



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

EVALUACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN DE INUNDACIONES FLUVIALES EN EL HUMEDAL ROCUANT – ANDALIÉN

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniera Ambiental

EVELYN ALEJANDRA SOTO RUIZ

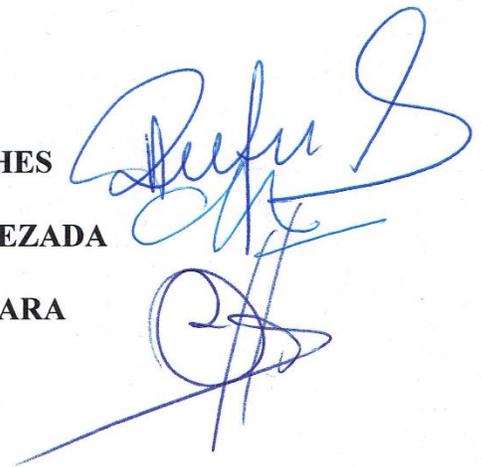
Profesor Guía: Dr. Octavio Rojas Vilches

Concepción, Chile

2019

**“Evaluación del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales
en el humedal Rocuant-Andalién”.**

PROFESOR GUÍA: Dr. OCTAVIO ROJAS VILCHES
PROFESOR CO-GUÍA: Dra. CAROLINA ROJAS QUEZADA
PROFESOR COMISIÓN: Dr. RICARDO FIGUEROA JARA



CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, abril 2019



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPIRITU



TESIS FINANCIADA MEDIANTE PROYECTO FONDECYT N° 11150424 “EFECTOS DE LAS MODIFICACIONES DE CAUCES FLUVIALES Y CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LA GENERACIÓN DE INUNDACIONES FLUVIALES EN UNA CUENCA COSTERA MEDITERRÁNEA DE CHILE CENTRO-SUR”

INVESTIGADOR RESPONSABLE DR. OCTAVIO ROJAS VILCHES

AGRADECIMIENTOS

Definitivamente, me faltaría espacio para agradecer a cada una de las personas que están y han pasado por mi vida; que dejaron alguna enseñanza, que me permitió lograr este maravilloso objetivo, ser profesional.

A mi mamá, papá y hermano Nancy, Hernán y Roberto, que siempre me han apoyado y han querido lo mejor para mí; mis compañeras peludas, Agustina y Dolly entregando amor y felicidad en el hogar y que sin falta me acompañaron en todos los trasnoches de estudio y trabajo.

A mi compañero, Luis Sebastián, solo él sabe todas las veces que sufrí porque no terminaba “la tesis”, sin él las salidas a terreno y la mayoría de las fotografías de este informe, no hubiesen sido lo mismo.

A los que ya no están, mi tatita Héctor y mi Agustina, que, sin duda, me enseñaron de la vida y la muerte, me transformaron y enseñaron a amar aún más la vida.

A mi maravilloso círculo cercano de amigas y amigos, de la vida, del colegio, de la U, María Constanza, Esteban Andrés, Claudia Valeska, Constanza Antonia, Bessy Ninoska, Carla Victoria, Daniela Francisca, Max Walter, Javier Ignacio. A mis amigos del LARRS, sin su apoyo, ayuda, consejos y tallas, no hubiese sido posible lograr esta tesis; Juan, Ignacio, Fabián.

A los y las profes que marcaron mi vida de estudiante, profe Gabriela, profe Santiago, profe Caro Rojas, una referente en el estudio de los humedales y obvio mi profe guía en este trabajo, seco Profe Octavio.

A La Red de Humedales del Biobío, personas maravillosas, que me han enseñado y demostrado que es amar los humedales, años de lucha por la defensa, protección y cuidado de estos hermosos y valiosos ecosistemas. Sigamos creciendo.

Como lo cantó Violeta Parra, Gracias a la vida. Que me ha entregado todo para ser feliz.

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	i
Índice de Tablas	iv
Listado de Siglas	vi
Resumen	vii
1. Introducción	1
1.1. Problemática	1
2. Pregunta de investigación	5
3. objetivos	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. Antecedentes	6
4.1. Humedales	6
4.1.1. Tipos de humedales	7
4.1.2. Humedales marinos y costeros.....	9
4.1.3. Humedales urbanos.....	12
4.2. Servicios ecosistémicos	13
4.2.1. Servicios ecosistémicos de regulación en humedales	14
4.3. Urbanización y disminución de humedales costeros	17
4.3.1. Urbanización	17
4.3.2. Conurbaciones	17
4.3.3. Disminución de humedales.....	19
4.3.4. Humedales costeros y urbanización en Chile	20
4.4. Inundaciones fluviales en zonas costeras	22
5. Materiales y Métodos	25
5.1. Área de estudio	25
5.1.1. Evolución de la superficie del humedal	26
5.1.2. Recurrencia histórica de inundaciones fluviales.....	28
5.1.3. Valoración de servicios ecosistémicos del humedal	29
5.2. Metodología	32
5.2.1. Describir proyectos y/o actividades actuales y futuras que se desarrollan en la marisma Rocuant–Andalién.....	33
5.2.2. Comparar la normativa urbana presente en los instrumentos de planificación territorial vigentes asociados a la marisma Rocuant – Andalién.....	38
5.2.3. Establecer parámetros socioeconómicos y físico-naturales que permitan cuantificar variaciones temporales en el potencial de mitigación de inundaciones fluviales del humedal Rocuant–Andalién ..	39

6. Resultados	46
6.1. Proyectos y/o actividades actuales y futuras que se desarrollan en la marisma Rocuant– Andalién	46
6.1.1. Análisis temporal	48
6.1.2. Tipos de proyecto por comuna	50
6.1.2. Consideraciones ambientales	51
6.1.3. Distribución de los proyectos	52
6.2. Normativa urbana presente en los instrumentos de planificación territorial vigentes asociados a la marisma Rocuant-Andalién.	60
6.2.1. Plan regulador comunal de Talcahuano	60
6.2.2. Plan regulador comunal de Concepción	63
6.2.3. Plan regulador comunal de Penco	65
6.2.4. Plan regulador metropolitano de Concepción.....	67
6.3. Parámetros socio-económicos y físico-naturales para cuantificar el potencial de mitigación de inundaciones fluviales	70
6.3.1. Modelaciones de inundaciones	70
6.3.2. Parámetros físico – naturales	75
6.3.2. Parámetros socio – económicos	78
7. Discusión	83
8. Conclusiones	86
9. Referencias Bibliográficas	87
10. Anexos.....	94
10.1. Cartografía inundaciones fluviales	94
10.2. Empresas pertenecientes al Gremio Parque Industrial Talcahuano.....	96

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1: Efecto general de los humedales sobre el flujo de agua y el escurrimiento de aguas pluviales.</i>	16
<i>Figura N° 2: América Latina. Ciudades con más de 20.000 habitantes, 1950 y 2000.</i>	18
<i>Figura N° 3: Protección de humedales Costeros.</i>	20
<i>Figura N° 4: Área de Estudio, humedal Rocuant – Andalién.</i>	26
<i>Figura N° 5: Evolución de la superficie Humedal Rocuant- Andalién.</i>	27
<i>Figura N° 6: Recurrencia y tendencia de las inundaciones en el Río Andalién (1960-2010).</i>	28
<i>Figura N° 7: Registro fotográfico de la marisma anegada por el evento del año 2006.</i>	29
<i>Figura N° 8: Cultivos de hortalizas en el sector Carriel Norte, Talcahuano.</i>	30
<i>Figura N° 9: Cultivo de hortalizas en el sector El Rosal, Penco.</i>	31
<i>Figura N° 10: Gaviota Cahuil, Pitotoy Chico y Grande.</i>	31
<i>Figura N° 11: Resumen de metodología global</i>	32
<i>Figura N° 12: Parámetros establecidos para la cuantificación del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales.</i>	40
<i>Figura N° 13: Diagrama del proceso de modelación.</i>	43

<i>Figura N° 14: Proyectos presentados en el área de estudio por tipología.</i>	46
<i>Figura N° 15: Proyectos presentados y desarrollados sobre el humedal por década.</i>	50
<i>Figura N° 16: Distribución de proyectos por comuna clasificado por tipología.</i>	51
<i>Figura N° 17: Escombros en medio de material de relleno, sector Carriel Norte.</i>	52
<i>Figura N° 18: Canal Ifarle Secundario, sector Vegas de Perales.</i>	53
<i>Figura N° 19: Rio Andalién, sector Avda. Andalién, Comuna de Concepción.</i>	54
<i>Figura N° 20: Basural clandestino en Ruta Camino a Cosmito, Comuna de Penco.</i>	55
<i>Figura N° 21: Basural clandestino en sector Playa Negra, comuna de Penco.</i>	55
<i>Figura N° 22: Redes viales descritas por proyecto Biobío Plataforma Logística.</i>	57
<i>Figura N° 23: Rellenos del humedal Carriel Norte, comuna de Talcahuano.</i>	58
<i>Figura N° 24: Carteles de advertencia de la presencia de oleoducto Transandino en sector Carriel Norte.</i>	58
<i>Figura N° 25: Ex vertedero de la comuna, sector Carriel Norte, actual pasivo ambiental, comuna de Talcahuano.</i>	59
<i>Figura N° 26: Paisaje que se puede observar desde el ex vertedero, comuna de Talcahuano.</i>	59
<i>Figura N° 27: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-T, sobre la marisma Rocuant – Andalién.</i>	63
<i>Figura N° 28: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-C, sobre la marisma Rocuant – Andalién.</i>	64
<i>Figura N° 29: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-P, sobre la marisma Rocuant – Andalién.</i>	66
<i>Figura N° 30: Tipo de usos de suelo permitidos en el PRC-C, sobre la marisma Rocuant – Andalién.</i>	68
<i>Figura N° 31: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 5 años (T5).</i>	72
<i>Figura N° 32: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 50 años (T50).</i>	73
<i>Figura N° 33: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 500 años (T500).</i>	74
<i>Figura N° 34: Áreas afectadas por inundaciones, según periodo de retorno.</i>	75
<i>Figura N° 35: Áreas afectadas por inundaciones, según niveles de peligrosidad en escenario 1 y escenario 2.</i>	77
<i>Figura N° 36: Capacidad de almacenamiento de volumen hídrico por periodo de retorno.</i>	78
<i>Figura N° 37: Estimación de costos (CLP) asociados a suelos afectados por inundaciones, para los distintos periodos de retorno.</i>	79
<i>Figura N° 38: Valores (CLP) de avalúo fiscal del de los predios comprendido dentro área de estudio.</i>	80
<i>Figura N° 39: Estimación de población afectada por inundaciones por periodo de retorno.</i>	81
<i>Figura N° 40: Estimación de viviendas afectadas por inundaciones por periodo de retorno.</i>	82
<i>Figura N° 41: Anexo 1: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 100 años (T100).</i>	94
<i>Figura N° 42: Anexo 2: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 200 años (T200).</i>	95

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Principales tipos de humedales descritos por la convención Ramsar.</i>	8
<i>Tabla N° 2: Clasificación de ecotipos desde la “Guía para el Manejo Sustentable de Humedales”.</i>	9
<i>Tabla N° 3: Clasificación de los Humedales Marinos /Costeros.</i>	11
<i>Tabla N° 4: Servicios ecosistémicos de los humedales.</i>	14
<i>Tabla N° 5: Humedales prioritarios para la conservación y recuperación.</i>	21
<i>Tabla N° 6: Usos y coberturas de suelo de los humedales urbanos del Área Metropolitana de Concepción.</i>	22
<i>Tabla N° 7: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Talcahuano.</i>	34
<i>Tabla N° 8: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Concepción.</i>	34
<i>Tabla N° 9: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Penco.</i>	34
<i>Tabla N° 10: Diseño de tabla para la síntesis de la recopilación de antecedentes.</i>	37

<i>Tabla N° 11: Tabla para síntesis de análisis de instrumentos de planificación.</i>	39
<i>Tabla N° 12: Rangos de reclasificación de alturas para los rellenos proyectados.</i>	41
<i>Tabla N° 13: Caudales estimados para cada tasa de retorno (T).</i>	42
<i>Tabla N° 14: Rangos de clasificación de inundaciones</i>	44
<i>Tabla N° 15: Detalle de proyectos encontrados y analizados para el estudio.</i>	47
<i>Tabla N° 16: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-T sobre el humedal Rocuant – Andalién.</i>	61
<i>Tabla N° 17: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-C sobre el humedal Rocuant – Andalién</i>	64
<i>Tabla N° 18: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-P sobre la marisma.</i>	66
<i>Tabla N° 19: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-M sobre la marisma Rocuant – Andalién.</i>	68
<i>Tabla N° 20: Superficies afectadas (ha) por nivel de peligrosidad, modelación de escenario 1</i>	76
<i>Tabla N° 21: Superficies afectadas (ha) por nivel de intensidad, modelación de escenario 2.</i>	76
<i>Tabla N° 22: Anexo 3: Listado empresas del gremio Parque Industrial Talcahuano.</i>	96

LISTADO DE SIGLAS

SINC	Servicio de Información y Noticias Científicas
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
INDH	Instituto Nacional de Derechos Humanos
SE	Servicio Ecosistémico
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
CONAF	Corporación Nacional Forestal
SNASPE	Sistema Nacional de Área Silvestres Protegidas del Estado
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente
ALC	América Latina y el Caribe
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
ONU	Organización de las Naciones Unidas
APP	Áreas Privadas Protegidas
AMC	Áreas Metropolitana de Concepción
ONEMI	Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior
CLP	Pesos Chilenos
IPT	Instrumento de Planificación Territorial
PRMC	Plan Regulador Metropolitano de Concepción
PRCT	Plan Regulador Comunal de Talcahuano
PRCP	Plan Regulador Comunal de Penco
PRCC	Plan Regulador Comuna de Concepción
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DOM	Dirección de Obras Municipales
ASMAR	Astilleros y Maestranzas de la Armada
GORE	Gobierno Regional
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
LGUC	Ley General de Urbanismo y Construcción
OGUC	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

RESUMEN

Los humedales brindan diversos servicios ecosistémicos (SE) a la población humana, entre ellos destaca el SE de regulación de desastres, donde los humedales costeros actúan como mitigadores de inundaciones fluviales, las que corresponden a “la invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un cauce” (Mardones, 2001). En este contexto, la sección inferior del río Andalién en el área Metropolitana de Concepción (AMC), presenta una alta recurrencia a inundaciones fluviales y un creciente proceso de urbanización, principalmente en su extensa llanura de inundación, donde se localiza el humedal costero Rocuant-Andalién. Así, la presente investigación evalúa los efectos de la urbanización sobre el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales en el humedal Rocuant-Andalién.

La recopilación de antecedentes bibliográficos y revisión de proyectos en las Direcciones de Obras Municipales de Talcahuano y Concepción, permitió identificar y catastrar los proyectos que intervienen el humedal. Por medio del análisis de los Instrumentos de Planificación Territorial, se estableció un escenario proyectado de urbanización para la marisma. Considerando la condición topográfica actual y proyectada, se realizaron modelaciones hidráulicas (1-D) para diferentes períodos de retorno. Para cuantificar el potencial de mitigación de inundaciones fluviales del humedal, se establecieron los siguientes indicadores: (1) Superficie total inundada, (2) Superficie por nivel de peligrosidad, (3) Volumen de almacenamiento, (4) Valor del suelo afectado, (5) Población afectada y (6) Viviendas afectadas.

El estudio permitió identificar que los proyectos de urbanización se concentraron en un 85% en el período 2000-2018 y, principalmente corresponden a proyectos inmobiliarios. Se determinó que en los instrumentos de planificación territorial vigentes no existe un criterio homogéneo de zonificación del área del humedal. Finalmente, de concretarse la urbanización proyectada el SE de regulación de inundaciones del humedal disminuirá en los próximos años, mediante la reducción del volumen de almacenamiento entre un 39-54%, lo que provocaría un aumento en viviendas (+9%) y habitantes (+7%) afectados por inundaciones fluviales, elevando las pérdidas económicas (+30,2%).

Palabras clave: humedal Rocuant – Andalién, Inundaciones fluviales, mitigación, modelación hidráulica, servicios ecosistémicos

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Los humedales cubren entre el 8% al 10% de la superficie terrestre (Ramsar, 1999). Dichos ecosistemas dependen de variados factores, entre ellos las condiciones climáticas de cada región. Por ejemplo, las tormentas o lluvias copiosas, son un fenómeno natural que contribuye a la conservación de los humedales, debido al intercambio de nutrientes y materias orgánicas necesarias para su mantención (Russie et al., 2013). Sin embargo, son ecosistemas vulnerables debido a múltiples intervenciones, entre las que se destacan: la extracción de agua, la transformación a tierras de cultivo, urbanización, contaminación y la sobreexplotación de los recursos (SINC, 2010).

Los humedales corresponden a zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, donde el nivel freático se encuentra por lo general, en o cerca de la superficie, o la tierra está cubierta por agua poco profunda, condiciones que permiten la existencia y desarrollo de biota con acentuado hidromorfismo, que condicionan flujos biogeoquímicos en dichos ecosistemas (Cowardin et al., 1979; MMA, 2011; Neiff, 2000).

La intervención de humedales genera impactos ambientales, sociales y económicos. Por ejemplo, la escasez de agua, genera un problema significativo a nivel mundial; dificulta la producción de alimentos, daña la salud humana y el desarrollo económico (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Situaciones que serán intensificadas por el Cambio Climático.

La transformación de los humedales da paso a la degradación, convirtiendo humedales en tierras agrícolas, loteos inmobiliarios, infraestructuras de conexión, sitios de recreación, vertederos clandestinos, sitios eriazos entre otros. Desde el año 1900 a la fecha, han desaparecido entre un 64% y un 71% de los humedales del planeta (Ramsar, 2015). Entre 1900 - 2000, su pérdida se aceleró, incrementada 3,7 veces más que en siglos anteriores. Principalmente en humedales costeros (Davidson, 2014) por el aumento de la urbanización (Mitsch & Gosselink, 2015).

Los humedales costeros brindan importantes servicios ecosistémicos (SE) a las poblaciones adyacentes, según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), contribuyen con la purificación del agua y detoxificación de desechos, regulación del clima, mitigación del cambio climático, servicios culturales y disminuyen la naturaleza destructiva de las inundaciones. Los cambios negativos han contribuido a un aumento significativo del número de inundaciones, tormentas e incendios en todos los continentes desde la década de 1940 (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Se estima, que los humedales participan en la regulación de desastres de origen natural, como inundaciones y/o anegamientos, tsunamis, marejadas, y/o huracanes (Cruz et al., 2013).

