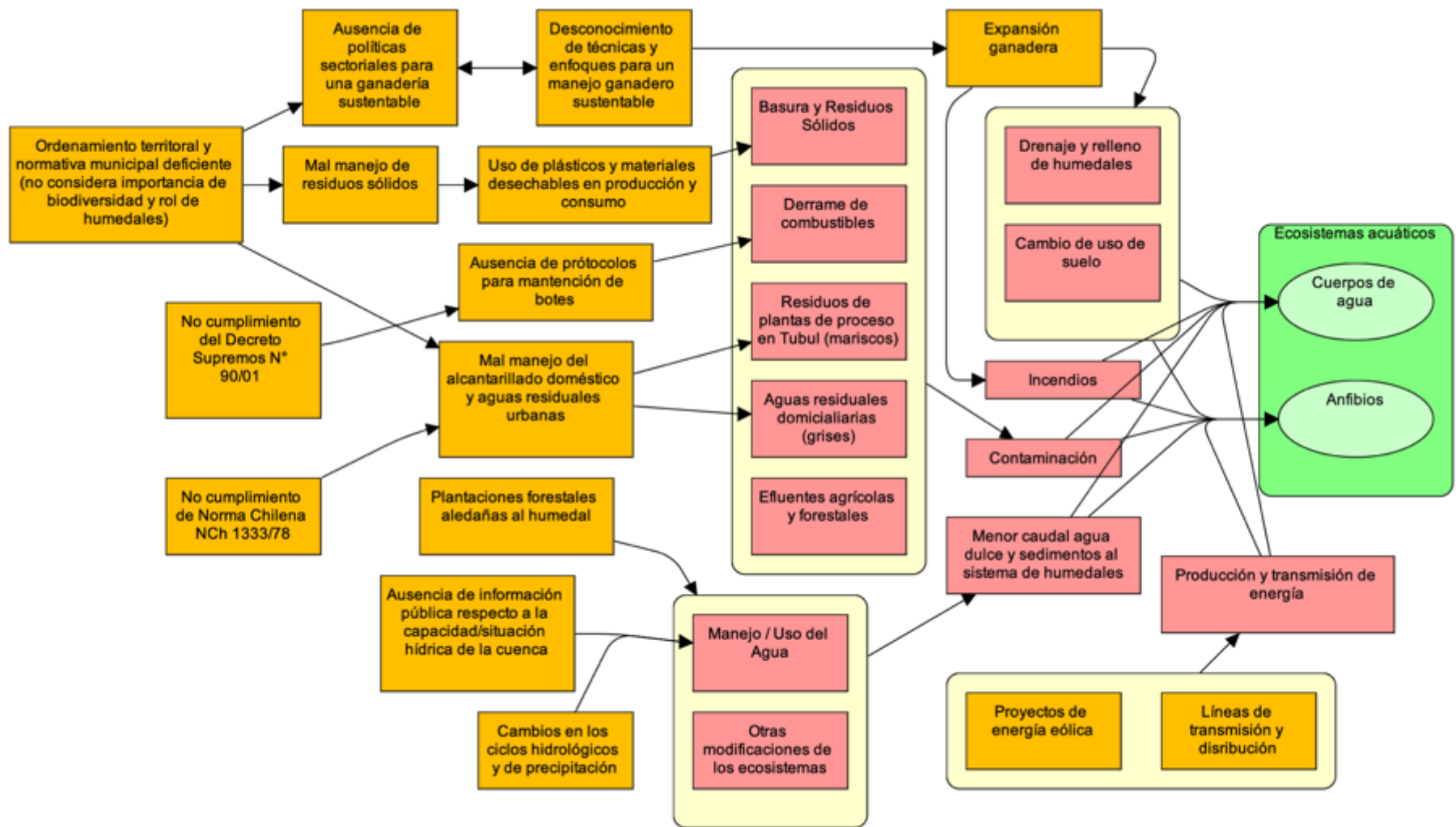
Imágenes N° 15 y 16. Actividades de extracción del pelillo (*Gracilaria chilensis*) en humedal Tubul-Raqui