El crecimiento acelerado de la población, generó la creación de áreas urbanas con infraestructura deficiente, con efectos negativos sobre el recurso hídrico, incluyendo el drenaje superficial (Tucci, 1998), a causa de esta aceleración en zonas metropolitanas, las inundaciones, se han registrado cada vez con mayor frecuencia e intensidad alrededor del mundo, causando muertes, daños ambientales y perjuicios económicos (Martínez, 2004). Existen ejemplos de protección e integración de humedales a la planificación territorial, por ejemplo, las fuerzas armadas de Estados Unidos, en un esfuerzo por salvaguardar las vidas y bienes de las personas en caso de inundaciones, adquirieron territorios aledaños al río Charles en Massachusetts, estimando que los costos provocados por eventuales inundaciones, aumentarían en 17 millones de dólares anuales, si las 3.400 ha de humedales colindantes al río fueran rellenas (Mitsch & Gosselink, 2015).

Según declaraciones de la Coordinadora del Comité Nacional de Humedales, en Chile, existen más de 30 mil humedales que corresponden a 1.268.100 hectáreas, esto, sin considerar las turberas que se encuentran entre las regiones de Los Lagos y Magallanes (MMA, 2015). Sin embargo, solo 13 humedales se catalogan como humedales de importancia internacional o Sitios Ramsar, los que abarcan una superficie de 361.761 hectáreas.

En Chile más del 89% de la población vive en ciudades (UN, 2014). Situación particularmente preocupante para los humedales situados dentro de los

límites urbanos, debido a su complejidad ecológica y el desconocimiento asociado a la valoración de los SE (Gómez-Baggenhun & Barton, 2013), donde las intervenciones como cambio de uso de suelo, canalizaciones, dragados, entre otros, modifican la hidrología de dichos ecosistemas, afectando a las comunidades biológicas, como también la calidad, cantidad de agua y la regulación hídrica.

La localización de asentamientos en las zonas costeras de Chile, presentan desafíos en la planificación territorial, donde se han invisibilizado conflictos socio-ambientales por distintos intereses, que en su mayoría presentan un atractivo estético, de esparcimiento y también económico (INDH, 2018). Lo que ha generado que los asentamientos se establezcan de manera informal en territorios de dominio público, lo que afecta y dificulta el ordenamiento del territorio (Andrade, 2012) y aumenta la vulnerabilidad a riesgos ambientales; como tsunamis, marejadas e inundaciones fluviales. Sumado a la impermeabilización del suelo producto de la expansión urbana, las inundaciones se producen con mayor frecuencia, en un país donde la intensidad o persistencia de la precipitación explica la ocurrencia del 71% de las inundaciones durante los últimos 500 años (Rojas et al., 2014)

El catastro de inundaciones en Chile, realizado por Rojas et al., (2014) identificó 227 eventos de inundación fluvial en el periodo 1574 – 2012. La zona mediterránea de Chile, comprendida entre la región de Valparaíso y del Biobío, presentan una alta tasa de recurrencia de inundaciones fluviales asociadas a sistemas frontales, que resultan de las altas precipitaciones como así también a los drásticos cambios ambientales a los que se ha sometido esta zona (Rojas et al., 2014; Smith y Romero, 2009)

En la región del Biobío, principalmente en el Gran Concepción, los cambios ambientales producidos por el crecimiento urbano no han sido una excepción, se registró un crecimiento de 4.920 ha entre el período de 1975-2004, gran parte se ha generado sobre humedales con un deterioro ambiental del ecosistema (Smith y Romero, 2009), el que se estima continúe en aumento debido a los proyectos

inmobiliarios potenciales para la zona (Rojas et al., 2018). Coello (2017), evaluó la percepción de los SE en el humedal Rocuant- Andalién, encontró una valoración positiva por parte de la población, el SE con mayor valoración fue el cultural, el segundo servicio mejor evaluado fue el de regulación, que el autor asoció a la alta recurrencia de peligros de origen natural en el área, dichos servicios podrían ser eventualmente disminuidos por la presión inmobiliaria y la disminución de la superficie de la marisma.

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo de la historia humana con el que se pueda comparar (MEA, 2005) y es preocupante, la velocidad con que se han degradado los humedales alrededor del mundo, apoyado por una falta de conocimientos y estudios para afrontar con datos cuantitativos la presión sobre dichos ecosistemas. En efecto, existe una carencia de estudios sobre el rol de los humedales sobre los procesos de inundaciones y, en Chile la investigación es aún incipiente. En dicha línea, el presente estudio es un aporte al conocimiento del potencial mitigador de inundaciones del humedal Rocuant- Andalién asociado al río Andalién.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En el contexto del sostenido crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción (AMC), la consecuente disminución de humedales urbanos y la alta recurrencia de inundaciones:

¿Qué efectos presentará el sucesivo crecimiento de la urbanización del AMC en el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales del humedal Rocuant – Andalién?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Analizar los efectos de la urbanización sobre el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales en el humedal Rocuant-Andalién.

3.2. Objetivos específicos

- Describir proyectos y/o actividades actuales y futuras que se desarrollan en la marisma Rocuant–Andalién.
- Comparar la normativa urbana/zonificación presente en los instrumentos de planificación territorial vigentes asociados a la marisma Rocuant-Andalién.
- Establecer parámetros físico-naturales y socio-económicos que permitan cuantificar variaciones temporales en el potencial de mitigación de inundaciones fluviales del humedal Rocuant–Andalién

4. ANTECEDENTES

4.1. Humedales

La definición de humedal no es estandarizada, varía de un país a otro y depende de las características de cada tipo de humedal. La convención Ramsar, define humedales como: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas 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.” Esta definición es de reconocimiento internacional, pero es una definición que incluye una gran diversidad de ecosistemas. Además, el convenio sugiere a las partes contratantes, la adaptación de la definición de humedal según la realidad nacional.

Cowardin et al., (1979), definen a los humedales como “zonas de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos, donde el nivel freático está por lo general en o cerca de la superficie, o la tierra está cubierta por agua poco profunda”. Para ser considerados humedales, deben presentar una o más de las características entregadas por la guía:

- (1) Al menos periódicamente, el suelo se encuentra predominantemente cubierto por hidrofitos.
- (2) Los suelos deben ser predominantemente saturados de agua sin escurrimiento y,
- (3) El sustrato se satura con agua o es cubierto por agua poco profunda en algún momento durante la temporada de crecimiento de cada año.

Neiff (2000), define a los humedales como un “sistema de cobertura sub-regional en los que la presencia temporal de una capa de agua de variable espesor (espacial y temporalmente) condiciona flujos biogeoquímicos propios, suelos con acentuado hidromorfismo y una biota peculiar por procesos de selección, que tiene patrones propios en su estructura y dinámica. Pueden considerarse como macrosistemas

cuya complejidad crece con la variabilidad hidrosedimentológica y la extensión geográfica ocupada”.

En Chile, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2011) los define como “ecosistemas asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente de agua, los cuales permiten la existencia y desarrollo de biota acuática”. Este inventario no considera los humedales marinos, debido a su particular dinámica y complejidad. Por su parte el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2006) los definió como una “amplia variedad de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten ciertas características. Generalmente se los identifica como áreas que se inundan temporalmente, donde la napa freática aflora en la superficie o en suelos de baja permeabilidad cubiertos por agua poco profunda.”

Por otra parte, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), en el “Programa Nacional para la Conservación e Humedales insertos en el SNASPE” del año 2010, se respalda en la definición de la convención Ramsar.

4.1.1. Tipos de humedales

Al igual que la definición de humedal, no existe una clasificación o definición única de los tipos de humedales. Existen definiciones provenientes de Estados Unidos, Canadá, México, Sudáfrica, China, ésta última corresponde a una de las más específicas, debido a la variedad de climas del país; además, de la clasificación de Australia, que presenta gran especificidad en su sistema de clasificación, respondiendo a la variedad de climas presentes y a sus grandes extensiones de costas (Munizaga, 2015).

En Chile la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), en la guía para el manejo sustentable de humedales (2006), realizó una definición de los distintos ecotipos de humedales basada en las características espaciales, morfológicas, climáticas, entre otros.

A continuación, se presentan dos tipos de clasificación realizadas a los humedales, corresponden a la clasificación entregada por la convención Ramsar y la realizada por la CONAMA en el año 2006. Ramsar, define los principales tipos de humedales

en seis categorías, que se describen en la Tabla N° 1; es una forma rápida y fácil de reconocer los humedales en un sitio determinado.

Tabla N° 1: Principales tipos de humedales descritos por la convención Ramsar.

Tipo	Descripción
Marinos	Humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas, pastos marinos y arrecifes de coral.
Estuarinos	Incluidos deltas, marismas de mareas y manglares.
Lacustres	Humedales asociados a lagos.
Ribereños	Humedales adyacentes a ríos y arroyos.
Palustres	Pantanosos – marismas, pantanos y ciénagas.
Artificiales	Estanques de cría de peces y camarones, estanques de granjas, tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, piletas de aguas residuales y canales.

Fuente: Ramsar (1971).

En Chile, en el año 2006, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), presentó la Guía para el manejo sustentable de humedales, en ella se reconoce la falta de antecedentes nacionales sobre humedales, lo que limita la gestión de dichos ecosistemas, por lo que acuñan metodologías similares a las de otros países para su definición. Así, la clasificación de los humedales propuesta se centra en el uso de la visión ecosistémica, donde la unidad de análisis es el ecotipo, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares. Para la definición del ecotipo, se deben identificar los factores forzantes, los cuales son una expresión de factores físico-químicos que regulan su estructura y funcionamiento. Por ejemplo, el clima, hidrología, topografía entre otros. Finalmente, la clasificación de humedales establecida para Chile, se especifica en el siguiente recuadro:

Tabla N° 2: Clasificación de ecotipos desde la “Guía para el Manejo Sustentable de Humedales”.

Ecotipos	Clase	Tipo	Variedad
Humedal Marino	--	--	--
Humedal Costero	Intrusión salina	Cubeta, Canal, plano	--
Humedal Continental	Evaporación	Cubeta, Canal, plano	Ácidos orgánicos, isoterma 0°C
	Infiltración (A) e infiltración saturado (B)	Cubeta, Canal, plano	
	Escorrentía	Cubeta, Canal, plano	
	Afloramiento de aguas subterráneas	Cubeta, Canal, plano	

Fuente: CONAMA (2006).

4.1.2. Humedales marinos y costeros

Los sectores costeros, representan ambientes altamente dinámicos y a lo largo de la historia han estado influenciados por grandes presiones antrópicas. Los humedales costeros se localizan en bahías y desembocaduras de ríos y esteros y, se alimentan tanto de aguas marinas como continentales (CONAMA, 2006).

Según la descripción y funcionamiento del ecotipo marino entregado por la CONAMA (2006), los humedales costeros se dividen en tres categorías:

- Forma de cubeta, que posee una producción primaria de plantas acuáticas halófilas y plantas terrestres hidrófilas y también una producción secundaria de invertebrados y peces.
- Forma de canal la cual presenta como función dominante la producción primaria de tapetes microbianos y la producción secundaria invertebrados.

- Forma de humedales planos que poseen una producción primaria plantas halófilas, sus alturas no superan los 10 metros sobre el nivel del mar y poseen un mínimo de pendiente o bien no la tienen.

Dentro de la clasificación generada por la Convención Ramsar, se entregan distintas sub-clasificaciones de los humedales marinos, que corresponden a los siguientes:

- A Aguas marinas someras permanentes, en la mayoría de los casos de menos seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.
- B Lechos Marinos Submareales; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales.
- C Costas marinas rocosas; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.
- D Costas Marinas Rocosas
- E Costas o playas de arena o guijarros
- F Estuarios; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.
- G Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos (“saladillos”).
- H Pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófitas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.
- I Humedales intermareales arbolados; incluye manglares, pantanos de “nipa” bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
- J Lagunas costeras salobres/saladas; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.
- K Lagunas costeras de agua dulce; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.

Tabla N° 3: Clasificación de los Humedales Marinos /Costeros.

Aporte de aguas	Tipo de flujo	Características	Clasificación
Agua Salina	Permanentes	< 6m de profundidad	A
		Vegetación submarina	B
		Arrecifes de coral	C
	Costas	Rocosas	D
		Playas de arena o guijarros	E
Agua salina o Salobre	Intermareal	Bajos (lodo, arena o con suelos salinos)	G
		Pantanos, marismas y esteros	H
		Bosques	I
	Lagunas	J	
	Estuarios	F	
Agua salina, salobre o dulces	Subterránea		Zk (a)
Agua dulce	Lagunas		K

Fuente: Ramsar, (2007).

Entre la diversidad de humedales costeros, uno en particular es el principal foco para el presente estudio: las marismas. Las que corresponden a formaciones vegetales asociadas al litoral marino en regiones templadas y abundan en los estuarios de los ríos, canales, fiordos y mares interiores (San Martín et al., 1992).

Las marismas, presentan una alta vulnerabilidad a las perturbaciones naturales proyectadas por efecto del cambio climático (Feldeman, 2001). Debido al aumento de inundaciones, marejadas y/o a la elevación del nivel del mar proyectados, se estima que dichos ecosistemas se verán forzados a migrar tierra adentro, en busca de la adaptación y es posible que su ruta migratoria se encuentre obstruida por usos del suelo distintos tierra adentro, o bien, que la capacidad de dichos sistemas no sea suficiente para migrar a tiempo para sobrevivir (Kusler et al., 1999).

Estos ecosistemas son valorados por la sociedad, con base en la percepción de los servicios ecosistémicos que brindan (Mitsch & Gosselink, 2015). Las marismas otorgan protección ante marejadas, huracanes, inundaciones fluviales, tsunamis, al actuar como primera línea de contención ante dichas perturbaciones (Rojas, 2015;

Cruz et al., 2013); por lo que los humedales costeros, han adquirido mayor importancia (Mitsch & Gosselink, 2015).

4.1.3. Humedales urbanos

El uso racional de los humedales definido por la convención Ramsar en 2010, corresponde al “mantenimiento de su carácter ecológico, logrado mediante la aplicación de enfoques ecosistémicos, en contexto del desarrollo sostenible”, definición especialmente relevante para los humedales ubicados dentro de los perímetros urbanos, afectados por el crecimiento de ciudades y las demandas habitacionales, por sobre todo, aquellos que provisionan de agua y alimentos a las zonas urbanas (Emerton et al., 1998).

La categorización de humedales urbanos, nace de la necesidad de poder identificar territorios que presentan las condiciones de humedal y que se encuentran insertos en el área urbana, pero que no son reconocidos como tal, la convención Ramsar en el año 2008, reconoce que estos ecosistemas son un aporte para las comunidades que, con un manejo racional adecuado, entregan beneficios directos a las personas y comunidades. Es imprescindible contar con una urbanización con enfoque sustentable, que reconozca la necesidad de proteger la base de los recursos naturales sobre la que se sostienen las zonas urbanas.

Tras la recopilación de antecedentes de la 11° Reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre los Humedales, celebrada en Rumania el año 2012, entre varios puntos, se discutió la dependencia urbana de la naturaleza, sobre todo ligado a los servicios ecosistémicos entregados, donde los humedales desempeñan un papel crucial en escenario planteado.

4.2. Servicios ecosistémicos

La Valoración de Ecosistemas del Milenio (MEA, por su sigla en inglés) define a los servicios ecosistémicos como “*Los beneficios humanos obtenidos directa o indirectamente de los ecosistemas*” son, los componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que conducen a aumentar el bienestar humano tomando en cuenta la demanda de los beneficiarios, así como la dinámica de los ecosistemas (Latterra et al., 2011).

Los beneficios obtenidos desde los ecosistemas son indispensables para el desarrollo de la humanidad, Haines-Young & Potschin (2012) los agrupan en tres categorías:

- SE de Provisión: Corresponden a los bienes o recursos naturales, donde destaca la producción de alimentos, el agua y las materias primas.
- SE de Regulación: Son los procesos ecosistémicos que regulan las condiciones en las que los humanos habitan, corresponde a regulaciones climáticas, regulación hídrica tanto almacenamiento como purificación del recurso, la regulación de desastres naturales.
- SE Culturales: Es la contribución de los ecosistemas a experiencias que benefician directa o indirectamente a las sociedades, como el sentido de pertenencia o la recreación. También destaca la contribución al desarrollo científico, ecológico y de educación ambiental.

Costanza et al., (1997), estimaron que los servicios ecosistémicos brindados por humedales, se aproximan a U\$17.5 trillones de dólares por año, que representan el 52% del valor total de los servicios que los ecosistemas del mundo brindan a la humanidad. Así entonces, los humedales desempeñan funciones de las cuales se derivan beneficios para la humanidad y realizan una contribución fundamental a la salud y el bienestar humano, entre los que destacan la producción de recursos bentónicos de importancia comercial, especialmente algas y moluscos (Valdovinos, 2004). Además, destacan los servicios de protección contra los desastres naturales, los que se estiman tienen un valor de uso indirecto debido a la reducción de

determinados daños materiales (Barbier, 1997). La Tabla N° 4, presenta algunos ejemplos de SE entregados por humedales.

Tabla N° 4: Servicios ecosistémicos de los humedales.

Tipo	Servicio
Provisión	Alimentación
	Aguas para usos diversos
	Materias primas de orden biológico
	Materias primas de origen mineral
	Energías Renovables
	Acervo genético
	Medicinas naturales y principios activos
Regulación	Regulación climática
	Regulación de la calidad del aire
	Regulación hídrica (cantidad y calidad)
	Regulación morfosedimentaria
	Formación y fertilidad del suelo
	Regulación de los desastres naturales
	Control biológico
Culturales	Conocimiento científico
	Conocimiento ecológico local
	Identidad cultural y sentido de permanencia
	Valor espiritual y religioso
	Paisaje – disfrute estético
	Actividades recreativas y ecoturismo
	Educación Ambiental

Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2012)

4.2.1. Servicios ecosistémicos de regulación en humedales

Los servicios de regulación son aquellos obtenidos de manera directa a partir del ecosistema, sin pasar por procesos de transformación, ni por los mercados (Corredor et al., 2012); según Balvanera & Cotler (2009) la biodiversidad desempeña un papel protagónico en la regulación, tanto de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades, como también la regulación climática y la regulación de las respuestas a los eventos naturales extremos.

Este tipo de servicio de los humedales fue reconocido desde mediados de la década de 1970, antes de esto existía poca preocupación y comprensión de ellos, por lo

que muchos fueron dragados y destruidos como medida de gestión y manejo de humedales. En un comienzo la gestión de humedales se basó en la conservación de las condiciones hidrológicas para la preservación de peces y aguas acuáticas (Mitsch & Gosselink, 2015).

Los humedales costeros en especial, prestan servicios en relación con el control de tormentas y crecidas, en general durante las perturbaciones hídricas (Corporación de Ambientes Acuáticos de Chile, 2005). Los eventos extremos son habituales en la naturaleza, muchos de ellos conducen a cambios drásticos en las condiciones de un sitio o una región. Los eventos incluyen: sequías, incendios, ciclones, tormentas, erupciones volcánicas, tsunamis y/o inundaciones. Cuando un evento extremo produce cambios que afectan de manera severa a los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones humanas, se convierten en un desastre (CEPAL, 2002).

En humedales aledaños a ríos, se observan patrones de comportamiento según la climatología que presenta la cuenca. Para una cuenca de alimentación pluvial, las inundaciones se presentan en los meses de invierno donde las precipitaciones son mayores, generando desborde de los cauces. Un estudio realizado por Novitzki (1985), determinó que las cuencas que presentan humedales en su extensión, poseen flujos de inundaciones considerablemente menores que aquellas cuencas sin humedales (Mitsch & Gosselink, 2015).

Las condiciones de suelo, que presentan los humedales, en especial costeros, son particularmente importante para mitigar los impactos de los eventos naturales extremos en el caso de las zonas que están más expuestas a dichos procesos (Balvanera & Cotler, 2009). Por ejemplo, la marisma Rocuant-Andalién, ha brindado históricamente protección ante tsunamis, como lo demuestran los depósitos de antiguos eventos (e.g. 1835) y del reciente tsunami de año 2010” (Beltrán, 2010; Valdivia y Lagos, 2014 en Rojas et al., 2015).

Para el caso de inundaciones fluviales, el humedal intercepta el escurrimiento de los desbordes y almacena las aguas, cambiando así los picos de esorrentía, generando descargas más lentas durante períodos más largos de tiempo (Figura

Nº1). Debido a que usualmente son los caudales máximos los que producen mayores daños por inundación, el efecto del área de humedal es reducir el peligro de inundación al retardar el tiempo y disminuir el flujo máximo (Mitsch & Gosselink, 2015).

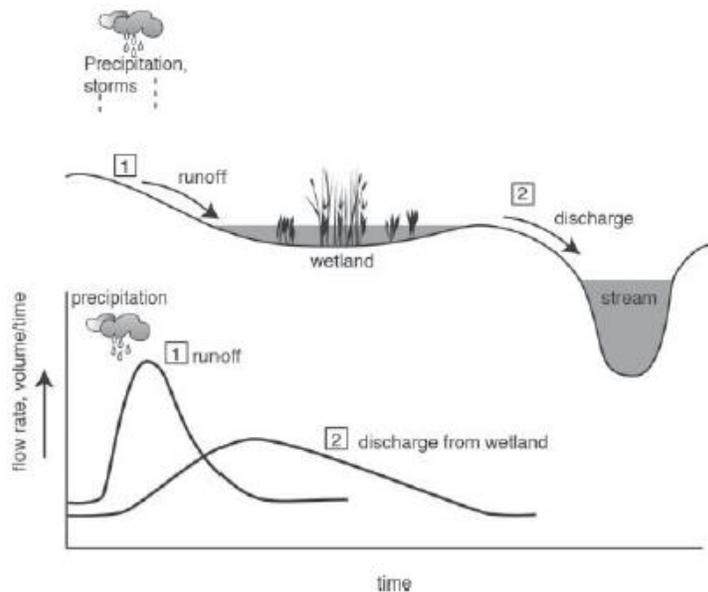


Figura N° 1: Efecto general de los humedales sobre el flujo de agua y el escurrimiento de aguas pluviales.

Fuente: Mitsch & Gosselink, (2015).

La valoración económica que se le entrega a este tipo de servicios, depende de los “costos evitados o inducidos”, como también los costos que genera el cambio de uso de suelo. Otra consideración para este tipo de valoración, es el “costo de reemplazo”; los costos de mitigación y las oportunidades que son entregadas de parte de los humedales (Barbier, 1997). Con esto se pretende estimar los costos de los servicios ecosistémicos que son utilizados o reemplazados por otro tipo de uso. Por ejemplo, el cambio de uso de suelo que se genera sobre humedales, al ser rellenados y reemplazados por suelos catalogados como “sitios de expansión urbana”, presentan un aumento del valor económico, pero una disminución en su calidad ambiental (Smith & Romero, 2009), sin considerar la variedad de servicios ecosistémicos que nos brindan.

4.3. Urbanización y disminución de humedales costeros

El aumento de la población ha desencadenado la ocupación de áreas naturales de alta fragilidad como los humedales, dicho crecimiento es condicionado por los instrumentos de planificación, que en su mayoría no garantizan el crecimiento y desarrollo sustentable del territorio (Salinas & Perez, 2011).

4.3.1. Urbanización

Cerca del 70% de la población mundial vive en o cerca de las zonas costeras (Mitsch & Gosselink, 2015) las cuales están densamente pobladas y son áreas económicamente atractivas (Rojas et al., 2015). Los asentamientos, la distribución y el dinamismo de las ciudades de América Latina y el Caribe (ALC), están fuertemente determinadas por las condiciones geográficas, políticas y económicas. Históricamente, las ciudades de ALC se desarrollaron principalmente en zonas costeras (ONU, 2012). La población urbana, ha aumentado paulatinamente en América Latina desde un 71% en 1990, a un 77% en 2003; en Chile en el año 2002, un 86,6 % de población residía en zonas urbanas (CEPAL, 2002).

Con base en los resultados obtenidos en el Censo de los años 1992 y 2002, la población concentrada en áreas urbanas corresponde a 11.145.915 y 13.089.967 respectivamente, en tanto, para el año 2017 la población urbana aumentó a 15.394.855 (INE,2018), lo que implica una mayor demanda de viviendas y suelo, aumentando la presión sobre diversos ecosistemas.

4.3.2. Conurbaciones

El crecimiento urbano ha dado forma a nuevas unidades territoriales como las conurbaciones, donde existe superficie edificada de forma no interrumpida, además, se identifican ciertos elementos característicos de las aglomeraciones comunales como es la continuidad espacial. A través de los años, localidades que se encontraban aisladas unas de otras, se han expandido acortando sus distancias,

estas localidades no solo se interconectan a través de carreteras; sino que también existe entre sus habitantes intercambio de actividades laborales, comerciales, recreativas, etc. (Brenivov, 1959 en Vinuesa, 1975)

En la figura N° 2, se muestra una representación del crecimiento urbano de Sudamérica; en el año 1950 se registró solo una ciudad de más de 5 millones de habitantes, este crecimiento desencadenó que para el año 2000, fueran 5 las ciudades que registraron más de 5 millones de habitantes. Además, se puede observar que el desarrollo de las ciudades se concentra en las zonas costeras del continente.

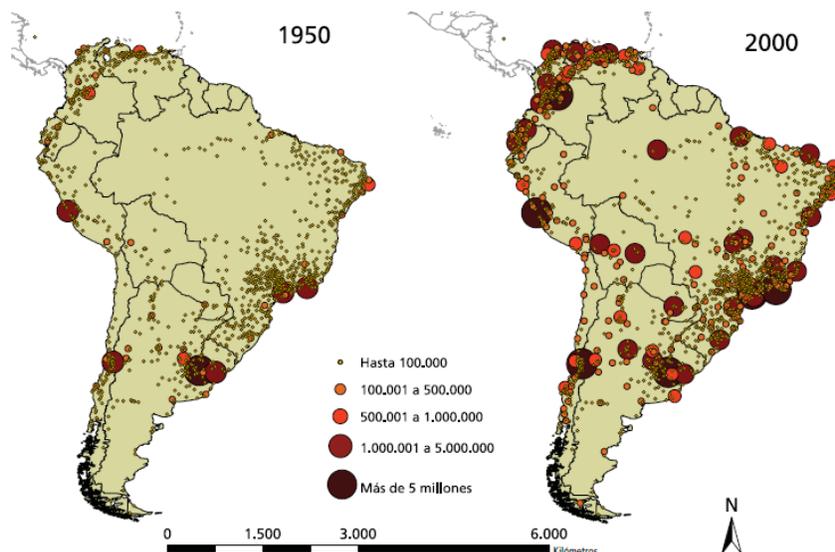


Figura N° 2: América Latina. Ciudades con más de 20.000 habitantes, 1950 y 2000.

Fuente: ONU, (2012).

La ubicación estratégica en zonas costeras, genera oportunidades y también riesgos, las cuales son zonas de alta exposición a desastres naturales, por ejemplo, tsunamis o marejadas (CEPAL, 2012). La concentración de la población y una progresiva implementación de nuevas actividades e infraestructuras, resulta en un

proceso de transformación del paisaje, presionando fuertemente el suelo (Rojas et al., 2015), que afecta a ecosistemas especialmente sensibles como humedales.

4.3.3. Disminución de humedales

Los humedales son ecosistemas dinámicos, los cuales, debido a la acumulación de sedimentos, materia orgánica, las sequías o los aumentos del nivel del mar sufren cambios continuamente, que afectan su estructura y funcionamiento (Beltrán, 2012). Los humedales costeros han sido destruidos mediante una sinergia de modificaciones, entre ellas, la cosecha excesiva, modificación hidrológica, construcción de diques, desarrollo costero, contaminación y otras actividades humanas como el desarrollo agrícola y urbano (Mitsch & Gosselink, 2015).

La condición ambiental de los humedales, corresponde a las propiedades estructurales y funcionales de este ecosistema (eg. Calidad de agua, abundancia y diversidad de especies, servicios ecosistémicos) y que pueden ser modificadas por diversas amenazas como: rellenos, desecamientos, canalizaciones y urbanización (MMA, 2011). El deterioro de la condición ambiental de los humedales, implica una disminución de los servicios ecosistémicos entregados.

Los proyectos de infraestructura urbana, generados sobre humedales, tienen un impacto ambiental importante sobre la salud del ecosistema, provocan entre otros efectos su degradación y fraccionamiento ecológico (Fernández, 2010). La inclusión de los humedales en los planes reguladores urbanos, es una tendencia creciente y reciente en países en vías de desarrollo, debido al deterioro que han sufrido y las pérdidas económicas, ambientales y sociales que han significado para la comunidad. Por ejemplo, en 2012, se llevó a cabo un estudio previo en Singapur, a través de una revisión del Plan Verde (2012) y las Estrategias para el crecimiento sostenible (2009), el estudio sirvió como base para una primera identificación de los retos principales en relación con servicios ecosistémicos brindado por humedales en la ciudad (Sieber, 2015). Sin embargo, la inclusión general de los humedales en Chile en los Planes Reguladores Comunes es un desafío pendiente.

4.3.4. Humedales costeros y urbanización en Chile

En Chile, la tipología de humedales costeros depende de su localización, principalmente de las condiciones climáticas (Martínez, 2014). En un esfuerzo por catastrar los humedales costeros de Chile central (entre 30° S y 41° 40'S), Caamaño y Fariña et al., (2012), entregan aportes científicos para su gestión sustentable. En cuanto a la distribución de los humedales costeros de Chile se identificaron 412 humedales de este tipo, con un área total de 38.167 ha. Del universo total de humedales costeros catastrados, existen 10 que abarcan el 66% del área total de humedales correspondientes a la publicación de Caamaño y Fariña et al., (2012), entre los cuales destacan:

- Bahía de Tongoy
- Puerto Saavedra
- Río Maullin
- Santo Domingo
- Golfo de Arauco
- Valdivia – Río Cruces

Pese a ser un ecosistema con un alto grado de amenaza, planes estatales como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE), organizaciones privadas APP (Áreas Protegidas Privadas) y los sitios Ramsar, contribuyen en un 63,1% de la protección de este tipo de humedales, en la figura N° 3, se presentan los porcentajes protegidos por las organizaciones anteriormente nombradas. Si bien los sitios prioritarios, son catalogados como importantes para la conservación de la biodiversidad, estos no forman parte de las áreas protegidas por el Estado.

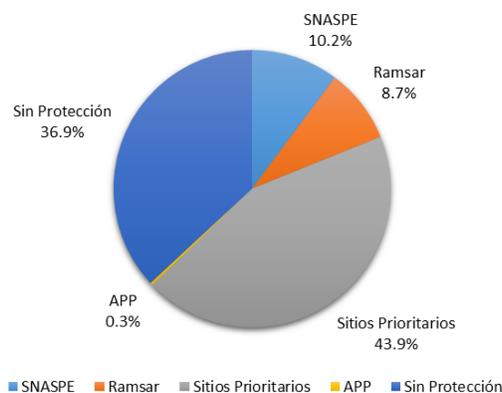


Figura N° 3: Protección de humedales Costeros.

Fuente: Elaboración propia según datos de Fariña & Caamaño, (2012).

Un catastro realizado en la región del Biobío por Martínez (2014), identificó 17 humedales marinos-costeros, de los cuales 13, fueron evaluados para conocer su estado de conservación. Primero se identificaron los efectos y alteraciones presentes en los humedales y luego se determinaron los prioritarios para la conservación y recuperación, resultando la siguiente evaluación (Tabla N° 5):

Tabla N° 5: Humedales prioritarios para la conservación y recuperación.

Humedal	Estado de Conservación
Rocuant – Andalién	Muy Malo
Canal El Morro	Muy Malo
Lenga	Malo
Desembocadura Río Biobío Boca Sur	Muy Malo

Fuente: Martínez (2014).

Aquellos que resultaron con estado de conservación muy malo presentan alteraciones físicas, alteraciones hídricas, alteraciones en la calidad de agua y alteraciones en las comunidades biológicas.

Dentro de las alteraciones físicas se presentan las canalizaciones, desecamientos y rellenos. En el Área Metropolitana de Concepción (AMC), el desarrollo urbano sobre humedales ha aumentado desde la década de 1970, su población experimentó un acelerado ritmo de crecimiento en el periodo 1952-2002, cuando su población pasó de 175.420 a 541.126 habitantes (INE, 2008; INE, 2002).

Un porcentaje importante del crecimiento urbano en el AMC se ha generado sobre humedales (Tabla N° 6). Por ejemplo, el sector Santa Clara en Talcahuano, en los años 70' era representada como la periferia de sectores de mayor desarrollo, caracterizada por sus potreros y humedales propensos a inundarse, por esta razón no era considerado como un lugar significativamente apreciable para residir (Lagos, 2014). Actualmente la expansión urbana generada por el crecimiento demográfico en Santa Clara ha ocupado los humedales para la construcción de residencias y fábricas. Así, la playa y el humedal Rocuant-Andalién fueron contaminados por

décadas, deteriorando el medio ambiente y provocando la desaparición de la biota y la contaminación del mar (Beltrán, 2012).

Tabla N° 6: Usos y coberturas de suelo de los humedales urbanos del Área Metropolitana de Concepción.

Usos/ Coberturas	Superficie (ha)			
	Año 1975	Año 1990	Año 2001	Año 2004
Humedal	3.377,6	3.016,5	2.745,5	2.096,673
Áreas Verdes		11,2	23,3	7,8
Cultivos		37,7	8,6	0,4
Forestal		7,2	8,7	0
Industrial		19,1	33,6	43,4
Océano Pacífico		17,5	8,7	4,1
Urbanización alta densidad		25,6	32,3	33,9
Urbanización baja densidad		26,7	18,3	6,2
Espacios con poca o nula veg		42,6	20,9	411,1
Sitio eriazo		6,8	49,0	7,7
Vegetación densa		32,9	18,6	0
Vegetación dispersa		132,1	20,8	143,7

Fuente: Smith y Romero (2005).

4.4. Inundaciones fluviales en zonas costeras

La capacidad de acogida de un territorio, está condicionada por los peligros naturales que se puedan desarrollar (Mardones, 2001). El riesgo natural es definido, como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad (Mardones, 2001), pueden resultar en riesgos sociales, ambientales y económicos.

Para la mitigación de estos riesgos existen herramientas para controlar o disminuir los daños que pudieran producir los riesgos o desastres naturales; la planificación territorial es una de ellas. También se utilizan estructuras de contención, por ejemplo, para el control de inundaciones fluviales mediante embalses, gaviones, canalizaciones, sistemas de drenaje, sistemas de captación de aguas, entre otros.

Las inundaciones fluviales corresponden a “la invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un flujo de un cauce, debido a una crecida. Las aguas desbordan de su cauce habitual, invadiendo el lecho mayor del río o las llanuras de inundación y terrazas inferiores, paleocauces, etc.,” (Mardones, 2001). En ocasiones se han utilizado las zonas naturales adyacentes a los cauces, como humedales, para generar zonas de amortiguación.

Ogawa y Male (1983, 1986) utilizaron un modelo de simulación hidrológica para investigar la relación entre la remoción de humedales aguas arriba y las inundaciones aguas abajo. Su estudio demostró que para las inundaciones con un periodo de retorno de 100 o más años, el aumento en el peak de la corriente fue significativo cuando los humedales fueron removidos. Los autores concluyeron que la utilidad de los humedales en la reducción de las inundaciones aguas abajo aumenta con (1) un aumento en el área de humedales, (2) la distancia a la que el humedal esta aguas abajo, (3) el tamaño de la inundación, (4) la falta de otras áreas de almacenamiento aguas arriba (Mitsch & Gosselink, 2015).

En Chile, las inundaciones se generan por 5 factores: (1) precipitaciones, ya sea por intensidad o persistencia, (2) procesos volcánicos, (3) procesos nivoglaciares, (4) deslizamientos, (5) Intervenciones antrópicas. Una compilación de registros de inundaciones en Chile, determinó que la región del Biobío, se ve expuesta a sistemas frontales fríos y cálidos, principalmente en los meses invernales, que pueden generar intensas y persistentes lluvias las que se traducen en crecidas importantes (Rojas et al., 2014).

Los eventos catastróficos como las inundaciones, aumentan cuando la urbanización en las cuencas se desarrolla sobre paisajes ambientalmente sensibles de los lechos y bordes de los cauces fluviales, superficies ocupadas por las ciudades que se instalan y crecen sobre territorios susceptibles. De igual modo, la urbanización genera importantes alteraciones en la red de drenaje. Los usos urbanos y la red de transporte, intervienen o en ocasiones reemplazan los cursos naturales de agua, afectando la geometría de la red de drenaje (Vidal & Romero, 2010; May, 1998).