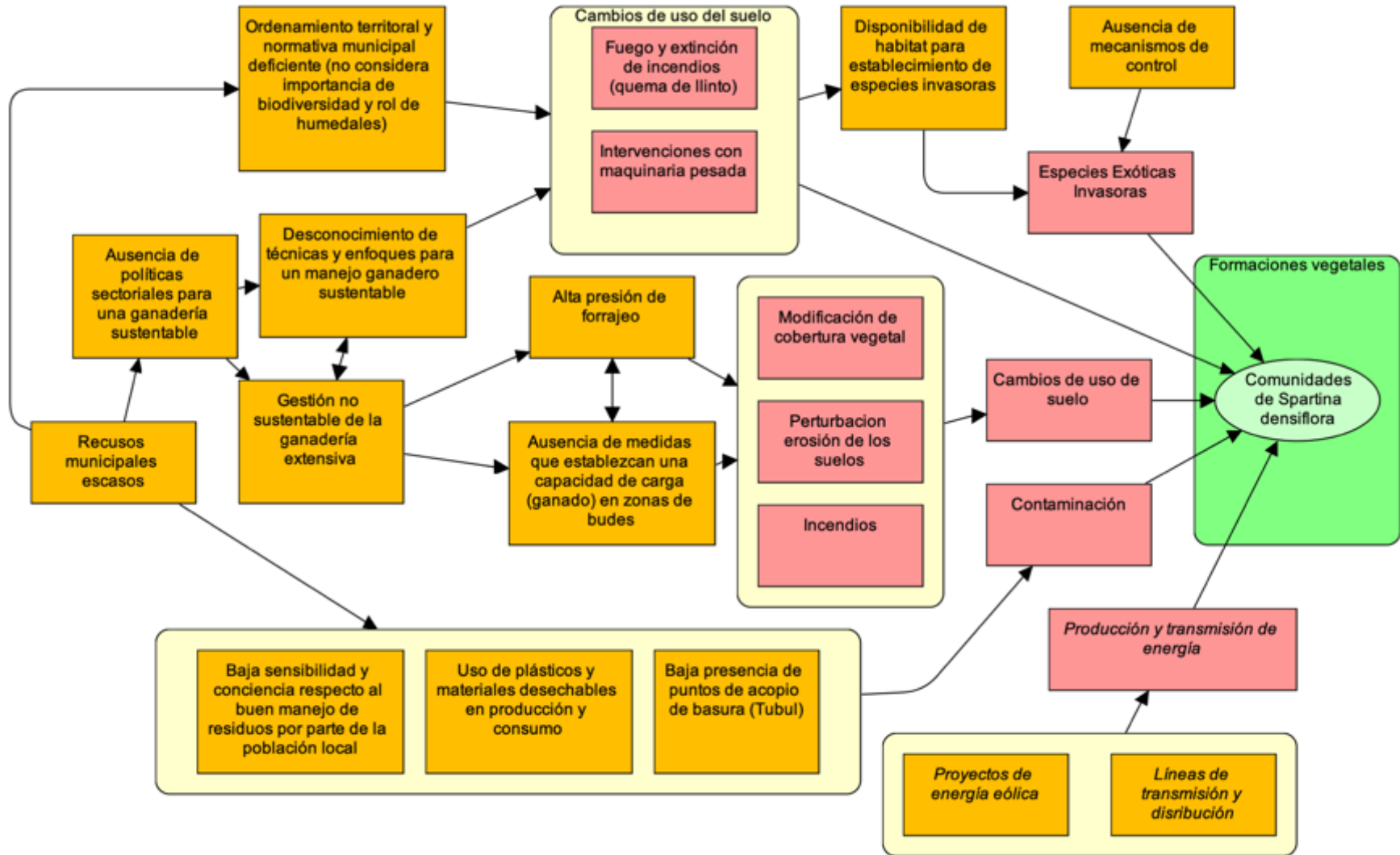
Imagen N° 17. Concesión acuícola de 187,76 hectáreas para cultivo y extracción de pelillo, administrada por la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales de Tubul

6. PRESIONES Y AMENAZAS SOBRE EL AREA PROPUESTA Y LOS OBJETOS DE CONSERVACIÓN

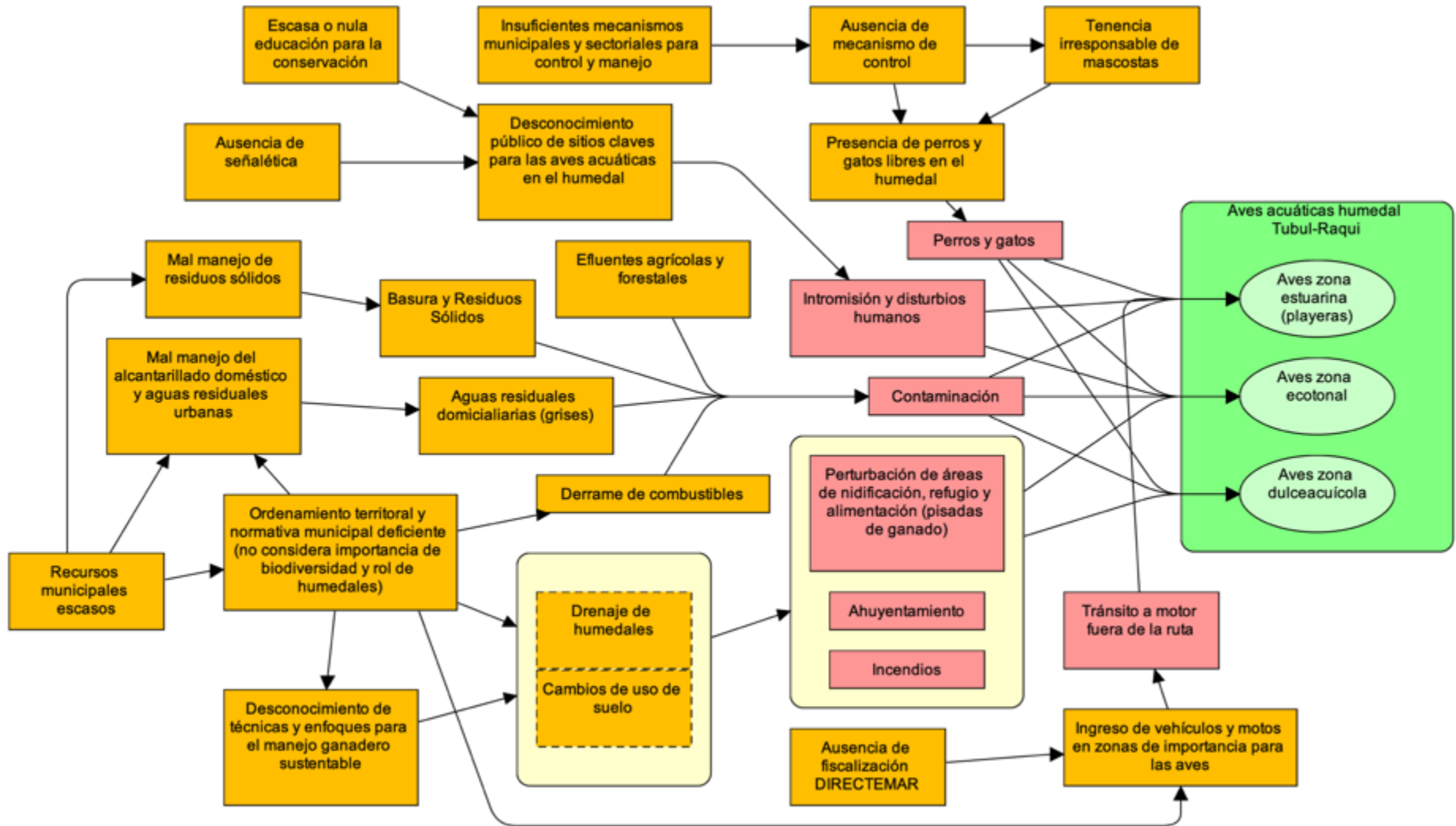
6.1. Amenazas sobre Objetos de Conservación Biológica Cuerpos de Agua y Anfibios