La ciudad de Concepción ha experimentado un acelerado proceso de crecimiento de las áreas urbanas. El crecimiento urbano de Concepción ha llevado a la ocupación de territorios ribereños de los ríos Biobío y Andalién. En la cuenca del Andalién la ocupación urbana aumentó un 700% entre los años 1955-2007 y el 69% del crecimiento corresponde a ocupación de zonas con amenaza de anegamiento en áreas de expansión residencial de alta y baja densidad. Concentrándose espacialmente, al sur de la cuenca sobre terrazas de inundación del río Andalién y estero Nonguén (Vidal & Romero, 2010).

A partir del siglo XXI, en los años 2002, 2005 y 2006, en el AMC se registran tres inundaciones de gran magnitud, que afectaron a la población. En especial, el desastre causado en el año 2006 fue gatillado por un sistema frontal que afectó a la zona centro sur del país, entre el 10 y el 13 de julio de 2006, generando impacto sobre las personas y sus bienes entre las regiones de Valparaíso y los Lagos, con mayor afectación en la región del Biobío.

Se interrumpieron rutas y caminos, tanto por anegamiento, rodados, deslizamientos y acumulación de nieve, dejando a localidades aisladas. Se cerraron puertos y pasos fronterizos. Además del fallecimiento de 22 personas. ONEMI entregó ayuda, que consistió en alimentos, colchonetas, frazadas, planchas de zinc, planchas de pizarreño y viviendas de emergencia; cuyo costo monetario alcanzó los \$730.822.000 (CLP). En total el sistema frontal, dejó un número de 62.416 damnificados en todo el país, siendo la VIII Región la más afectada con 51.206 damnificados, equivalentes al 82 % del total, de las cuales 3.158 debieron ser ubicados en albergues (ONEMI, 2006).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

La presente investigación, se desarrolla en las comunas de Concepción, Talcahuano y Penco región del Biobío, provincia de Concepción. Específicamente se aplica en el humedal Rocuant-Andalién, inserto en la bahía de Concepción y que forma parte el estuario del río Andalién ($36^{\circ} 44' S$ y $73^{\circ} 03' O$) (Figura N° 4). El río Andalién, aporta agua dulce al humedal, se caracteriza por ser una cuenca costera de carácter pluvial y drena una superficie de 775 km^2 (Jaque, 1996) desembocando en el Océano Pacífico, donde obtiene el aporte temporal de aguas saladas de las mareas.

La marisma Rocuant-Andalién se encuentra sobre depósitos fluvio-deltaicos del Cuaternario, que provienen del antiguo curso del río Biobío y del actual curso fluvial de río Andalién (Munizaga, 2015). Según la definición de la CONAMA (2008) el humedal es de tipo estuarino intermareal y humedal ribereño permanente. Debido al sistema estuarial, formado fundamentalmente por la desembocadura del río Andalién, y su ecotipo será acotado a costero con una intrusión salina temporal por las mareas.

Tobar (2003) señala que la marisma tiene una superficie de 1.346 ha. En su parte frontal el humedal cuenta con un cordón dunario y playas, depositadas por el viento y oleaje, con una granulometría de grano medio a grueso, que forman un cordón en la línea de la costa llamado Isla Rocuant.

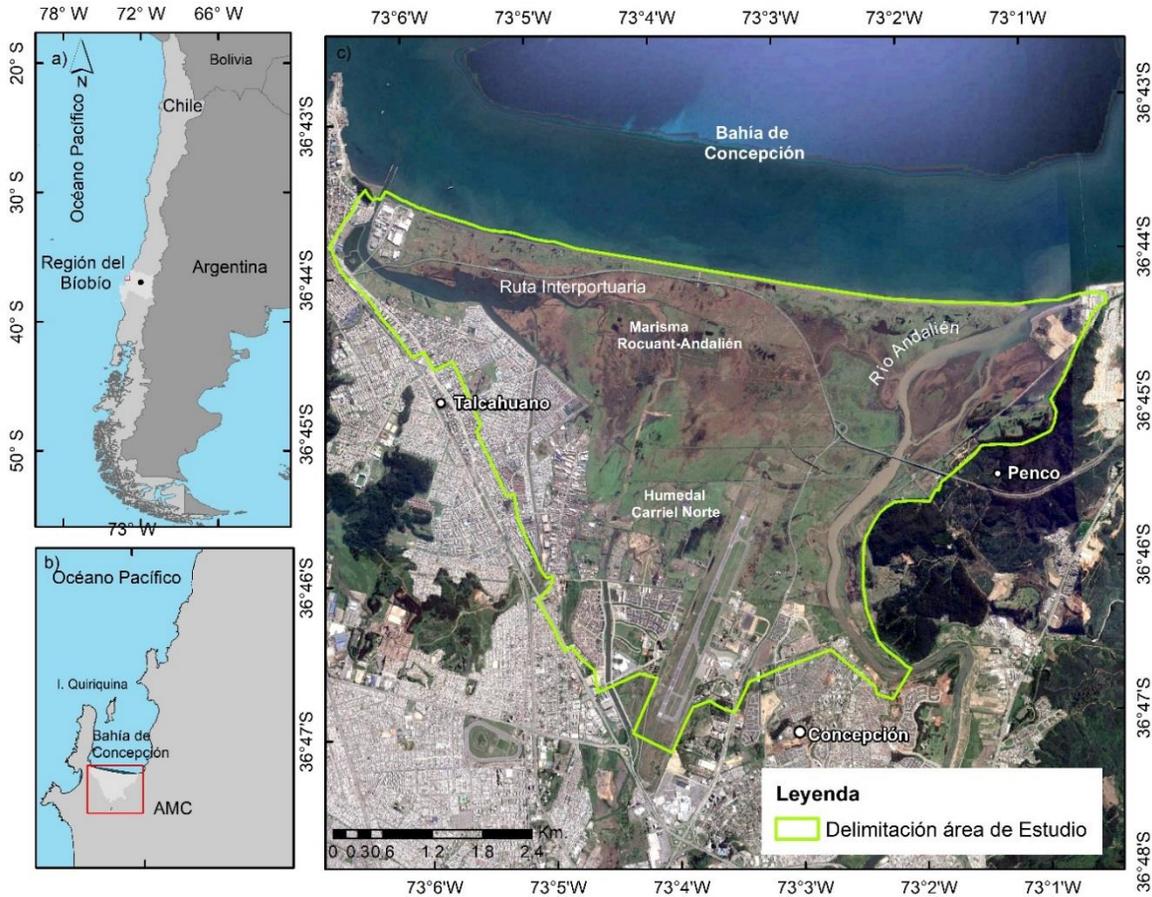


Figura N° 4: Área de Estudio, humedal Rocuant – Andalién.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Evolución de la superficie del humedal

El estudio realizado por Rojas et al., (2019) referente al humedal Rocuant-Andalién, basado en los cambios vegetacionales producidos en el humedal, en un periodo de 10 años, mediante el análisis de imágenes Landsat (2004-2014), determinó una reducción de la superficie del humedal en un 10% (Figura N°5 A y B) pasando de 854 ha en 2004 a 767 ha en 2014. También se proyectó que el crecimiento urbano condicionado por el PRMC, ocasionaría una reducción hasta en un 32% (Figura N°5 C). Los autores sostienen que las áreas urbanizadas en el humedal aumentaron de 575 ha en 2004 a 725 ha en 2014 y se espera que alcancen hasta 1.975 ha según la proyección del PRMC.

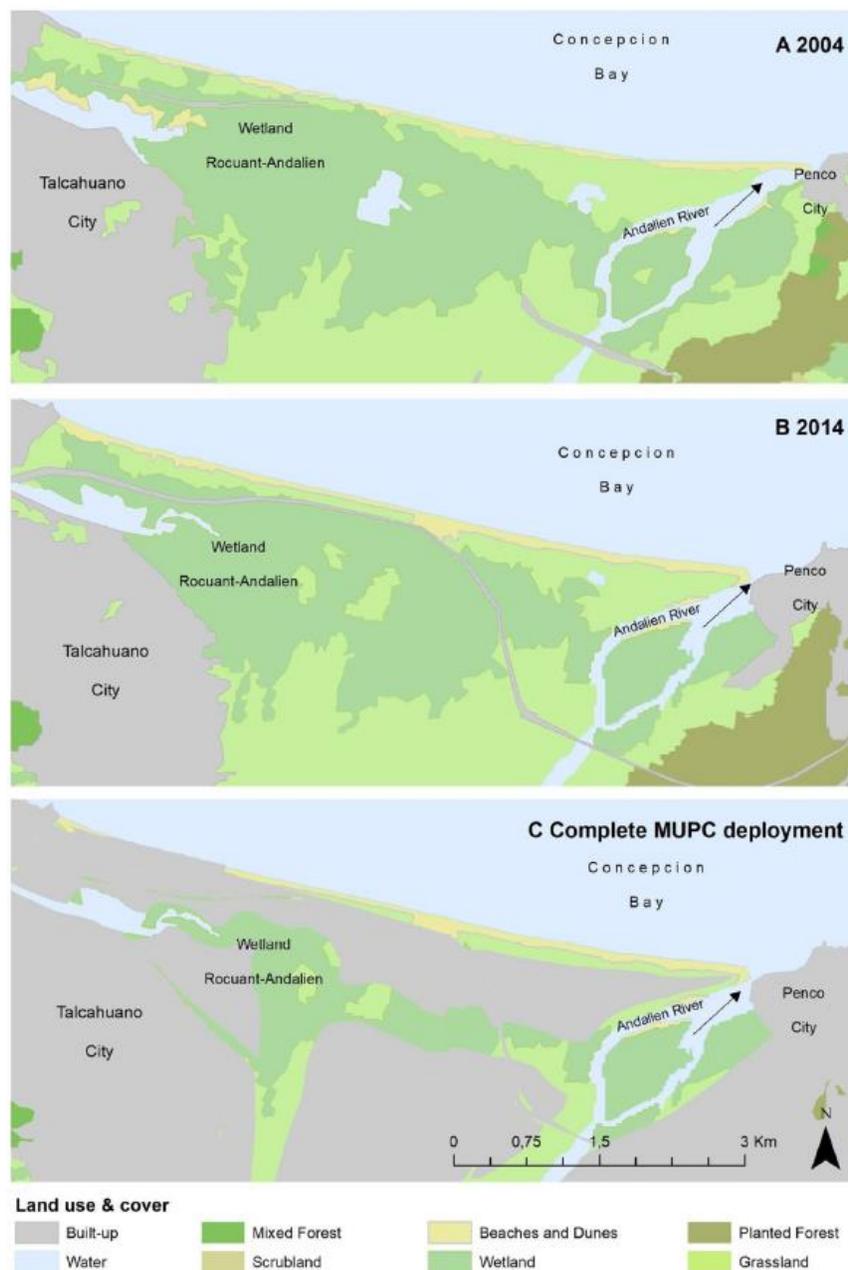


Figura N° 5: Evolución de la superficie Humedal Rocuant- Andalién.
 A) Superficie del humedal Rocuant – Andalién en el año 2004. B) Superficie del humedal Rocuant Andalién en el año 2014. C) Superficie proyectada por el Plan Regulador Metropolitano de Concepción (2003).

Fuente: Rojas et al., (2019).

5.1.2. Recurrencia histórica de inundaciones fluviales

En una revisión realizada por Rojas (2015) sobre la recurrencia histórica de las inundaciones registradas en la cuenca del río Andalién en el periodo 1960-2010, se identificaron 21 inundaciones de magnitud considerables que afectaron las áreas urbanas aledañas al río, estos eventos tuvieron una duración de 1 a 4 días, en su mayoría (95,2%) se registraron durante los meses invernales de junio, julio y agosto.

Según Rojas (2015), los eventos de mayor magnitud se registraron en junio de 1974, agosto de 2002 y julio de 2006, siendo esta última la más dañina, la pluviometría asociada fue de 191,7 mm/72 h; 151 mm/72 h y 184 mm/72 h, respectivamente (Figura N° 6). La inundación ocurrida en 2006, la de mayor magnitud registrada, dejó un saldo de 291.397 afectados en la región del Biobío (ONEMI, 2006), esto derivó en la demanda colectiva al Estado de los vecinos afectados en las poblaciones ubicadas en las riberas del estero Nonguén. En la Figura N°7, se observa el registro de julio del 2006, donde se observa la marisma inundada.

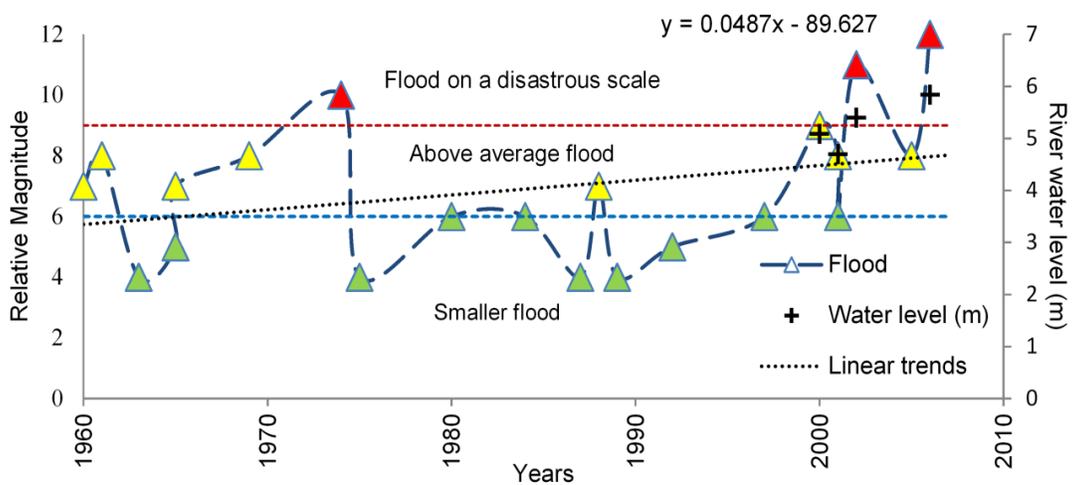


Figura N° 6: Recurrencia y tendencia de las inundaciones en el Río Andalién (1960-2010).

Fuente: Rojas, 2015



Figura N° 7: Registro fotográfico de la marisma anegada por el evento del año 2006.

Fuente: Didier Rouseet Buy, Julio 2006

5.1.3. Valoración de servicios ecosistémicos del humedal

En un estudio realizado por Coello en el año 2017, con base en la aplicación de encuestas a residentes cercanos al humedal Rocuant-Andalién, evaluó la percepción de los servicios ecosistémicos entregados por el humedal. La categoría de aprovisionamiento, resultó ser reconocida por el 31,4% de los encuestados. Un porcentaje bajo, pese a la presencia de cultivos de hortalizas en el sector Carriel Norte (Figura N° 8), en el sector El Rosal de la comuna de Penco (Figura N° 9). La categoría de servicios ecosistémicos de regulación, fue mencionada por un 69% de los encuestados, donde los habitantes reconocen que la presencia de la marisma es importante para la mitigación de inundaciones y/o anegamientos. Los servicios ecosistémicos culturales fueron reconocidos por un 80% de la población, principalmente identificado como un sitio de recreación y esparcimiento para la comunidad.

Además, el autor, reportó que un 91,8% de los encuestados, reconoció el servicio ecosistémico de hábitat para especies que ofrece el humedal. Esto debido a la cantidad de especies de aves que se aprecia en las poblaciones cercanas y en el humedal (Figura N° 10). Además, un 60% de la población encuestada reconoce que el humedal es un ecosistema muy importante y que debe ser conservado.



Figura N° 8: Cultivos de hortalizas en el sector Carriel Norte, Talcahuano.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 8 de octubre 2017



Figura N° 9: Cultivo de hortalizas en el sector El Rosal, Penco.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 28 de febrero 2018



Figura N° 10: Gaviota Cahuil, Pitotoy Chico y Grande.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 4 febrero 2017.

5.2. Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se establecieron tres objetivos. Para la descripción de proyectos (OE 1), se recopilaron antecedentes a través de entidades de servicio público, revisión bibliográfica y reconocimiento en terreno del área de estudio. Se compararon los instrumentos de planificación territorial (OE 2) que zonificaron la marisma, vigentes al año 2018, lo que permitió fijar el estado actual (E1), con la topografía y batimetría presente en el año 2018 y escenario futuro (E2), simulando rellenos en zonas del humedal, según lo establecido por las zonificaciones del PRMC (2003). Posteriormente, se utilizó el software Hec-Ras 5.0.4 para la modelación hidráulica de 10 escenarios de inundación considerando las diferentes tasas de retorno (T5, T50, T100, T200 y T500) y los escenarios topográficos propuestos.

En la figura N°11, se presenta una síntesis del desarrollo metodológico utilizado para evaluar los efectos de la urbanización sobre el servicio ecosistémico de mitigación de inundaciones fluviales.

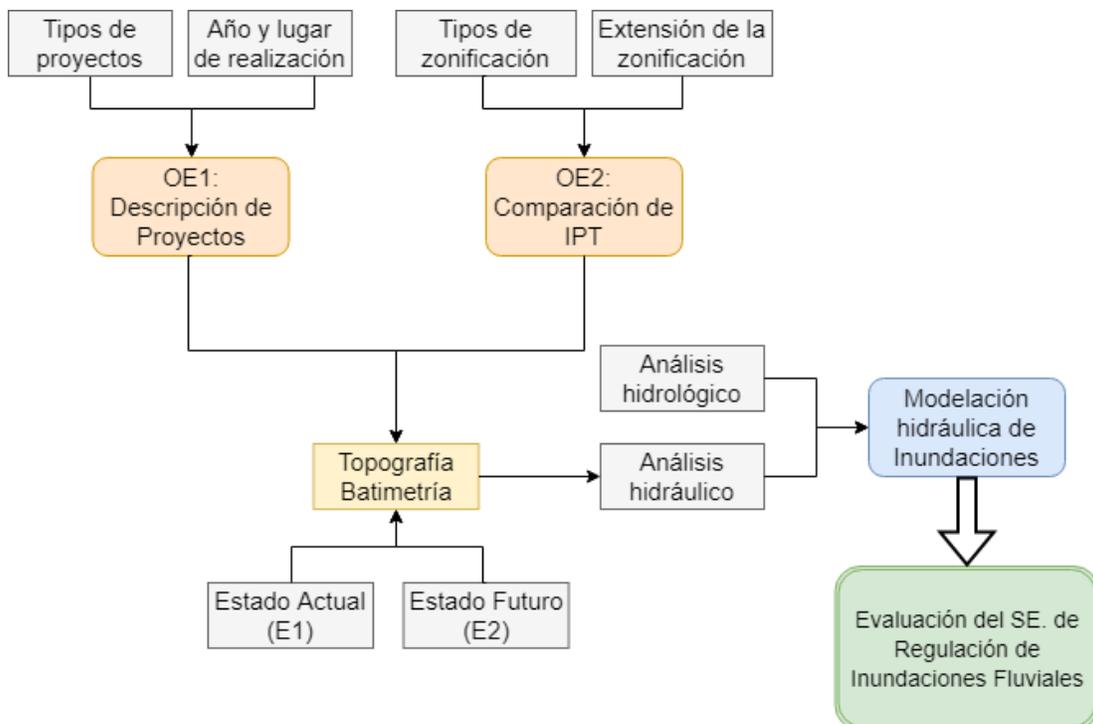


Figura N° 11: Resumen de metodología global

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1. Describir proyectos y/o actividades actuales y futuras que se desarrollan en la marisma Rocuant–Andalién

La recopilación de antecedentes se trabajó de manera similar para las tres comunas en estudio. Los tipos de antecedentes recolectados corresponden a datos digitales obtenidos de la revisión bibliográfica, registros fotográficos de informes revisados en municipios y registros fotográficos y geográficos obtenidos en terreno.