6.2. Amenazas sobre Objeto de Conservación Biológica Comunidades de *Spartina densiflora*



6.3. Amenazas sobre Objeto de Conservación Biológica Aves Acuáticas



7. GESTIÓN DEL ÁREA PROPUESTA

7. 1. Personas e instituciones responsable(s) de la gestión y administración de Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui

La gestión de un área protegida tiene directa relación con los asuntos relacionados con la gobernanza y los mecanismos de toma de decisión, para poder alcanzar los objetivos de conservación del área. La gobernanza fue un concepto clave que articuló la mayor parte de los diálogos y las conversaciones que se generaron durante la fase participativa de esta iniciativa de declaración del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui. En particular de las instancias participativas destinadas a definir -de manera preliminar- qué tipo de gobernanza debería tener un futuro Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, quiénes deberían ser parte de la toma de decisiones y cuáles deberían ser los objetivos de un futuro Plan de Manejo del área protegida. Para tal efecto se desarrollaron dos actividades de consulta, una de carácter online, y otra de carácter presencial en la localidad de Tubul.

Existen múltiples definiciones del concepto de gobernanza. La gobernanza comúnmente se relaciona con principios estratégicos de gobierno, políticas públicas, normativas, leyes y regulaciones. Igualmente, la gobernanza puede ser entendida como las interacciones público-privadas destinadas a resolver problemas en común, así como las estructuras, procesos e interacciones a través de las cuales las sociedades distribuyen el poder (Kooiman & Bavinck, 2005; Estévez et al., 2019). De acuerdo con Borrini-Feyerabend et al. (2014), en una publicación para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza la gobernanza se define como “las interacciones entre estructuras, procesos y tradiciones que determinan cómo son ejercidos el poder y las responsabilidades, cómo se toman las decisiones y cómo tienen voz los ciudadanos y otros interesados”.

Por otra parte, resulta fundamental establecer distinciones entre la gobernanza y el manejo de un área protegida. La gobernanza tiene relación con quiénes toman las decisiones, cómo las toman, cómo se asignan recursos y cómo se rinden cuentas, mientras que el manejo corresponde a los recursos, planes y acciones que son el producto de la gobernanza (Borrini-Feyerabend et al., 2014).

La UICN reconocen cuatro tipos generales de gobernanza de áreas protegidas, definidos sobre la base de quién detenta la autoridad, la responsabilidad y rinde cuentas por las decisiones fundamentales para las áreas protegidas (Borrini-Feyerabend et al., 2014; p. 25).

Tabla N° 18. Tipos de gobernanza según IUCN

Tipo de gobernanza	Subtipos
Tipo A. Gobernanza por parte del gobierno	<ul style="list-style-type: none"> • Ministerio o agencia federal o nacional a cargo • Ministerio o agencia subnacional a cargo (ej. en los niveles regional, provincial, municipal) • Gestión delegada por el gobierno (ej. a una ONG)
Tipo B. Gobernanza compartida	<ul style="list-style-type: none"> • Gobernanza transfronteriza (acuerdos formales entre uno o más Estados soberanos o territorios) • Gobernanza en colaboración (a través de las diversas formas en las cuales distintos actores e instituciones trabajan juntos) • Gobernanza conjunta (junta plural u otro organismo conformado por múltiples partes)
Tipo C. Gobernanza privada	<p>Áreas conservadas establecidas y administradas por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propietarios individuales • Organizaciones sin ánimos de lucro (ej. ONGs, Universidades públicas) • Organizaciones con animo de lucro (ej. propietarios corporativos, cooperativas)
Tipo D. Gobernanza por parte de pueblos indígenas y comunidades locales	<ul style="list-style-type: none"> • Territorios y áreas conservados por pueblos indígenas-establecidos y administrados por pueblos indígenas • Territorios y áreas conservados por comunidades – establecidos y administrados por comunidades locales

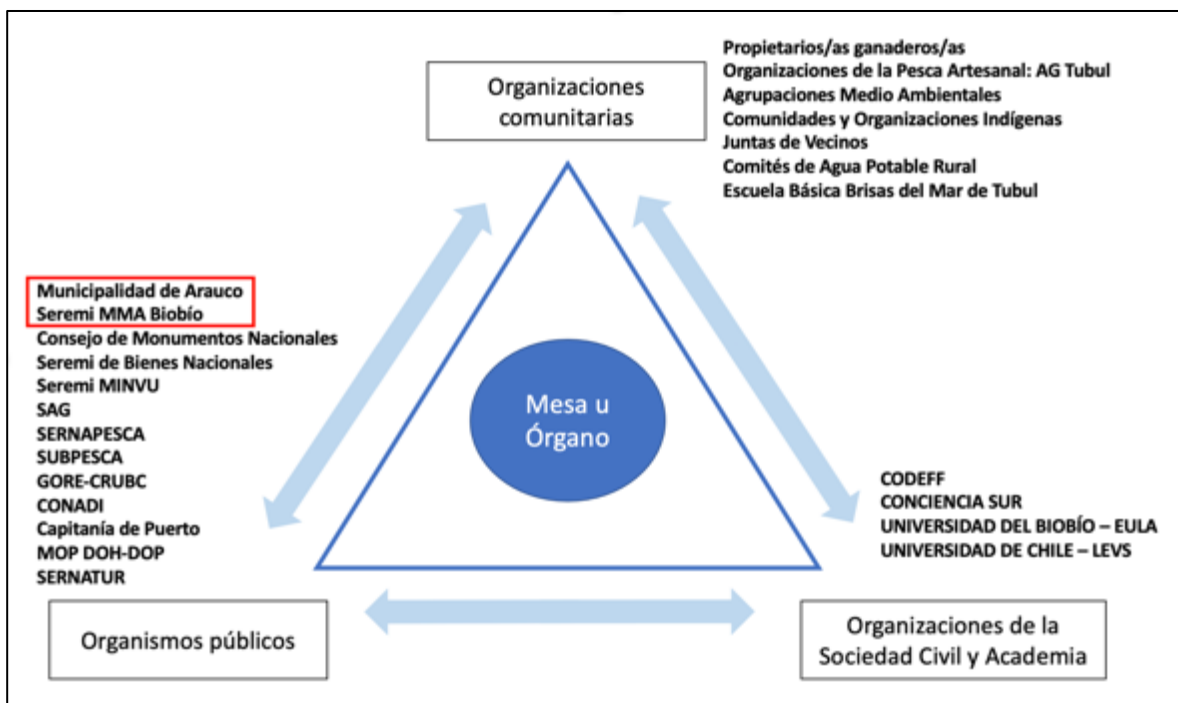
Fuente: Borrini-Feyerabend et al., 2014

En las distintas instancias participativas destinadas a responder de manera preliminar preguntas en torno a la gobernanza y la administración/gestión del área postulada como Santuario de la Naturaleza, emergió un consenso claro respecto a instalar un modelo de gobernanza de tipo B o Gobernanza Compartida. Sin embargo, no hubo un acuerdo explícito, respecto si esta gobernanza compartida debía ser una gobernanza en colaboración o bien una gobernanza conjunta. Se indicó la necesidad de generar una plataforma transversal y plural, conformada por tres estamentos: 1) organizaciones comunitarias locales, 2) organismos públicos y 3) organizaciones de la sociedad civil y academia. La idea central que manifestaron los participantes en ambas instancias de consulta, fue la necesidad de generar una labor coordinada entre los distintos estamentos involucrados, homologando un “trabajo en red”. Se indicó también la necesidad de posicionarse desde un enfoque ecosistémico para proteger y resguardar los valores ecológicos y culturales del Santuario de la Naturaleza. También se señaló la importancia de

la experiencia en temáticas de manejo que tiene la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales, en particular en cuanto a la Concesión Acuícola que administra. Las comunidades Lafkenches también indicaron la necesidad de incorporar a la gobernanza y la gestión del área, aquellos elementos rectores de la cosmovisión Mapuche, que apuntan a una mirada integral de las dimensiones humanas y de la naturaleza.

Como resultado de este diálogo es posible presentar una estructura de gobernanza compartida que responde a la siguiente forma:

Figura Nº 29. Estructura de gobernanza preliminar para el Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui



Estos tres estamentos, que componen la estructura de gobernanza del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui propuesto, deberían cumplir con las siguientes atribuciones.

Organizaciones comunitarias: Estas organizaciones o grupos sociales, con presencia/injerencia directa en el área de influencia del humedal Tubul-Raqui asumirán un rol clave en todos los aspectos gobernanza (procesos de toma de decisión), pero también de manejo y gestión del Santuario propuesto. Las organizaciones comunitarias locales y los grupos sociales (como el caso de los/as propietarios/os del humedal, que no se agrupan bajo una organización gremial) cumplirán un rol relevante en la elaboración de los lineamientos estratégicos y de las acciones necesarias para cumplir con los objetivos del

Plan de Manejo de un futuro Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui. Igualmente, este estamento liderará, con la asesoría y apoyo de los otros estamentos, la implementación y la evaluación de las actividades planteadas para alcanzar los objetivos del Plan de Manejo. Cabe destacar aquí el rol que va jugar la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales del Tubul (AG-Tubul), quienes en la actualidad legalmente administran 187,76 hectáreas de los cuerpos de agua del humedal Tubul-Raqui (que suman 347 hectáreas) bajo la figura de una concesión acuícola para el cultivo del alga *Gracilaria chilensis* (pelillo).

Se establece que la AG-Tubul continuará teniendo total injerencia sobre estas 187,76 hectáreas, dictaminando de forma autónoma toda acción que se desarrolle en estos cuerpos de agua. Es decir, ambas figuras, la de Santuario de la Naturaleza y la de Concesión Acuícola coexistirán de manera equilibrada, sin anteponerse la una sobre la otra. Cabe destacar que la AG-Tubul ha jugado un rol histórico en la localidad de Tubul, y otras como las Peñas, pues por décadas manejó de manera exitosa el alga pelillo. Este éxito se explica por el diseño de normas autoimpuestas que aseguraron el uso sustentable del pelillo (y la protección de los hábitats donde el alga crecía), así como la generación de beneficios socioeconómicos (post-cosecha y venta) sin precedentes para las comunidades pelilleras del humedal, los que se distribuían con una lógica de equidad y protección social.

Otro antecedente, para efectos de la administración del Santuario de la Naturaleza, es la necesidad de que este estamento, compuesto por una diversidad de organizaciones y grupos sociales de carácter local, debería constituirse como una entidad con personalidad jurídica, ya sea una corporación sin fines de lucro o bien una fundación.

Organismos públicos: Los organismos públicos, según lo discutido en las instancias participativas, tendrán un rol fundamental como articuladores, pero también como un estamento de asistencia y apoyo (técnico y legal). Resulta necesario hacer la distinción entre los organismos públicos con influencia directa en los asuntos de un futuro Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, como la Municipalidad de Arauco y la Seremi del Medio Ambiente de la región del Biobío. Bajo este contexto se propone que el Municipio asuma un rol articulador, sobre todo durante los primeros años, en tanto que representante del gobierno local en la mesa u órgano. Se propone también que el Municipio actúe inicialmente como promotor de proyectos públicos orientados al fortalecimiento y protección de Santuario de la Naturaleza, posibilitando el uso de la infraestructura comunitaria para las actividades relacionadas. Igualmente se discutió la necesidad de que la Municipalidad de Arauco genere una ordenanza municipal orientada a la protección de

los humedales comunales¹¹. Respecto a la Seremi del Medio Ambiente, que tiene la custodia de la Santuarios de la Naturaleza (Praus et al., 2011), se indica que debería ser una plataforma de apoyo en todas las actividades de tendientes a la conservación del área protegida, buscando a su vez una coherencia entre estas acciones y el marco nacional de políticas públicas para la conservación de la biodiversidad. Se espera también que la Seremi del Medio Ambiente asesore y apoye al estamento compuesto por organizaciones locales en la postulación a fondos de financiamiento, para la ejecución de los distintos programas que compondrán el Plan de Manejo. El Consejo de Monumentos Nacionales y el Ministerio de Bienes Nacionales también son instituciones públicas de gran relevancia para la gobernanza del Santuario de la Naturaleza propuesto¹².