❖ Identificación bibliográfica

- ***Sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA)***

Por medio de plataformas digitales disponibles en la web, se realizó un compendio de información digital disponible para las comunas de Talcahuano, Penco y Concepción. La exploración de antecedentes se realizó por medio del buscador Google, donde en primera instancia se hizo referencia a inmobiliarias con proyectos en las comunas; una vez identificadas las empresas, se buscaron los proyectos presentados en la plataforma del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

En la plataforma no existe un índice o accesos directos a un listado de los proyectos presentados por comuna, por lo que se seleccionaron palabras claves (Tablas N° 7, 8 y 9) para la búsqueda de información referente a las tres comunas. En ubicación se seleccionó la región del Biobío y se buscó para todos los sectores productivos disponibles, se incluyeron Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA).

Tabla N° 7: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Talcahuano.

Palabras clave			
Rocuant - Andalién	Carriel Norte	San Marcos	Brisas del Sol
Rocuant	Carriel Sur	Santa Clara	El Morro
Humedal	Huertos Obreros	Las Salinas	Los Budes
Talcahuano	Huertos Familiares	Plataforma Logística	Carretera Interpotuaria

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Concepción.

Palabras Clave		
Concepción	Ribera Norte	Valmar
San Sebastián	Avda. Jorge Alessandri	Tierras Coloradas
San Andrés	Bellavista	Almondale
Andalién	Antilhue	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9: Palabras claves para la búsqueda de proyectos en SEIA, en Penco.

Palabras clave		
Penco	Muelles Penco	Vertedero Cosmitos
Playa Negra	El Rosal	
Cosmitos	Línea férrea	

Fuente: Elaboración propia

De los resultados arrojados por la plataforma, se seleccionó aquellos que influían directamente sobre el área de estudio. Se descargó la información disponible referente a líneas de base, descripción del proyecto, planos de ubicación, montos de inversión, entre otros. Finalmente se registraron en un archivo Excel.

❖ **Identificación en entidades municipales**

- ***Dirección de Medio Ambiente (DMA)***

En la búsqueda de información adicional para el área de estudio, se solicitó apoyo a las Direcciones de Medio Ambiente de Concepción y Talcahuano y la Dirección de Fomento Productivo de la comuna de Penco. Se acogieron las solicitudes por parte de los municipios de Talcahuano y Penco.

El día 5 de junio de 2017, se concurrió a la Dirección de Medio Ambiente de la Ilustre Municipalidad de Talcahuano, donde se solicitó conversar con el representante de la “Mesa de humedales”, (asociación de 8 municipios del AMC) de la comuna, quién accedió a compartir documentos digitales entregados al municipio de la organización.

Para la comuna de Penco, no se registró mayor intervención inmobiliaria en el sector colindante al humedal, por lo que se contactó a la Dirección de Fomento Productivo, específicamente en la Oficina de Borde Costero; se obtuvo información sobre las intervenciones registradas para el humedal y los proyectos municipales para la zona.

- ***Dirección de obras (DOM)***

Este tipo de recolección de antecedentes, se efectuó debido a la poca disponibilidad de DIA's o EIA's presentadas por inmobiliarias, por lo que se optó por recurrir a la Dirección de Obras Municipales (DOM) de la Comuna de Talcahuano y Concepción donde existen registros y permisos de edificación otorgado a las constructoras. En la comuna de Talcahuano el registro más antiguo que se consiguió correspondió al año 1954, donde se encontraron estudios y mecánicas de suelos, permisos de edificación, estudios de riesgos, entre otros documentos; mientras que, para la

comuna de Concepción, los registros encontrados solo correspondieron a permisos de edificación de los últimos 5 años.

La revisión de proyectos comenzó el día 3 de septiembre de 2017; se revisaron archivadores en busca del material necesario para la investigación, estos archivos fueron fotografiados y luego reorganizados en carpetas para el posterior análisis. La revisión de proyectos finalizó en marzo de 2018, con un total de 6 meses para la recopilación de antecedentes.

❖ **Identificación en terreno**

- ***Sector Carriel Norte, Talcahuano***

En el reconocimiento en terreno realizado el día 8 de octubre del año 2017, se visitó el sector Carriel Norte de la comuna de Talcahuano, donde se fotografió y georreferenció actividades y sitios que presentaron características alusivas al estudio, por ejemplo, sector de huertas y sitios de basurales clandestinos.

En esta misma ocasión se recorrió el parque industrial de Talcahuano, ubicado en el sector Huertos Obreros, colindante al área de estudio por el sector suroeste, que ha causado presiones considerables sobre el humedal. El Parque cuenta con un gremio de industrias que se unieron para desarrollar el proyecto “Parque Industrial Sustentable”, que incluye la protección del humedal Rocuant-Andalién, apoyando proyectos e investigaciones. Desde el gremio, facilitaron un listado de las industrias presentes en el sector (Anexo 3); el listado se rectificó a través de un reconocimiento en terreno, por la calle Jaime Repullo, donde se identificaron las empresas e industrias más cercanas al humedal.

- **Sector Avenida Costanera Andalién, Concepción**

Para el reconocimiento en el terreno en la comuna de Concepción, el día 26 de abril de 2018, se visitó el sector San Andrés del Valle hasta el sector final de la Avenida Andalién, que corresponde al sector más cercano al humedal en la comuna de Concepción. Se tomaron fotografías y se realizó georreferenciación de puntos de interés, con el objeto de contrastar los antecedentes recopilados de manera digital y física.

- **Sector camino a Cosmito, Penco**

Se realizó un recorrido el día 24 de febrero de 2018, ingresando por el camino a Cosmito, se continuó por el sector el Rosal, finalizando en el sector de Playa Negra, donde se encuentra Muelles Penco. La visita permitió identificar y corroborar nuevos puntos de interés no reportados en bibliografía, entre ellos, sector de huertas y gran cantidad de basurales clandestinos.

❖ **Síntesis de información**

Para la compilación y posterior descripción de los registros obtenidos en las tres comunas, se elaboró una tabla (Tabla N° 10) donde se clasificó la información obtenida. Una vez recopilados y clasificados los antecedentes, fueron dispuestos en una planilla Excel, para su revisión en detalle.

Tabla N° 10: Diseño de tabla para la síntesis de la recopilación de antecedentes.

Proyecto	Tipología	Extensión (ha)	Ubicación
San Marcos			
Brisas del Sol			
Muelles Penco			
...			

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Comparar la normativa urbana presente en los instrumentos de planificación territorial vigentes asociados a la marisma Rocuant – Andalién.

Para la comparación de los instrumentos de planificación territorial, fue necesario aislar la normativa aplicable sobre el área de estudio, para ello, se agruparon los cuatro instrumentos que influyen sobre la marisma, estos corresponden a los Planes Reguladores Comunes de Talcahuano, Penco y Concepción y el Plan Regulador Metropolitano; la disponibilidad en formato shp. permitió la utilización en el software ArcGis 10.4.

❖ Revisión instrumentos de planificación territorial

- ***Planes Reguladores Comunes (PRC's)***

Los planes reguladores comunales disponibles en la plataforma de IDE Chile (Infraestructura de Datos Geoespaciales), del Ministerio de Bienes Nacionales, para la comuna de Talcahuano, Concepción y Penco correspondieron a la versión del año 2011, 2015 y 2007 respectivamente.

La última versión consolidada de la normativa para la comuna de Talcahuano, fue del año 2016 y para la comuna de Penco fue del año 2007, las cuales no presentaron modificaciones para el área de estudio. Por otra parte, la normativa de la comuna de Concepción presentó modificaciones en el año 2017, por lo que la capa disponible, fue ajustada con base a las modificaciones establecidas.

- ***Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC)***

El Plan Regulador Metropolitano de Concepción considera 10 comunas, entre ellas Concepción, Talcahuano y Penco, la versión disponible en la plataforma de IDE Chile para el área metropolitana, corresponde a la versión aprobada en el año 2002. La ordenanza vigente corresponde a la publicada en el Diario Oficial del año 2003, a la fecha, el PRMC se encuentra en evaluación para su modificación.

❖ Clasificación y análisis de Instrumentos de Planificación Territorial

Posterior al ajuste de capas, se recalculó los valores de los polígonos formados, luego se extrajo la tabla de atributos con las características disponibles en el shp. las tablas de atributos se traspasaron al software Excel 2010. Aquí se seleccionó las columnas, Comuna, Zona, Nombre, UPREF, UPERM, Shape_Leng y Shape_Area, que permitieron identificar las zonificaciones.

El análisis de los instrumentos de planificación se completó, a través de la revisión de las ordenanzas de cada comuna como también la ordenanza del Plan Regulador Metropolitano. Para la realización del resumen de la información obtenida, se elaboró la tabla N° 11, la que fue replicada para cada instrumento de planificación territorial.

Tabla N° 11: Tabla para síntesis de análisis de instrumentos de planificación.

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos Permitidos
ZVN	Zona valor natural
...			

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Establecer parámetros socioeconómicos y físico-naturales que permitan cuantificar variaciones temporales en el potencial de mitigación de inundaciones fluviales del humedal Rocuant–Andalién

Para cuantificar las variaciones temporales en el potencial de mitigación de inundaciones fluviales del humedal, se establecieron parámetros socioeconómicos y físico – naturales, detallados en la Figura N° 12. Para la determinación de dichos parámetros, se realizaron modelaciones hidráulicas para las tasas de retorno T5, T50, T100, T200 y T500, entendiendo, la tasa de retorno, como la probabilidad de ocurrencia de un evento que iguala o excede una magnitud determinada.

La topografía y batimetría base, que se utilizó para las modelaciones fluviales, correspondió a una imagen LIDAR, que contenía las modificaciones topográficas y batimétricas realizadas al río Andalién al año 2018 (escenario 1); el ráster quedó definido con un tamaño de celda de 0,766677 x 0,766677 m, que correspondía al tamaño de celda original de la imagen LIDAR. Posteriormente fue modificado según los rellenos proyectados para el humedal, por el PRMC (2003) (escenario 2).

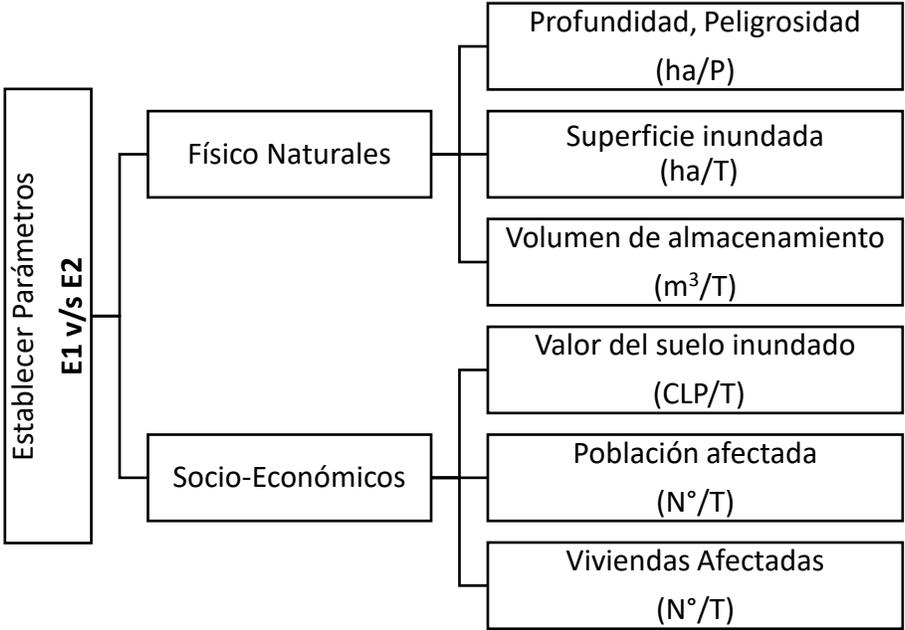


Figura N° 12: Parámetros establecidos para la cuantificación del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales. (P indica nivel de peligrosidad y T, periodo de retorno).

Fuente: Elaboración propia.

A través del software HEC-RAS 5.0.4, se simuló la extensión de las inundaciones fluviales en el humedal, para cada una de las tasas de retorno, que consideraron dos escenarios (E1 y E2). En este mismo contexto, el desarrollo de los objetivos específicos 1 y 2, permitieron establecer las modificaciones topográficas para el escenario 2.

Escenario actual (E1): Este escenario consideró las modificaciones hidráulicas realizadas al río Andalién al año 2018 levantadas mediante el proyecto FONDECYT 11150424, considerando el ensanchamiento y aumento de la profundidad, como la reducción de meandros. Incluye poblaciones y edificaciones que se encuentran colindantes al humedal según datos del censo 2017.

Escenario futuro (E2): Consideró las reducciones de superficie que se proyectan en los usos de suelo zonificados por los instrumentos de planificación territorial, principalmente el PRMC. Para el diseño del escenario, se utilizaron las alturas de los suelos urbanizados en el E1 (Tabla N°12) definidas en las descripciones de los proyectos ejecutados, mediante dicha información fue editada la topografía actual del humedal en zonas con potencial de urbanización según los IPT. En este escenario se consideró los avalúos fiscales del primer semestre de 2018, en tanto la población y viviendas, correspondieron a los datos censales de año 2017.

Tabla N° 12: Rangos de reclasificación de alturas para los rellenos proyectados.

Rango de alturas (m)	Relleno (m)
-0,5 – 0	2,5
0 – 0,5	2,0
0,5 – 1,0	1,5
1,0 – 1,5	1,0
1,5 – 2,0	0,5
> 2,0	0,3

Fuente: Elaboración propia

❖ Modelaciones de inundaciones fluviales.

Para la generación de las modelaciones de inundaciones se adaptó la metodología utilizada por Rojas *et al.*, (2017). La simulación correspondió a una modelación hidráulica de tipo 1-D (una dimensión), realizada para 10 escenarios (5 tasas de retorno en dos condiciones topográficas), se utilizaron las tasas de retorno

obtenidas por Arrau Ingeniería E.I.R.L (2012), que se detallan en la tabla N° 13. Mediante el software HEC-RAS 5.0.4, se desarrollaron 56 perfiles transversales, con un promedio de distancia entre secciones de 103,9 m y un ancho entre 409 – 8473 m que permitió cubrir los últimos 6,05 km del río Andalién. Se consideraron 3 valores de rugosidad de Manning, 0,035 y 0,04, para las secciones transversales izquierdas y derechas respectivamente y 0,033 para el canal. Finalmente, se consideró una altura de marea en la desembocadura del río (condición de borde) de 1.9 m. En la figura N° 13, se sintetiza el proceso utilizado para las 10 modelaciones realizadas.

Tabla N° 13: Caudales estimados para cada tasa de retorno (T).

Tasa de Retorno	Caudal Estimado (m³/s)
T5	266
T50	565
T100	634
T200	704
T500	828

Fuente: Elaboración propia

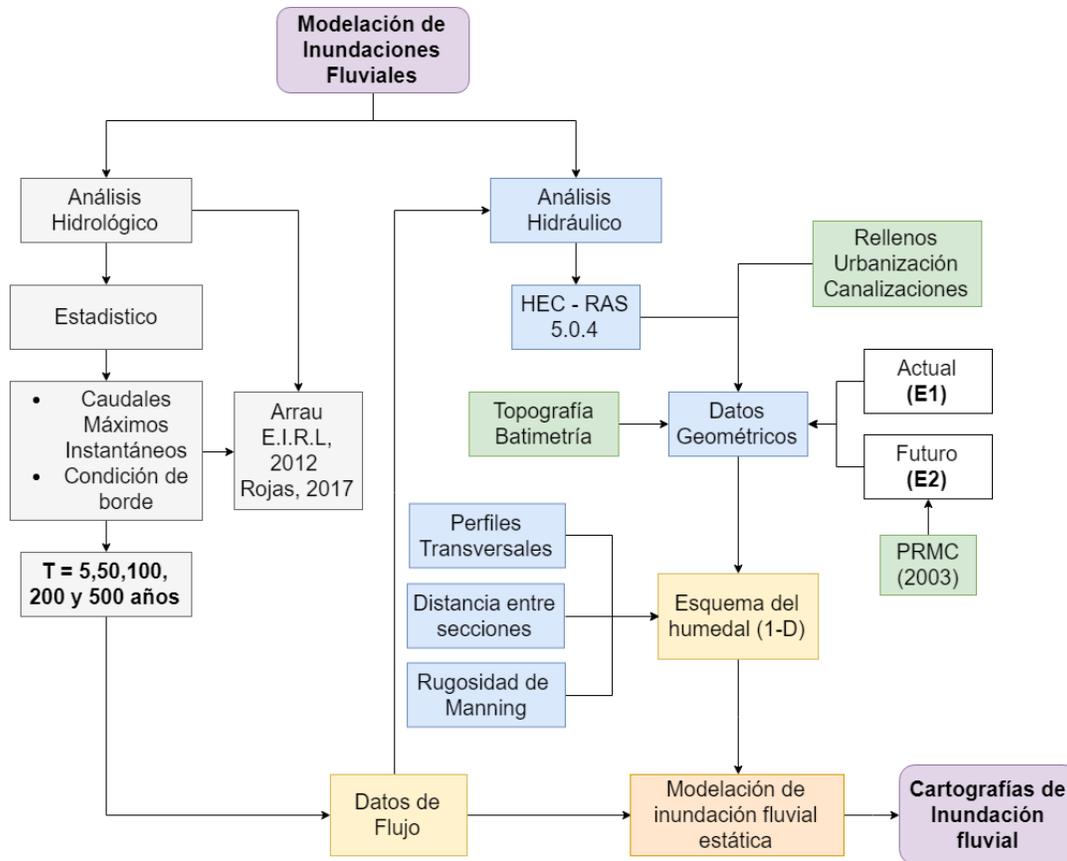


Figura N° 13: Diagrama del proceso de modelación.