Los otros servicios públicos y secretarías regionales ministeriales, que manifiestan una relación menos directa con los asuntos del Santuario de la Naturaleza propuesto (ver Figura Nº 29), contribuirán a través de un rol de asesoría legal y técnica, sustentando estas asesorías en los marcos normativos vigentes y los estudios técnicos generados por cada repartición, lo que ayudará a optimizar la gobernanza y la gestión del Santuario de la Naturaleza propuesto.

Organizaciones de la sociedad civil y Academia: Las organizaciones de la sociedad civil, CODEFF y Conciencia Sur, que han participado activamente de las múltiples reuniones y talleres participativos, se han mostrado dispuestas a apoyar los aspectos de gestión y manejo del área protegida mediante asesorías científicas y técnicas a las comunidades y organizaciones locales. Lo anterior buscando que las estrategias y actividades destinadas a cumplir con los objetivos de conservación se sustenten en la mejor información y evidencia disponible. Este mismo rol asesor deberían tener los centros y laboratorios que han desarrollado trabajos científicos en el área, con el Centro EULA de la Universidad de Concepción y el Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS) de la Universidad del Chile.

¹¹ Los y las participantes de los talleres señalan que la oportunidad que representa el recientemente publicado Reglamento de la Ley Nº 21.202 que establece los criterios mínimos para la sustentabilidad de los humedales urbanos. Si bien el humedal Tubul-Raqui está situado en una zona rural, muchos de los criterios mínimos planteados en el Reglamento, aplican para la gestión sustentable de todos los humedales, indistintamente de su localización urbano/rural.

¹² De acuerdo con la Ley 17.288, al Consejo de Monumentos Nacionales le corresponde pronunciarse dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), ante cualquier proyecto, programas o actividades que busquen establecerse al interior de los Santuarios de la Naturaleza. Por otra parte, el Ministerio de Bienes Nacionales, mediante el Decreto 454, figura como el destinatario del Bien Nacional Protegido Isla Raqui-Tubul de 350 hectáreas, cuyo objetivo es *“la protección del ecosistema humedal costero tipo estuario, hábitat de aves en peligro como *Cygnus melancrypha* y *Coscoroba coscoroba* y hábitat de aves migratorias como *Rynchops níger* y *Numenius phaeopus*”*.

7.2. Plan de Manejo preliminar del área propuesta como Santuario de la Naturaleza

Objetivos: Proteger, conservar y recuperar los valores ecológicos y culturales del área propuesta como Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, reflejados en los objetos de conservación identificados, a través de una estructura de gobernanza compartida y un enfoque de manejo ecosistémico.

Objetivos específicos:

1. Diseñar e implementar una estructura administrativa para el Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, indicando un organigrama, con responsabilidades y compromisos. Esto supone definir la estructura administrativa para gestionar el área.
2. Elaborar estrategias y actividades que permitan alcanzar los objetivos de protección y restauración de los Objetos de Conservación (biológicos, culturales y de bienestar humano) del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui.
3. Generar una plataforma que entregue a las y los residentes de zonas adyacentes al humedal, conocimientos, recursos y metodologías para apreciar y comprender mejor los valores ecológicos y culturales del Santuario de la Naturaleza, incrementando la participación de las comunidades en la generación de conocimiento científico asociado al humedal Tubul-Raqui.
4. Desarrollar espacios de promoción del patrimonio biocultural asociado al humedal Tubul-Raqui, entendiendo el patrimonio biocultural de un territorio como el resultado de relaciones biológicas y sociales a largo plazo, que configuran las características biológicas y materiales del paisaje y también la memoria, la experiencia y el conocimiento.
5. Diseñar e implementar un sistema de fiscalización y monitoreo activo del área protegida, con el propósito de minimizar presiones y amenazas (directas e indirectas) sobre los Objetos de Conservación, monitoreando sistemáticamente el estado de estos.
6. Desarrollar infraestructura y equipamiento para fortalecer la protección y restauración de los Objetos de Conservación, pero también los objetivos de promoción del patrimonio biocultural, de fiscalización y monitoreo del Santuario de la Naturaleza.



Programa de Administración:

Objetivo: Diseñar e implementar una estructura administrativa para el Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui, indicando un organigrama, con responsabilidades y compromisos. Esto supone definir qué estructura administrativa se empleará para gestionar el área.

Actividades:

1. Diseño de una entidad administradora del área, responsable de gestionar las actividades asociadas al área protegida (corporación, fundación, etc.)
2. Elaboración de los estatutos de la entidad administradora.
3. Definición de los sistemas administrativos y de gestión financiera.
4. Diseño e implementación de una estrategia de recaudación de fondos públicos y privados para el financiamiento de los programas del Plan de Manejo.
5. Identificación de los requerimientos de capacitación y formación para la debida administración y ejecución de actividades asociadas al área protegida.

Programa de Conservación y Restauración Ambiental

Objetivo: Elaborar estrategias y actividades que permitan alcanzar los objetivos de protección y restauración de los Objetos de Conservación (biológicos, culturales y de bienestar humano) del Santuario de la Naturaleza Humedal Tubul-Raqui.

Actividades:

- Diseño y ejecución de estrategias de mitigación y reducción de amenazas directas - y sus factores contribuyentes- para cada Objeto de Conservación identificado.
- Generación de un estudio hidrográfico de la cuenca, para medir el estrés hídrico, los caudales y la calidad de las aguas de los ríos Tubul y Raqui. Este estudio servirá como línea base para las actividades de monitoreo hidrológico que se mencionarán más adelante.
- Elaboración de una estrategia de restauración ecológica en las zonas con mayores niveles de intervención y degradación al interior del Santuario de la Naturaleza.
- Implementación efectiva de la zonificación del Santuario de la Naturaleza, mediante el control de toda actividad de uso que se pretenda desarrollar en ellas.
- Establecimiento de una mesa de trabajo con productores ganaderos con el objetivo de generar un protocolo o “guía” para alcanzar una ganadería bovina sustentable en el humedal Tubul-Raqui. Protocolo que genere a su vez beneficios económicos y posibilidades de certificación a los pequeños productores de la zona.

Programa de Educación Ambiental, Ciencia Ciudadana e Investigación

Objetivo: Generar una plataforma que entregue a las y los residentes de zonas adyacentes al humedal, conocimientos, recursos y metodologías para apreciar y comprender mejor los valores ecológicos y culturales del Santuario de la Naturaleza, incrementando la participación de las comunidades en la generación de conocimiento científico asociado al humedal Tubul-Raqui.

Actividades:

- Identificar el potencial educativo e interpretativo de los valores naturales y culturales del humedal Tubul-Raqui, considerando su significado, belleza escénica y fragilidad.
- Establecimiento de un modulo de educación ambiental en la Escuela Básica Brisas del Mar.

- Establecimiento de un módulo de educación ambiental con organizaciones comunitarias, vecinas y vecinos de localidades aledañas al humedal Tubul-Raqui.
- Generación de alianzas con organizaciones de la sociedad civil como CODEFF, Conciencia Sur y la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre, así como centros académicos (EULA y LEVS) para apoyo técnico en la generación de contenidos para los módulos educativos.
- Elaboración de un programa de actividades para salidas a terreno en el humedal, con fines a desarrollar instancias interpretativas de los valores ecológicos y culturales del humedal (observación de aves, visitas a sitios arqueológicos, etc.).
- Elaboración de un programa de actividades para salidas a terrenos orientadas a desarrollar conteos de aves, censos de vegetación, toma de muestras, y otras actividades de monitoreo del estado de los Objetos de Conservación.

Programa de Promoción del Patrimonio Natural y Cultural y del Turismo Sustentable

Objetivo: Desarrollar espacios de promoción del patrimonio biocultural asociado al humedal Tubul-Raqui, entendiendo el patrimonio biocultural de un territorio como el resultado de relaciones biológicas y sociales a largo plazo, que configuran las características biológicas y materiales del paisaje y también la memoria, la experiencia y el conocimiento.

Actividades:

- Desarrollo de instancias de consulta y diálogo entre organizaciones y actores sociales locales, respecto a las prácticas, conocimientos tradicionales, memoria e identidad asociada al humedal Tubul-Raqui.
- Desarrollo de estrategias de protección y puesta en valor de los sitios arqueológicos, sitios paleontológicos, espacios de significación cultural Mapuche y actividades históricas de recolección de recursos bentónicos y de peces en el humedal.
- Incorporación de estas estrategias de protección y puesta en valor de los Objetos de Conservación en un plan de desarrollo de turismo sustentable y de intereses especiales para el Santuario de la Naturaleza.
- Coordinación con organismos públicos (SERNATUR) y otros actores con experiencia en el ámbito patrimonial y ecoturístico para el desarrollo de un plan de turismo sustentable y de intereses especiales para el Santuario de la Naturaleza.

Programa de Fiscalización y Monitoreo

Objetivo: Diseñar e implementar un sistema de fiscalización y monitoreo activo del área protegida, con el propósito de minimizar presiones y amenazas (directas e indirectas) sobre los Objetos de Conservación, monitoreando sistemáticamente el estado de estos.

Actividades:

- Identificación de indicadores de sustentabilidad (o estado deseado) para cada Objeto de Conservación, con el objetivo de tener parámetros específicos, independientes, medibles y relevantes para monitorear el estado de cada ODC.
- Establecimiento de un sistema de seguimiento sistemático de los indicadores identificados para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo, a fin de desarrollar ajustes y mejoras.
- Diseñar e implementar un plan específico de seguimiento de avifauna, con el fin de monitorear aspectos como diversidad y riqueza específica, así como el comportamiento, reproducción, alimentación y dinámicas de migración de sus poblaciones.
- Diseñar e implementar un plan específico de monitoreo hidrológico, para hacer seguimiento del caudal, calidad de las aguas y los niveles de contaminación de los ríos Tubul-Raqui.
- Alineación de las actividades de monitoreo, con las del Programa de Educación Ambiental, Ciencia Ciudadana e Investigación.
- Conformación de un comité de vigilancia, dotarlo de objetivos, rol, personal y responsabilidades.
- Coordinación con organismos públicos sectoriales a cargo de labores de vigilancia y fiscalización de cumplimiento de normativas (SAG, SERNAPESCA, DIRECTEMAR, DGA, etc.).
- Generación de alianzas con organizaciones de la sociedad civil como CODEFF, Conciencia Sur y la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre, así como centros académicos (EULA y LEVS) para apoyo técnico en las labores de monitoreo y fiscalización.

Programa de Infraestructura y Equipamiento

Objetivo: Desarrollar infraestructura y equipamiento para fortalecer la protección y restauración de los Objetos de Conservación, pero también de los objetivos de promoción del patrimonio biocultural, de fiscalización y monitoreo del Santuario de la Naturaleza.