Fuente: Adaptación, Rojas (2010).

Una vez que se obtuvieron las modelaciones de inundaciones fluviales, para las distintas tasas de retorno, se reclasificaron las alturas de las inundaciones según niveles de peligrosidad, lo que permitió establecer los parámetros de cuantificación del SE asociado. Cada parámetro se calculó para el escenario E1 y E2.

❖ Parámetros físico – naturales

- **Superficie inundada**

La superficie total de inundación consideró las zonas afectadas por más de 0,1m altura de columna de agua expresado en ha y tasa de retorno. Para el cálculo de las superficies inundadas por nivel de peligrosidad, se reclasificaron las modelaciones obtenidas según las alturas que alcanzaron las inundaciones (tabla

N°14), posteriormente, se generaron mascararas por nivel de inundación, lo que permitió extraer las áreas afectadas según las alturas de inundación.

Tabla N° 14: Rangos de clasificación de inundaciones

Nivel	Intensidad	Altura (m)	Color
Nivel 1	Baja	0,1 – 0,5	Amarillo
Nivel 2	Medio	0,5 – 1,0	Naranja
Nivel 3	Alto	> 1,0	Rojo

Fuente: Adaptación, INETER y COSUDE (2005)

- ***Volumen de almacenamiento***

Para la estimación del volumen de almacenamiento hídrico de la marisma, se utilizó la herramienta calculadora ráster para multiplicar el ráster que contenía las alturas (m) por el área del píxel (0,59 m²). El indicador se expresó como m³ por tasa de retorno.

- ***Profundidad y peligrosidad***

Los niveles de profundidad alcanzados por las inundaciones, fueron obtenidos directamente de los ráster generados por las modelaciones, posteriormente fueron reclasificados por nivel de peligrosidad y representados mediante su color correspondiente (tabla N°14), para mostrar estos resultados, se realizaron cartografías comparativas de los escenarios E1 y E2, por tasa de retorno.

❖ **Parámetros socio – económicos**

- ***Valor del suelo afectado***

El Servicio de Impuestos Internos mediante su servicio online, pone a disposición de usuarios la consulta de avalúos y contribuciones de bienes raíces, donde la plataforma dispuso de la “Cartografía Digital SII Mapas”, aplicación que fue diseñada para la busca de información por medio de un Sistema de Información

Geográfica (SIG). Este sistema incluye al humedal Rocuant-Andalién dentro de los límites de la comuna de Talcahuano. El día 22 de junio de 2017, por medio de la Ley de Transparencia se solicitó al SII la cartografía digital de avalúos por manzana, solicitud que fue rechazada por el organismo; para apelar, se visitó la oficina del SII el día 6 de septiembre de 2017, donde se solicitó nuevamente la información, sin resultado positivo. Finalmente, se realizó un proceso manual mediante la digitalización de polígonos, se generó una capa tipo .shp con las dimensiones disponibles en la plataforma online del servicio, con la distribución predial y el avalúo fiscal correspondiente al primer semestre de 2018.

Para obtener un ráster que permitiera cruzar la información de las modelaciones de inundaciones, con la información de los avalúos fiscales, fue necesario obtener el valor por cada pixel ($0,59\text{m}^2$), se generaron máscaras de los niveles de peligrosidad y luego se utilizó la herramienta extraer por máscara, para extraer el valor de las distintas áreas afectadas según su peligrosidad.

- ***Habitantes y viviendas afectadas.***

Para la caracterización poblacional del área de estudio, se utilizaron los datos censales a nivel de manzana del CENSO 2017, facilitados por el INE en formato .shp que permitieron la estimación de población y viviendas afectadas para las 10 modelaciones de inundaciones en E1 y E2. En ambos casos, la información fue expresada en N° por tasa de retorno.

6. RESULTADOS

6.1. Proyectos y/o actividades actuales y futuras que se desarrollan en la marisma Rocuant-Andalién

Según antecedentes recopilados, se registró un total de 26 proyectos dentro del área de estudio en el período 1954 - 2018, de los cuales 22 se encontraron finalizados, uno en construcción y tres proyectos en carpeta. Del total de proyectos, un 64% correspondió a inmobiliarios, 16% a proyectos logísticos e industriales, el 20% restante se distribuyó entre infraestructura vial, equipamiento municipal, o proyectos educativos (Figura N°16). En la tabla N° 14, se especificaron detalles de los proyectos analizados.

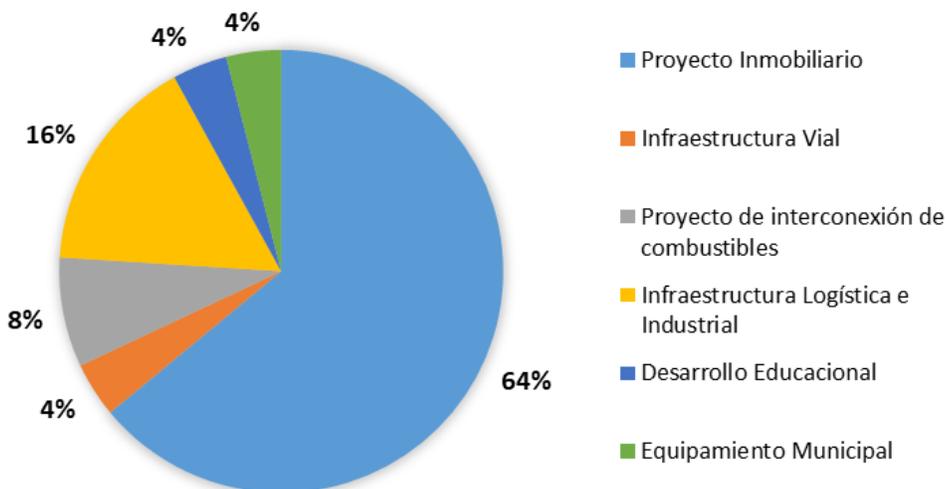


Figura N° 14: Proyectos presentados en el área de estudio por tipología.

La revisión de informes de relleno, estudios y mecánica de suelo, de los terrenos destinados a la edificación, señaló que las superficies fueron rellenadas y posteriormente compactadas. En los informes de rellenos se declaró que la compactación del suelo fluctuó entre el 80 y 95%. En la mecánica de suelos, se indicó la presencia de suelos tipo, arena fina, limoso orgánico con alta o muy alta humedad en el subsuelo (SM, ML o SP-SM, según la clasificación USCS) y en ocasiones se declaró la presencia de napas freáticas superficiales o presencia de

lagunas. Los estudios realizados desde 1980, certificaron el cumplimiento de la NCh 1726 Of80 de mecánica de suelos.

En cuanto a los estudios de riesgos presentados por las empresas constructoras, consideraron procesos por anegamientos pluviales, erosión y remoción en masa, los estudios concluyeron que los riesgos anteriormente mencionados no afectarían el desarrollo del proyecto inmobiliario.

Tabla N° 15: Detalle de proyectos encontrados y analizados para el estudio.

N°	Proyecto	Tipología	Extensión (HA)	Ubicación	Año
1	Barrio Brisas del Sol	Inmobiliario y Turístico	161,23	Talcahuano	2007 -2010
2	Ruta Interpotuaria	Infraestructura Vial	47,7 42 Sobre Marisma	Penco-Talcahuano	2004
3	Reemplazo Cañería Oleoducto Talcahuano-San Fernando, tramo Refinería- Cosmito	Interconexión de combustibles	No especifica	Talcahuano, Penco	2001
4	Conjunto Habitacional Parques del Carriel	Inmobiliario	37,2	Talcahuano	2012
5	Modificación Plan Regulador Metropolitano de Concepción, Sector Rocuant- Los Budes	Instrumento de Planificación Territorial	No especifica	Talcahuano	2001
6	Construcción de Viviendas Tipo en Caleta el Morro, Talcahuano	Inmobiliario	4,66	Talcahuano	2013
7	Las Salinas, ex población Luisa Echeverría	Inmobiliario	2,7	Talcahuano	1954
8	Parque Residencial San Marcos 2000	Inmobiliario	30,07	Talcahuano	2000 – no finalizado
9	Mega Loteo Las Salinas	Inmobiliario	73,66	Talcahuano	Loteo 1997 2005
10	Población Ex Matadero	Inmobiliario	1,1	Talcahuano	1984
11	Regularización y ampliación de las instalaciones de	Infraestructura Logística	Ampliación 25,109 Total 41,025	Penco	2007

N°	Proyecto	Tipología	Extensión (HA)	Ubicación	Año
	Muelles de Penco S.SA				
12	Barrio Salinas Lote B	Inmobiliario	31,24	Talcahuano	2007, RCA favorable
13	Terminal Marítimo GNL Talcahuano	Interconexión de combustibles	0,5	Talcahuano	En evaluación
14	Parque Industrial de Talcahuano	Industriales y desarrollo urbano		Talcahuano	1980
15	Plataforma Logística	Desarrollo Logístico, Industrial	864	AMC	Presentado 2004
16	Sistema de Evacuación de aguas servidas, sector Tierras Coloradas	Urbanización	189	Concepción	Aprobado 2011
17	Edificios Altos del Carriel	Inmobiliario	2	Concepción	2008
18	Barrio Valle Andalién	Inmobiliario	11,09	Concepción	2007
19	Barrio Bellavista	Inmobiliario	23,9	Concepción	Inicio 2009
20	Conjunto habitacional Torreones II de Bellavista	Inmobiliario	29,29	Concepción	2014
21	Colegio Almondale Lomas	Educacional	3,99	Concepción	2006
22	Sede Social San Sebastián.	Equipamiento Municipal	0,01	Concepción	2017
23	Condominio Don Renato	Inmobiliario	0,32	Concepción	2005
24	Condominio Don Gonzalo	Inmobiliario	0,35	Concepción	2007
25	Condominio Portal del Sol I y II	Inmobiliario	0,2	Concepción	2016
26	Viviendas Unifamiliares Aisladas	inmobiliario	0,088	Concepción	2017

6.1.1. Análisis temporal

Se registró desarrollo de proyectos inmobiliarios sobre el humedal desde el año 1954, con el Loteo de la población Luisa Echeverría, sector Las Salinas, donde se declaró la presencia de lagunas, se señaló que el lugar donde se pretendía edificar, era un sitio insalubre y no apto para la construcción de viviendas, tras varios años de presentación de documentos y preparación de los terrenos, en 1962 se entregó

la autorización por parte de la Dirección de Obras de Talcahuano, para la urbanización de la población.

En el año 1984, se autorizó la edificación del conjunto habitacional Santa Clara en Talcahuano, población que creció en torno al matadero que existió en la zona sobre el humedal, al igual que en el caso anterior, los terrenos fueron rellenados y se adaptaron para la urbanización, lo que implicó construcción de alcantarillados, red pública de agua potable y electricidad.

Durante la década de los noventa, la demanda de viviendas en la comuna de Talcahuano llevó al crecimiento de zonas urbanizadas en torno al canal Ifarle secundario, canalización realizada para el drenaje del humedal que dio origen al sector Vegas de Perales. Posteriormente, en los años 2000, se urbanizó el sector San Marcos 2000 y el Mega Loteo Las Salinas, que en conjunto suman más de 3000 viviendas para la comuna.

En la comuna de Talcahuano, el proyecto inmobiliario y turístico Brisas del Sol, contempló una superficie de 161,2 ha, con más de 3700 viviendas, entre casas y departamentos, además, de la construcción del Casino Marina del Sol. La urbanización se realizó sobre el humedal y en torno a la canalización Ifarle primario.

El área de estudio que corresponde a la comuna de Penco, solo registró la ampliación de Muelles Penco, que ha realizado rellenos en la desembocadura del río Andalién. Se debe considerar que el plan regulador de la comuna de Penco destina el sector El Rosal como uso de zona residencial, pero a la fecha, no fueron reportados proyectos en carpeta para esta zona. A su vez la comuna de Concepción registró crecimiento urbano sobre el humedal, con proyectos de urbanización desde el año 2000, principalmente proyectos inmobiliarios y de servicios, ubicados en la población Costanera Andalién.

De manera global, la presentación o ejecución de proyectos sobre el humedal, se intensificó desde la década del 2000, donde se registraron 23 proyectos para el periodo 2000 – 2018, en cambio para el periodo 1950 – 1999, solo se registraron, en la presente revisión, 4 proyectos, uno de estos, se desarrolló en la década de 1980 que correspondió al Parque Industrial Huertos Obreros, actual Parque Industrial ubicado en Avda. Jaime Repullo, donde coexisten más de 300 lotes industriales y sectores residenciales. En la Figura N° 15, se clasificó por década la cantidad de proyectos presentados o ejecutados en la marisma.

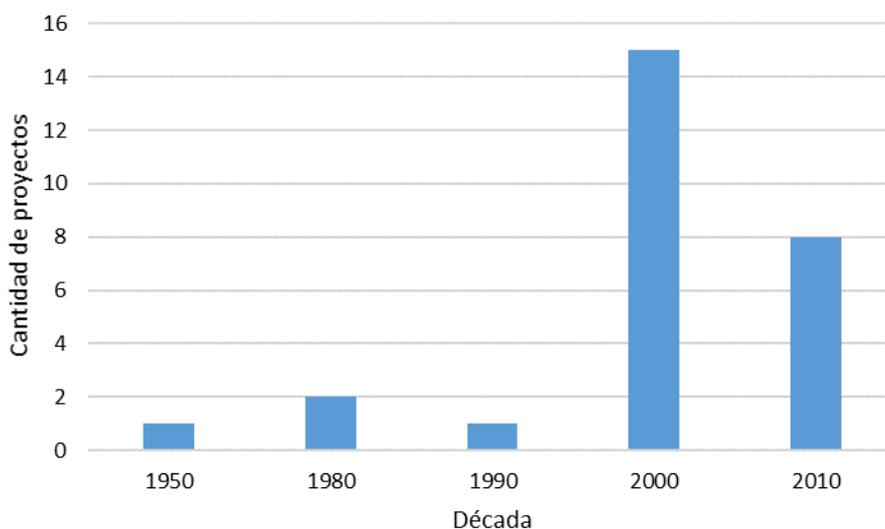


Figura N° 15: Proyectos presentados y desarrollados sobre el humedal por década.

6.1.2. Tipos de proyecto por comuna

Al clasificar los proyectos por tipología, se evidenció que el 64% corresponde a proyectos inmobiliarios, que se presentaron en las comunas de Concepción y Talcahuano. En la comuna de Penco, no hay registro de expansión inmobiliaria sobre el humedal. En tanto para el área metropolitana, los tipos de proyectos son variados, enfocados principalmente a la interconexión comunal y de abastecimiento energético (Oleoducto Transandino y GNL). En la Figura N° 16, se clasificó, la

variación y concentración de los proyectos por comuna y en el área metropolitana de Concepción.

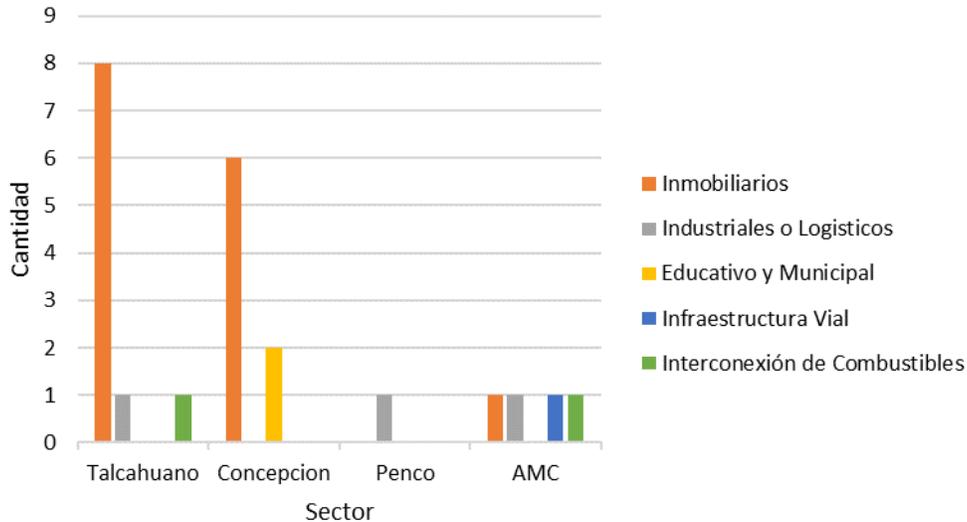


Figura N° 16: Distribución de proyectos por comuna, clasificado por tipología.

6.1.2. Consideraciones ambientales

Si bien los proyectos consideraron estudios para la seguridad y estabilidad de las poblaciones, no se consideró la sinergia de las intervenciones y crecimiento urbano sobre el humedal. Los estudios señalaron la presencia de napas freáticas y de cubierta vegetal, sin especificar especies vegetales o animales. Se encontraron 2 EIA's y 8 DIA's.

En cuanto al material utilizado para realizar rellenos, en ocasiones corresponde a desechos y escombros depositados de manera clandestina en sectores del humedal, como se puede observar en la Figura N° 17. Esto genera focos de vectores y contaminantes, además, afecta directamente la estabilidad de los rellenos y suelos.



Figura N° 17: Escombros en medio de material de relleno, sector Carriel Norte.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 20 de mayo 2018

6.1.3. Distribución de los proyectos

Los proyectos presentados en la comuna de Talcahuano, se consolidaron a partir de la vía principal Avda. Colon y posteriormente Autopista Talcahuano – Concepción, esta última generó fraccionamiento del ecosistema, perdiendo la conexión superficial con lo que se conoce como Humedal Vasco de Gama y Humedal Paicaví, el sistema se conecta de manera sub-superficial y mediante las canalizaciones realizadas para el desecamiento del humedal Rocuant, de esta manera se formaron los canales Ifarle primario y secundario (Figura N°18). En torno a los cuerpos de agua, se desarrollaron las poblaciones Vegas de Perales, San Marcos 2000, Barrio Las Salinas, Santa Clara y Brisas del Sol, que en conjunto suman más de 9000 viviendas unifamiliares.