- Generación de un inventario de los elementos/hitos naturales y culturales relevantes dentro del área, indicando su localización. Lo anterior, basándose en información emanada desde el Programa de Promoción del Patrimonio Natural y Cultural y del Turismo Sustentable, para informar el diseño y construcción de senderos, rutas y puntos de concentración e información para visitantes.
- Establecimiento estándares para el desarrollo de infraestructura acorde con la zonificación y los criterios de sustentabilidad del Santuario de la Naturaleza.
- Diseño e implementación de señalética con información sobre los valores naturales y culturales, así como de control de actividades no permitidas (en sitios de nidificación, de ingreso a zona primitiva, etc.).
- Construcción de infraestructura para administración y vigilancia del Santuario de la Naturaleza.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aylwin, J. (2002). *Tierra y Territorio Mapuche: un análisis desde una perspectiva histórico-jurídica*. Chile: Universidad de La Frontera.
- Bani, L., Baietto, M., Bottoni, L., & Massa, R. (2002). The use of focal species in designing a habitat network for a lowland area of Lombardy, Italy. *Conservation Biology*, 16(3), 826-831.
- Barbier, E. B. (2013). Valuing ecosystem services for coastal wetland protection and restoration: progress and challenges. *Resources*, 2(3), 213-230.
- Bengoa, J. (1996). *Historia del Pueblo Mapuche (Siglos IX y X)*. Ediciones SUR, Colección Estudios Históricos.
- Bravo, G. (2010). 3: 34 AM la apuesta del Amanecer: crisis y resurgimiento de las comunidades de pescadores artesanales de Tubul y Lico tras el 27/F (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile.
- Bullock, A., & Acreman, M. (2003). The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(3), 358-389.
- Carrasco, P. (2004). *Propuesta de manejo para la conservación del humedal Tubul-Raqui, VIII Región, Chile (Tesis doctoral)*. Universidad de Concepción, Chile.
- Carrasco, P. (2004). *Variaciones de la estructura del ensamble de aves a lo largo de un gradiente ambiental en el humedal Tubul-Raqui, VIII Región, Chile (Tesis doctoral)*. Universidad de Concepción, Chile.

- Cienfuegos, R., Campino, J. R., Gironás, J., Almar, R., & Villagrán, M. (2012). Desembocaduras y lagunas costeras en la zona central de Chile. *Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 21-65.
- Cisterna, K. (2017). Puesta en valor del material paleontológico del Museo de Historia Natural de Concepción proveniente de yacimientos fosilíferos de formación Quiriquina y formación Tubul. *Colecciones Digitales, Subdirección de Investigación Dibam*.
- CONAMA (2003). *Estrategia Regional y Plan de Acción para la Biodiversidad*. VIII Región, Chile.
- CONAMA, & CEA. (2006). *Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica*. Centro de Ecología Aplicada Ltda, Comisión Nacional de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 1–114.
- Constabel, S. (1993). *Ambientes sedimentarios de los estuarios Tubul y Raqui* (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B. & Raskin, R. G. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- Cooper, J. A. (2001). Geomorphological variability among microtidal estuaries from the wave-dominated South African coast. *Geomorphology*, 40(1-2), 99-122.
- Daily, G. (1997). Introduction: what are ecosystem services. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1(1).
- Daniel, I., Degrandpre, M., & Farías, L. (2013). Estuarine, Coastal and Shelf Science Greenhouse gas emissions from the Tubul-Raqui estuary (central Chile). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 134(3), 31-44.
- Díaz-jaramillo, M, Socowsky, R., Pardo, L. M., Monserrat, J. M., & Barra, R. (2013). Biochemical responses and physiological status in the crab *Hemigrapsus crenulatus* (Crustacea, Varunidae) from high anthropogenically-impacted estuary (Lenga, south-central Chile). *Marine Environmental Research*, 83, 73-81.
- Díaz-jaramillo, Mauricio, Martins, A., Gomes, V., Bianchini, A., Maria, J., Sáez, K., & Barra, R. (2011). Science of the Total Environment Multibiomarker approach at different organization levels in the estuarine *Perinereis gualpensis* (Polychaeta; Nereididae) under chronic and acute pollution conditions. *Science of the Total Environment*, 410-411, 126-135.

- EULA (2008). Guía de manejo para terreno fiscal con alto valor en biodiversidad en la Región del Biobío. Sector humedal Tubul-Raqui. Informe técnico Centro de Ciencias Ambientales EULA, Universidad de Concepción, 143.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de síntesis World Resources Institute, Washington, DC.
- Fuentes-Ramirez, A., Pauchard, A., Marticorena, A., & Sanchez, P. (2010). Relationship between the invasion of *Acacia dealbata* Link (Fabaceae: Mimosoideae) and plant species richness in South-Central Chile. *Gayana Botánica*, 67(2), 188-197.
- Figuroa, N. (2014). Saber Ambiental en Economías Mapuche (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Figuroa, R., & Valdovinos, C. (1997). Productividad de pastizales salinos del estuario Lengua (Chile) a escala de paisaje ecológico: análisis de imágenes Landsat TM y experimentos in situ. *Bol Soc. Biol. Concepción, Chile*, 68, 7-11.
- Gedan, K., Kirwan, M., Wolanski, E., Barbier, E., & Silliman, B. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: answering recent challenges to the paradigm. *Climatic change*, 106(1), 7-29.
- Gopal, B. (2009). Biodiversity in wetlands. *The wetlands handbook*, 2, 65-95.
- Grossman, D. H., Bourgeron, P., Busch, W. D. N., Cleland, D. T., Platts, W., Ray, G., Robins, C. & Roloff, G. (1999). Principles for ecological classification. *Ecological stewardship: a common reference for ecosystem management*, vol. 2. p. 353-393.
- Hess, G. R., & King, T. J. (2002). Planning open spaces for wildlife: I. Selecting focal species using a Delphi survey approach. *Landscape and Urban Planning*, 58(1), 25-40.
- Lambeck, R. (1997). Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation: *Especies Focales: Una Sombrilla Multiespecífica para Conservar la Naturaleza*. *Conservation biology*, 11(4), 849-856.
- Leonardi, N., Defne, Z., Ganju, N. K., & Fagherazzi, S. (2016). Salt marsh erosion rates and boundary features in a shallow Bay. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 121(10), 1861-1875.
- Maltby, E., & Acreman, M. C. (2011). Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8), 1341-1359.