Figura N° 18: Canal Ifarle Secundario, sector Vegas de Perales.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, tomada en terreno, 18 de mayo 2018

Por otro lado, la comuna de Concepción, registró crecimiento sobre el humedal desde el año 2005, principalmente desarrollo inmobiliario y de servicios en el sector Andalién, colindantes al río del mismo nombre. En la Figura N° 19, se puede observar parte de la sección inferior del río antes de su desembocadura.



Figura N° 19: Rio Andalién, sector Avda. Andalién, Comuna de Concepción.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, tomada en terreno, 26 de abril 2018

La comuna de Penco, solo registró el proyecto de ampliación de Muelles Penco, proyecto que intervino directamente la desembocadura del rio en su desembocadura al mar. Si bien no fueron registrados más proyectos, la presencia de basurales clandestinos a lo largo de la Ruta a Cosmito, reveló el uso ilegal del humedal para la disposición final de todo tipo de desechos y escombros (Figura N° 20 y N°21)



Figura N° 20: Basural clandestino en Ruta Camino a Cosmito, Comuna de Penco.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, tomada en terreno, 24 de febrero 2018.



Figura N° 21: Basural clandestino en sector Playa Negra, comuna de Penco.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, tomada en terreno, 24 de febrero 2018.

- ***Biobío Plataforma Logística***

El proyecto Biobío Plataforma Logística se encontró en carpeta para el Área Metropolitana de Concepción, señaló la ubicación “estratégica”, en donde se establecería, debido a la interconexión del Aeropuerto Carriel Sur, terminales marítimos, conexión con autopistas y también con la red ferroviaria. Todo se conectaría mediante infraestructura desarrollada sobre un terreno de 900 ha, denominado como la “reserva de suelo más importante y central del sistema urbano.” (Biobío Plataforma Logística, 2008). El PRMC señaló zonificaciones que coincidirían con el desarrollo de este proyecto. Por otra parte, se encontró que dicho proyecto estaría gestionado por Astillero y Maestranzas de la Armada (ASMAR), Inmobiliaria Parque Andalién, Gobierno Regional (GORE), Corporación Fomento de la Producción (CORFO), Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). El proyecto se encontró, a la fecha (diciembre, 2018), en búsqueda de inversores para su realización. Sin embargo, existen pre-definiciones para su emplazamiento (Figura N° 22)

El proyecto subdivide el área de estudio en 12 zonas, que incluyen servicios, actividades, distribución y apoyo logístico, servicios interportuarios, centro de acopio y transferencia, parque productivo industrial, parque tecnológico, centros empresarial y comercial, parque turístico y una zona de protección ecológica.

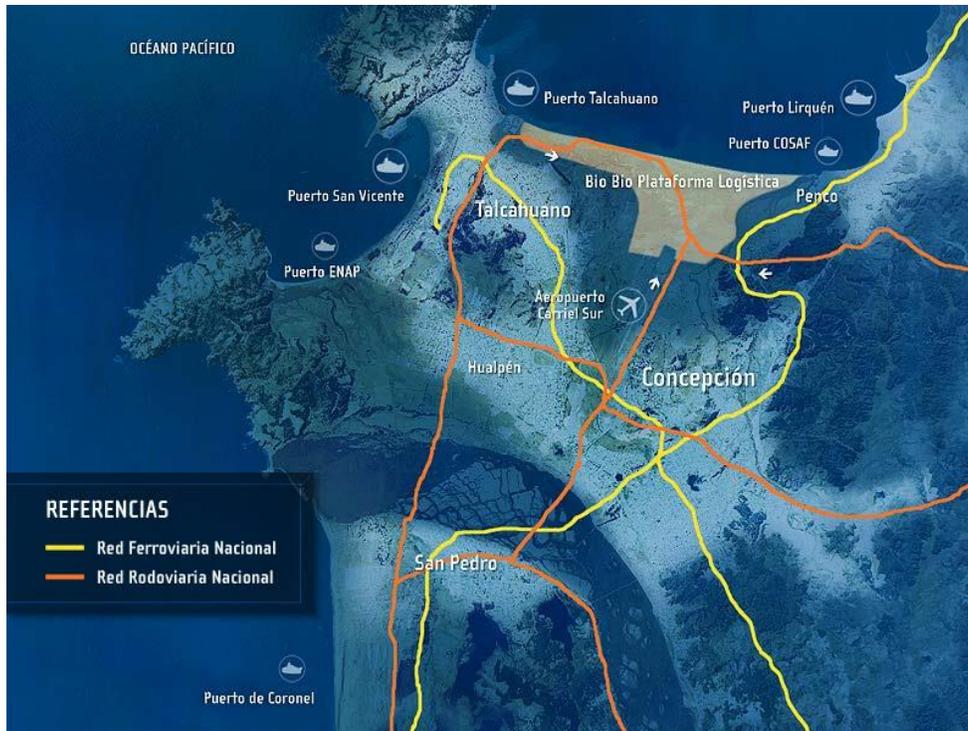


Figura N° 22: Redes viales descritas por proyecto Biobío Plataforma Logística.

Fuente: Extraído de <http://www.plataformalogistica.cl/pages-proyecto-atributos.html>

Al realizar el reconocimiento en terreno del humedal por el sector Carriel Norte, se encontraron procesos de rellenos de suelos (Figura N° 23) y un camino tipo terraplén que conectó con las lagunas de la marisma. También se identificaron letreros de advertencia por la presencia del oleoducto Transandino (Figura N° 24). En el mismo sector, pero colindando al Aeropuerto Carriel Sur, existió por años el vertedero Carriel Norte, que funcionó como receptor de los desechos domiciliarios de la comuna de Talcahuano hasta el año 2001. Al momento de visitar en terreno el sector, el ahora pasivo ambiental, aparentaba una colina de verdes prados (Figuras N° 25 y N° 26).



Figura N° 23: Rellenos del humedal Carriel Norte, comuna de Talcahuano.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 20 de mayo 2018



Figura N° 24: Carteles de advertencia de la presencia de oleoducto Transandino en sector Carriel Norte.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 20 de mayo 2018



Figura N° 25: Ex vertedero de la comuna, sector Carriel Norte, actual pasivo ambiental, comuna de Talcahuano.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 8 de octubre 2017



Figura N° 26: Paisaje que se puede observar desde el ex vertedero, comuna de Talcahuano.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, 8 de octubre 2017

6.2. Normativa urbana presente en los instrumentos de planificación territorial vigentes asociados a la marisma Rocuant-Andalién.

La administración territorial de la marisma depende del Gobierno Regional, a través del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC) y también responde a los Planes Reguladores Comunales de Talcahuano, Penco y Concepción (PRC-T, PRC-P y PRC-C, respectivamente). La definición de polígonos al interior de la marisma fue delimitada en el PRMC en el año 2003, a la fecha no han sido modificados, por lo que el análisis corresponde a la normativa vigente a diciembre de 2018.

6.2.1. Plan regulador comunal de Talcahuano

Este instrumento entró en vigor el 31 de enero de 2006, reemplazando al antiguo PRC de 1982, se registraron, a diciembre de 2018 cuatro modificaciones de las cuales ninguna influyó sobre el área de estudio. La superficie analizada fue de 680,5 ha, en la comuna de Talcahuano, parte de esta gobernanza fue previamente establecida por el PRCM. En la tabla N° 16, se pudo observar las zonificaciones establecidas por la ordenanza, si bien existen 16 tipos de zonificaciones, estas permiten usos en común, por ejemplo, la zona ZH, zona residencial, ZHEQ, zona residencial y equipamiento y la zonificación ZI-5, zona industrial sector Huertos Obreros, también permitieron el uso residencial.

El desglose de la ordenanza municipal, permitió evidenciar la variedad de zonificaciones que regulan el crecimiento urbano sobre la marisma. Solo se hace referencia al humedal como ZPM, zona de protección de marisma, sin embargo, permite la intervención de la superficie, a través de “obras necesarias para su mantención y normal funcionamiento”. Adicionalmente permite áreas verdes como parques naturales y miradores.

Tabla N° 16: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-T sobre el humedal Rocuant – Andalién.

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
ZAV	Zona de áreas verdes	41,6	Áreas verdes
ZCA	Zona caleta	3,1	Residencial. Equipamiento: comercial, culto, deporte, educación, esparcimiento, servicios, social y científico. Espacio público y áreas verdes.
ZEQ	Zona equipamiento	5,7	Equipamiento científico, comercio, culto y cultura, deporte, educación, esparcimiento, seguridad (excepto cárceles y centro de detención), salud (excepto cementerios y crematorios), servicios y social; y áreas verdes.
ZEXAP	Zona extensión antepuerto	29,4	Residencial necesaria para el funcionamiento de la actividad, equipamiento de toda clase asociado a la actividad de establecimiento de bodegaje e infraestructura. Actividades productivas de bodegaje inofensivo y molesto e infraestructura.
ZEXAV	Zona de extensión de áreas verdes	2,3	Equipamiento deportivo y de esparcimiento. Espacio público y áreas verdes.
ZEXEQ	Zona de extensión de equipamiento	30,3	Equipamiento comercial, culto, deporte, educación, esparcimiento, salud, seguridad, servicios, social y científico. Espacio público y áreas verdes.
ZEXI	Zona de extensión industrial	38,3	Residencial necesaria para la actividad; equipamiento de comercio, deporte, salud, seguridad y servicios; áreas verdes, actividades productivas de industria, taller y bodegaje inofensivo y molesto, e infraestructura. Ver Ordenanza.
ZEXPC	Zona de extensión puerto comercial	29,5	Residencial necesaria para el funcionamiento de la actividad, equipamiento asociado a la actividad, actividades productivas de bodegaje inofensivo y molesto, infraestructura excepto sanitaria y energética.
ZEXSC	Zona de extensión servicios comerciales	15,4	Equipamiento científico, comercio, deporte, seguridad y servicios; áreas verdes, actividades productivas de industria, taller y establecimiento de bodegaje inofensivo, e infraestructura. Más detalle revisar Ordenanza.
ZH	Zona residencial	248,1	Residencial, equipamiento de toda clase, áreas verdes, actividades productivas de talleres inofensivos, infraestructura de transporte excepto

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
			recintos o instalaciones marítimos, portuarios o aeroportuarios.
ZHEQ	Zona residencial y equipamiento	0,8	Residencial; equipamiento científico, comercio, culto y cultura, deporte, educación, esparcimiento, salud (excepto crematorios y cementerios), servicios y social. Más detalle en Ordenanza.
ZI – 4 ZI – 5 ZI – 6	Zona industrial	105,4	Residencial; equipamiento científico, comercio, culto y cultura, deporte, educación, esparcimiento, salud (excepto crematorios y cementerios), servicios y social. Más detalle en Ordenanza.
ZPBcP	Zona protección borde costero productivo	9,6	Equipamiento científico, seguridad y servicios; áreas verdes e infraestructura asociada a las actividades productivas, excepto sanitaria y energética.
ZPDr ZPM	Zona protección de drenaje Zona protección de marisma	102,4 18,2	Se permite un manejo de protección natural del área y obras necesarias para su mantención y normal funcionamiento, y áreas verdes. Más detalle revisar Ordenanza.
ZSC	Zona servicios comerciales	3,9	Equipamiento científico, comercio, deporte, seguridad y servicios; áreas verdes, y actividades productivas de industria y establecimiento de bodegaje inofensivo. Más detalle en Ordenanza.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, con base en ordenanza PRC de Talcahuano

En la Figura N° 27, se agruparon las zonificaciones que permitieron el uso residencial para Talcahuano; se clasificaron en habitacional, que correspondieron al 66% de la superficie, aquellas zonas que permitían el desarrollo de distintos servicios, se incluyeron en equipamiento, y en total, junto a las áreas verdes, urbanizarían el 82% del área perteneciente a la comuna de Talcahuano, solo un 17,6% del área estaría destinada a la protección de la marisma, presentando algún tipo de intervención.

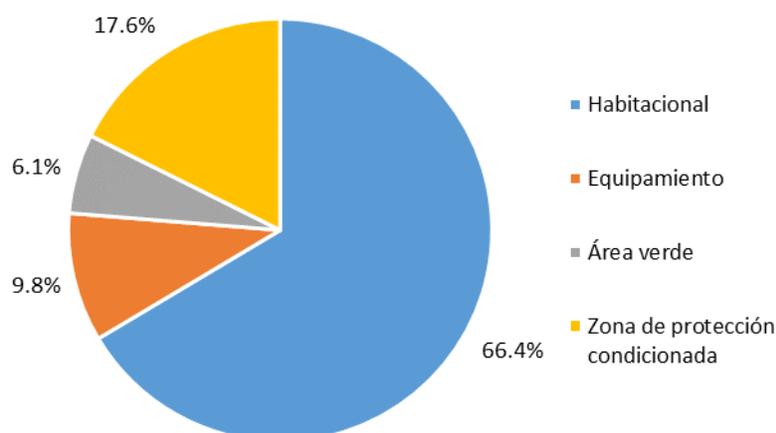


Figura N° 27: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-T, sobre la marisma Rocuant – Andalién.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, respecto a zonificaciones de PRC-T

6.2.2. Plan regulador comunal de Concepción

La comuna de Concepción cuenta con instrumentos de planificación territorial desde el año 1982, la promulgación del nuevo PRC-C en 2004, derogó en el antiguo plan, y entró en vigencia el 7 de octubre de 2009. Desde esta fecha, a diciembre de 2018, se registraron 6 modificaciones de las cuales dos influyeron sobre el área de estudio, modificando las condiciones de edificación para los sectores cercanos al Río Andalién. La superficie que se analizó en la comuna de Concepción fue de 14,7 ha, cercana al sector Andalién, parte de esta gobernanza fue previamente establecida por el PRC-M en 2003. En la tabla N° 17, se pueden observar las zonificaciones establecidas por la ordenanza, existen 4 tipos de zonificaciones, dos de estas HE3 y PP, permiten el uso residencial, a continuación, se detallan los usos permitidos y la superficie asociada.

Tabla N° 17: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-C sobre el humedal Rocuant – Andalién

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
AV	Zona de área verde	0,04	Áreas verdes
HE3	Zona habitacional de Expansión	0,2	Residencial. Equipamiento: comercial, culto, deporte, educación, esparcimiento, salud, seguridad, servicios, social y científico. Actividades productivas inofensivas.
	Laguna	3,6	
PE	Zona de protección	3,7	Equipamiento: comercial, culto, deporte y esparcimiento.
PP	Zona de protección	7,3	Residencial. Equipamiento: comercial, culto, deporte, educación, esparcimiento, salud, seguridad, servicios, social y científico.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, con base en ordenanza PRC de Concepción

Para la elaboración de la figura N° 28, se agruparon las zonas HE3 y PP, las cuales permitieron uso mixto, residencial y protección, ambas alcanzaron un 49% de la superficie urbanizada. Las zonas PE y PP no fueron consideradas como zonas de protección debido a que no especificaban el tipo de protección que otorgan a la marisma. Las zonas de áreas verdes alcanzaron un 0,3% de la superficie.

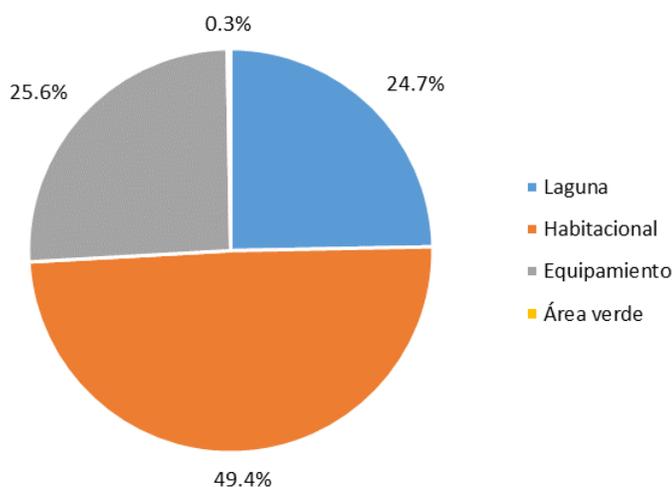


Figura N° 28: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-C, sobre la marisma Rocuant – Andalién.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz respecto a zonificación de PRC-C

6.2.3. Plan regulador comunal de Penco

En el año 1982, se aprobó el primer instrumento de planificación para la comuna, en el año 2007, fue actualizado. La normativa establecida en la ordenanza, señala como reglamentación complementaria (Art. 1.6) que, la planificación territorial de Penco, además, se rige por “disposiciones establecidas en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC), la Ley General de Urbanismo y Construcciones (L.G.U.C.) y su Ordenanza General (O.G.U.C.), por la Ley 19.300 (Ley de Bases del Medio Ambiente), por la Ley 18.892 (Ley General de Pesca y Acuicultura) y demás disposiciones legales y reglamentarias vigentes sobre la materia”.

De 2007, a diciembre de 2018, se registró una modificación en el año 2016, la cual no influyó sobre el área de estudio. La superficie analizada en la comuna de Penco fue de 359,6 ha, donde se encuentra la parte baja del río Andalién, así como su desembocadura, parte de esta gobernanza fue previamente establecida por el PRC-M en 2003. En la tabla N° 15, se pueden observar las zonificaciones establecidas por la ordenanza de Penco, se especificaron las superficies y usos permitidos por la ordenanza local. Existieron 13 tipos de zonificaciones, en comparación a los planes reguladores anteriores, este instrumento presenta la zonificación ZP – 6, como espacio público y áreas verdes, además la zonificación ZP – 2, PZ – 4, ZP – 5 y ZP – 7, también entregan protección a la marisma. Llegando al 46% de protección de la superficie, equivalente a 165,4 ha.

Al resumir el instrumento que aplica sobre la marisma en la comuna de Penco, se obtuvo la Figura N° 29, donde se puede apreciar en conjunto los tipos de usos permitidos para la urbanización.