- Marín, A., Gelcich, S., & Castilla, J. C. (2014). Ecosystem services and abrupt transformations in a coastal wetland social-ecological system: Tubul-Raqui after the 2010 Earthquake in Chile. *Ecology and Society*, 19(1).
- Marquet, P. A., Abades, S., & Barría, I. (2012). Distribución y conservación de humedales costeros: una perspectiva geográfica. *Humedales costeros de Chile*, 1-19.
- Martínez, C., Rojas, O., Aránguiz, R., Belmonte, A., Altamirano, Á., & Flores, P. (2012). Riesgo de tsunami en caleta tubul, región del Biobío: Escenarios extremos y transformaciones territoriales posterremoto. *Revista de Geografía Norte Grande*, (53), 85-106.
- Miranda, S. I. (2018). Petrografía y proveniencia de las intrusiones clásticas de la formación Ranquil (mioceno), Península de Arauco, Región del Biobío, Chile (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Möller, I., Kudella, M., Rupprecht, F., Spencer, T., Paul, M., Van Wesenbeeck, B. & Schimmels, S. (2014). Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. *Nature Geoscience*, 7(10), 727-731.
- Moya, B. V., Hernández, A. E., & Borrell, H. E. (2005). Los humedales ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (37), 127-132.
- Müller, F., Fohrer, N., & Chicharo, L. (2015). The Basic Ideas of the Ecosystem Service Concept. *Ecosystem Services and River Basin Ecohydrology*, 7-33. Springer, Dordrecht.
- Muñoz-Pedrerros, A. & Quintana, J. (2010). Evaluación de fauna silvestre para uso ecoturístico en humedales del río Cruces, sitio Ramsar de Chile. *Interciencia*. 35. 1-9.
- Nielsen, S. N., & Valdovinos, C. (2008). Early Pleistocene mollusks of the Tubul Formation, south-central Chile. *Nautilus*, 122(4), 201.
- Pineda, V. (1986). Evolución paleogeográfica de la cuenca sedimentaria Cretácico-Terciaria de Arauco. *Geología y recursos minerales de Chile*, 1, 375-390.
- Poiani, K. A., Richter, B. D., Anderson, M. G., & Richter, H. E. (2000). Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience*, 50(2), 133-146.
- Ramírez, C., Martín, C. S., Fariña, J. M., Camaño, A., Álvarez, M., Pérez, & Valdivia, O. (2014). Coastal wetlands of the Biobío Region (Chile): A vegetation gradient and a new salt marsh prairie association. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 30(3), 233-246.

- Reyes, C. (2014). Factores de vulnerabilidad y reconstrucción posterremoto en tres localidades costeras chilenas: ¿generación de nuevas áreas de riesgo? *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 43(3), 529-558.
- Rojas, O., Zamorano, M., Saez, K., Rojas, C., Vega, C., Arriagada, L., & Basnou, C. (2017). Social perception of ecosystem services in a coastal wetland post-earthquake: A case study in Chile. *Sustainability (Switzerland)*, 9(11).
- Sánchez, C., Hauenstein, E., & Peralta, L. (2004). Determinación y caracterización botánica de hábitats mapuche del sector Zewko-Rüpükura, comuna de Nueva Imperial (IX Región, Chile). *CUHSO· Cultura-Hombre-Sociedad*, 8(1), 41-56.
- Sandoval, N., Valdovinos, C., Juan, O., & Vásquez, D. (2019). Estuarine, Coastal and Shelf Science Impacts of coseismic uplift caused by the 2010 8.8 Mw earthquake on the macrobenthic community of the Tubul-Raqui Saltmarsh (Chile). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 226(June).
- Santelices, V., & Borquez, N. (2001). Evolución de las prácticas mortuorias en el litoral de la Octava Región. *Chungará (Arica)*, 33(1), 73-78.
- Schlatter, R., & Sielfeld, W. (2006). Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales en Chile. *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*, 141-186.
- Silvertown, J. (2015). Have Ecosystem Services Been Oversold? *Trends in Ecology & Evolution*, 30(11), 641–648.
- Strahler, A. (1992). *Geología Física*. Omega Ediciones, Barcelona.
- Stuardo, J., Valdovinos, C., Figueroa, R., & Ochipinti, A. (1993). Los ambientes costeros del Golfo de Arauco y área adyacente. *Serie Monografías Científicas, Centro EULA (Chile)*, 9, 1-157.
- Stuardo, J., & Valdovinos, C. (1989). Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes de Chile central. *Ambiente y Desarrollo*, 5(1), 107-115.
- Valdovinos, C., Muñoz, M. D., Sandoval, N., Vásquez, D., & Olmos, V. (2010). Desastres naturales y biodiversidad: el caso del humedal costero tubul-raqui. *Sociedad Hoy*, (19), 33–51.
- Valdovinos, C., & Sandoval, N. (2011). Cambios ambientales del humedal Tubul-Raqui derivado del alzamiento cosísmico y tsunami, asociado al terremoto Mw 8, 8. Informe técnico de la Unidad de Sistemas Acuáticos, del Centro de Ciencias Ambientales EULA, Universidad de Concepción, Chile, 55.

- Valdovinos, C., Sandoval, N., Vásquez, D., & Olmos, V. (2012). El Humedal Costero Tubul-Raqui: Un ecosistema chileno de alto valor de conservación severamente perturbado por el terremoto del 2010. *Humedales costeros: aportes científicos a su gestión sustentable*, 391-442.
- Vargas, C. (2019). Análisis de las concentraciones fósiles de la formación Tubul (Plio-Pleistoceno), provincia de Arauco, región del Biobío, Chile (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Vásquez, D. (2013). Metodología para la Delimitación y Zonificación de Humedales Costeros de Tipo Mediterráneo. *Geografía del sur*, 4(6), 13-32.
- Vásquez, D. (2017). Efectos geomorfológicos y ambientales del terremoto Mw= 8, 8 del 27 de febrero del 2010 sobre los humedales costeros de la región del BioBío, el caso de la marisma Tubul-Raqui (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Vergara, O., Carrasco P., Saavedra M. & Ortiz J. (2008). Fauna del humedal Tubul-Raqui, Provincia de Arauco. Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, CONAMA región del Biobío. Ed. Impresos del Sur, Concepción, Chile.
- Zúñiga, V., Téllez Avalos, T. S., & Bahamondes Parrao, M. (2012). Caleta Tubul: territorios abiertos y cerrados; el parentesco como límite entre la sustentabilidad y la sobreexplotación (Tesis doctoral). Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Chile.