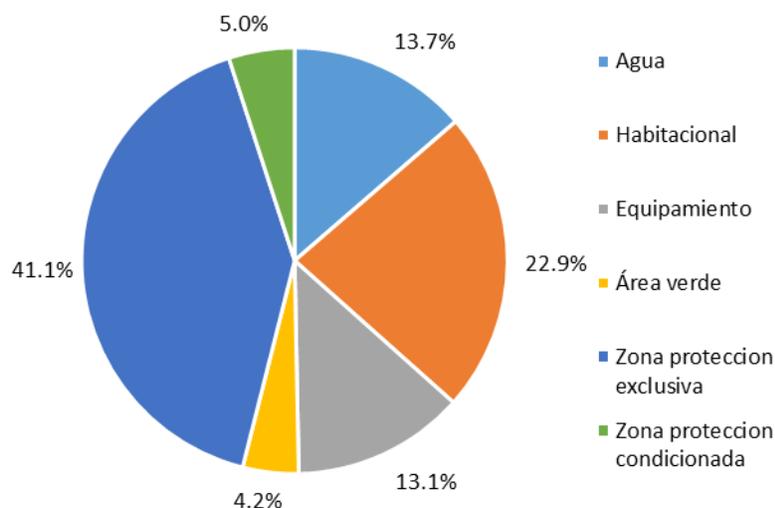


Figura N° 29: Tipos de usos de suelo permitidos en el PRC-P, sobre la marisma Rocuant – Andalién.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, respecto a zonificación de PRC-P

Tabla N° 18: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-P sobre la marisma.

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
ZAP – 1	Zona de Actividad productiva portuaria	38,0	Residencial. Equipamiento: comercial, salud y seguridad. Infraestructura de transporte.
ZE – 6	Zona de equipamiento de parque	0,2	Equipamiento de comercio, culto y deporte. Espacio público y áreas verdes.
ZEC – 1	Zona residencial condicionada por anegamiento	6,2	Residencial y equipamiento de todo tipo.
ZEC – 3	Zona de actividades productivas condicionadas por inundaciones	41,2	Residencial. Equipamiento: comercial, salud, seguridad y servicios. Actividades productivas molestas e inofensivas.
ZEC – 4	Zona portuaria condicionada por inundaciones	14,2	Residencia. Equipamiento comercial, salud y seguridad. Infraestructura de transporte.
ZEC – 6	Zona de equipamiento deportivo condicionada por inundaciones	8,8	Equipamiento deportivo

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
ZER	Zona de extensión residencial	20,7	Residencial y equipamiento de todo tipo.
ZP – 2	Zona de protección de instalaciones e infraestructura	0,2	Infraestructura de todo tipo
ZP – 4	Zona de protección por pendientes y quebradas	2,1	Acciones de protección de laderas y quebradas, y forestación preferentemente con especies nativas.
ZP – 5	Zona de protección de cauces naturales	15,7	Actividades silvícolas y extracción de áridos.
ZP – 6	Zona de protección de áreas de valor natural	147,7	Espacio público y áreas verdes.
ZP – 7	Zona de protección de áreas verdes y separación	15,2	Todos los usos de suelo no mencionados como permitidos
AGUA		49,1	

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, con base en ordenanza PRC de Penco

6.2.4. Plan regulador metropolitano de Concepción

El actual PRMC, entró en vigencia el año 2003, se registraron 10 modificaciones. A diciembre de 2018, se desarrollaba el 11° proceso de modificación, el de mayor magnitud a la fecha. Paralelamente a la tramitación del PRMC vigente, en el año 2001, se incluía una nueva modificación al antiguo instrumento (1980), donde se modificaron usos de suelo y se incluyeron las zonificaciones PE – 6 que se definió correspondiente a un “corredor biológico” y PE – 7 que condicionaba las infraestructuras a desarrollar un diseño necesario para mantener y resguardar características naturales del paisaje, vegetación, hidrología y su valor ambiental.

La superficie analizada del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC), correspondió a 2.693,3 ha. Como se mencionó anteriormente, este instrumento condiciona el desarrollo territorial de las tres comunas en estudio, por lo que existieron áreas superpuestas en la gestión de la marisma. En la tabla N°19, se observaron las zonificaciones y los usos permitidos establecidos por la ordenanza.

Existe una normativa específica para la ZAB-2, Zona de Almacenamiento, Acopio y Bodegaje, sector Rocuant, donde se establece que la urbanización de la zona, debe contemplar alcantarillado, agua potable y aguas lluvias; también estableció que, para la urbanización del terreno, deberá contar con estudio de riesgos que definan el nivel del terreno. Al resumir el instrumento que aplica sobre la marisma en el área metropolitana, se obtuvo la Figura N° 30, donde se pudo apreciar en conjunto los tipos de usos permitidos.

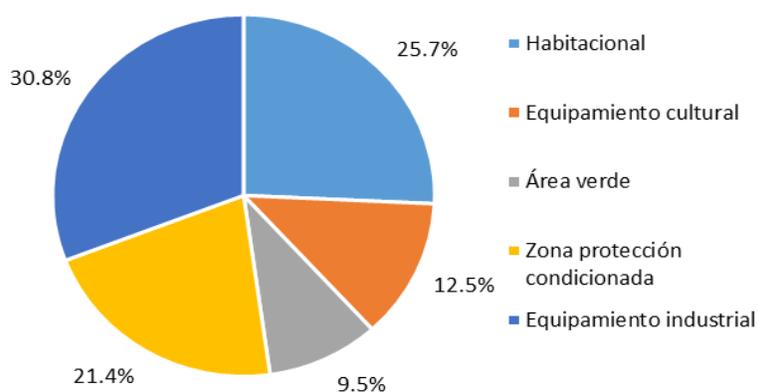


Figura N° 30: Tipo de usos de suelo permitidos en el PRC-C, sobre la marisma Rocuant – Andalién.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, con base en zonificación del PRM-C

Tabla N° 19: Tipos de usos de suelo permitidos por el PRC-M sobre la marisma Rocuant – Andalién.

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
AVS	Zona área verde y de separación	22,5	Área verde
ZAB	Zona almacenamiento, acopio y bodegaje	397,5	Industrial: industria inofensiva, almacenamiento, acopio y bodegaje, inofensivo y/o molesto. Equipamiento asociado a la actividad. Infraestructura de transporte. Vivienda unifamiliar necesaria para el funcionamiento de la actividad.
ZAC	Zona asentamiento costero	2,6	Habitacional. Equipamiento complementario a la habitación, esparcimiento, turismo y pesca artesanal. Infraestructura de transporte e

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
			industria inofensiva y molesta, asociados a la pesca artesanal.
ZD	Zona drenaje	191,5	Silvícola (sólo de protección) y minería (sólo extracción de áridos de lechos en cursos de agua, autorizadas por los servicios competentes).
ZDC	Zona desarrollo condicionado	228,3	Habitacional, equipamiento de salud y educación e infraestructura de transporte.
ZEHM	Zona extensión habitacional mixta	201,5	Habitacional, equipamiento, industrial inofensivo e infraestructura de transporte.
ZEMD	Zona equipamiento deportivo	2,9	Equipamiento deportivo.
ZEMS	Zona equipamiento metropolitano	63,5	Equipamiento asociado al almacenamiento y transferencia de pasajeros y carga. Equipamiento, infraestructura de transporte terrestre, industrial (sólo almacenamiento, acopio y talleres, inofensivos y molestos con impactos mitigados), vivienda complementaria a la actividad.
ZEPM	Zona equipamiento parque metropolitano	122,1	Áreas verdes y equipamiento complementario, tales como comercio, culto, cultura, deportes, esparcimiento y turismo y servicios afines con la función de parque metropolitano.
ZHM	Zona habitacional mixta	313,1	Habitacional, equipamiento, infraestructura de transporte terrestre (ferroviario y rodoviario) y fluvial. Industria y almacenamiento inofensivos y talleres inofensivos o molestos.
ZI	Zona industrial	247,9	Industria inofensiva o molesta, infraestructura de transporte de apoyo a la actividad industrial, equipamiento asociado a la actividad industrial y vivienda complementaria a la actividad.
ZIS	Zona de interés silvoagropecuario	85,6	Vivienda según a la actividad, agropecuario, silvícola y minero. Se autoriza Vivienda con subsidio estatal, equipamiento, industria (inofensiva, molesta y/o peligrosa), infra. de transporte, plantas de tratamiento de residuos sólidos

Sigla	Zonificación	Superficie (ha)	Usos permitidos
ZP	Zona playas	105,8	Equipamiento de esparcimiento y turismo, cultura y comercio complementario. Silvícola sólo de protección.
ZTT	Zona terminal de transporte	212,2	Infraestructura de transporte. Equipamiento asociado a las actividades de transferencia y almacenaje. Almacenamiento inofensivo, molesto y eventualmente peligroso. Vivienda complementaria a la actividad.
ZVN	Zona valor natural	495,8	Equipamiento de cultura, esparcimiento y turismo. Habitacional complementario al funcionamiento y mantenimiento del recurso. Silvícola sólo de protección. La ZVN de marismas y humedales, será actividad recuperación y protección.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz con base en ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Concepción.

6.3. Parámetros socio-económicos y físico-naturales para cuantificar el potencial de mitigación de inundaciones fluviales

6.3.1. Modelaciones de inundaciones

Las modelaciones de inundación permitieron cuantificar el valor del suelo, población y viviendas afectadas, también permitió establecer parámetros físicos como el volumen de almacenamiento de la marisma. La cartografía representada entre las Figuras N°31-N°33, corresponden a las modelaciones para la condición actual (E1) y el escenario proyectado (E2) para las tasas de retorno (T) de 5, 50 y 500 años; mientras que las modelaciones correspondientes a las tasas de 100 y 200 años pueden ser revisadas en el Anexo 1 y 2, respectivamente. En general se observó que la superficie inundada decreció en todos los escenarios de inundación proyectados, entre un 30%-59%, debido al incremento de los rellenos en zonas de humedal.

En el caso de las modelaciones para las tasas de retorno T5 y T50 (Figura N°31-32), que equivalen a inundaciones de alta recurrencia y de menor magnitud, presentaron un comportamiento similar. La superficie afectada por una inundación

varió en un 52% en la condición proyectada entre ambas tasas, debido a la disminución de las zonas del humedal inundadas, las que se mantienen en las áreas definidas como zonas de valor natural por el Plan Regulador Metropolitano de Concepción del año 2003. La urbanización del humedal, produciría un aumento de las zonas de peligro alto en áreas urbanas actuales; en especial para T5, se registró un aumento de 35 ha en la condición que decrece la superficie del humedal.

La Figura N°33 corresponde a la T=500, que equivale a una inundación menos frecuente, pero de una mayor magnitud. Según Rojas et al., (2017) dicha inundación es equivalente al proceso hidrometeorológico ocurrido el año 2006, debido a las modificaciones del cauce introducidas. La observación de la condición actual en contraste con la condición proyectada mostró que las superficies afectadas hasta con 1 m de profundidad fueron de 557,7 ha, mientras que en el escenario proyectado dicha superficie alcanzó 1036,4 ha. Al acotar, dicha comparación a la zona urbana actual, se obtuvo que existiría un incremento del 24% de superficie afectada por una posible inundación; las nuevas zonas afectadas corresponderían a los sectores de Las Salinas, destacado en un círculo discontinuo color negro en la Figura N°32 y los sectores, Brisas del Sol y parte del Aeropuerto Carriel Sur.

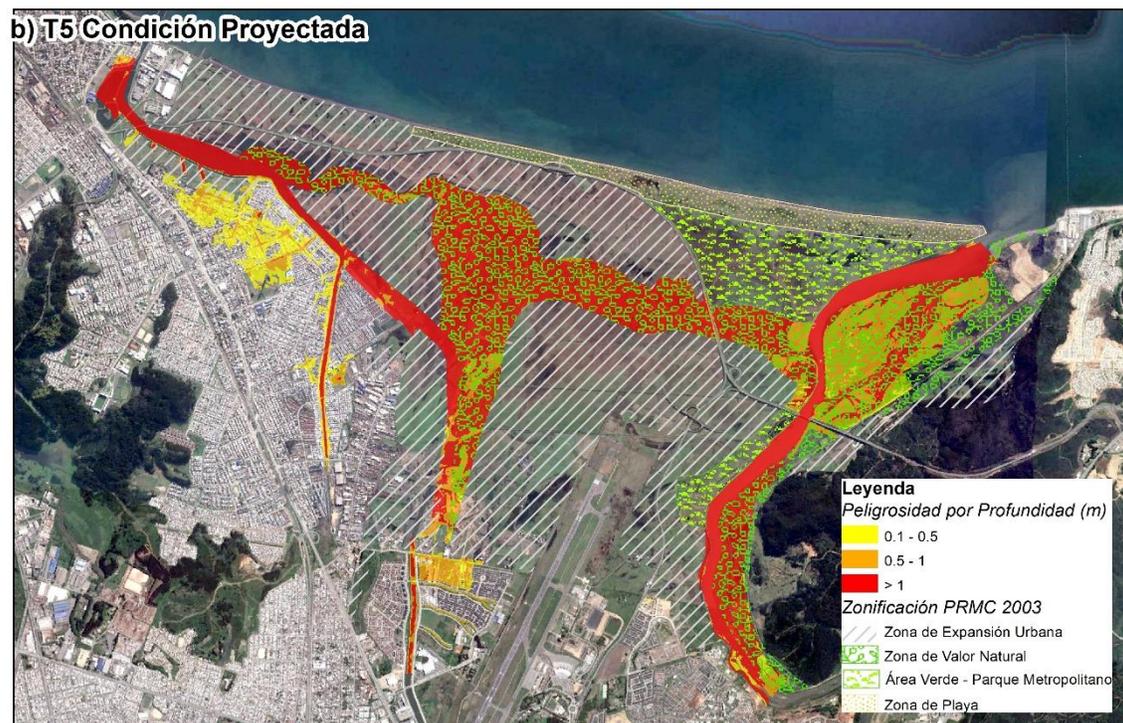
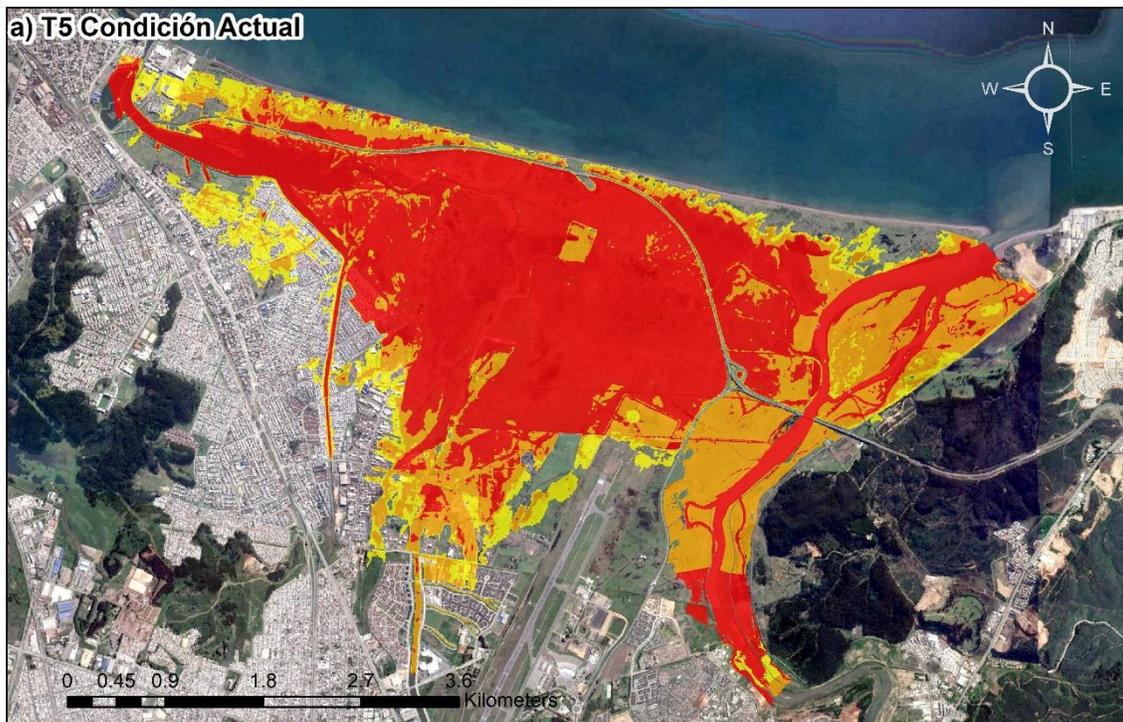


Figura N° 31: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 5 años (T5).

Fuente: Elaboración propia

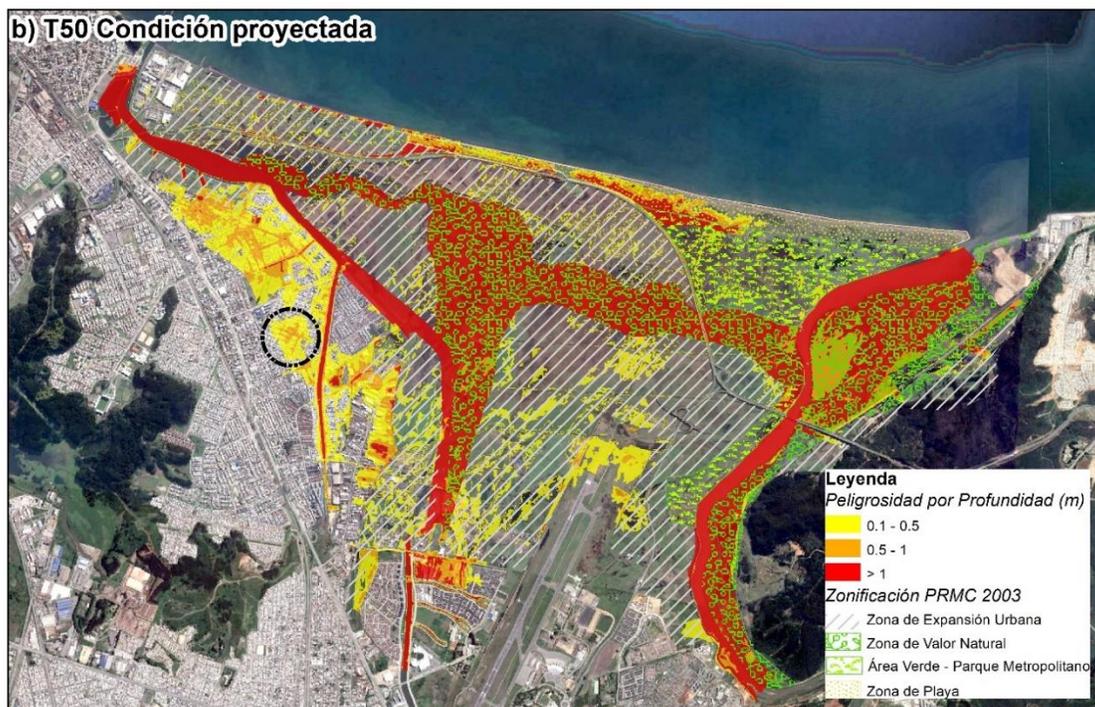
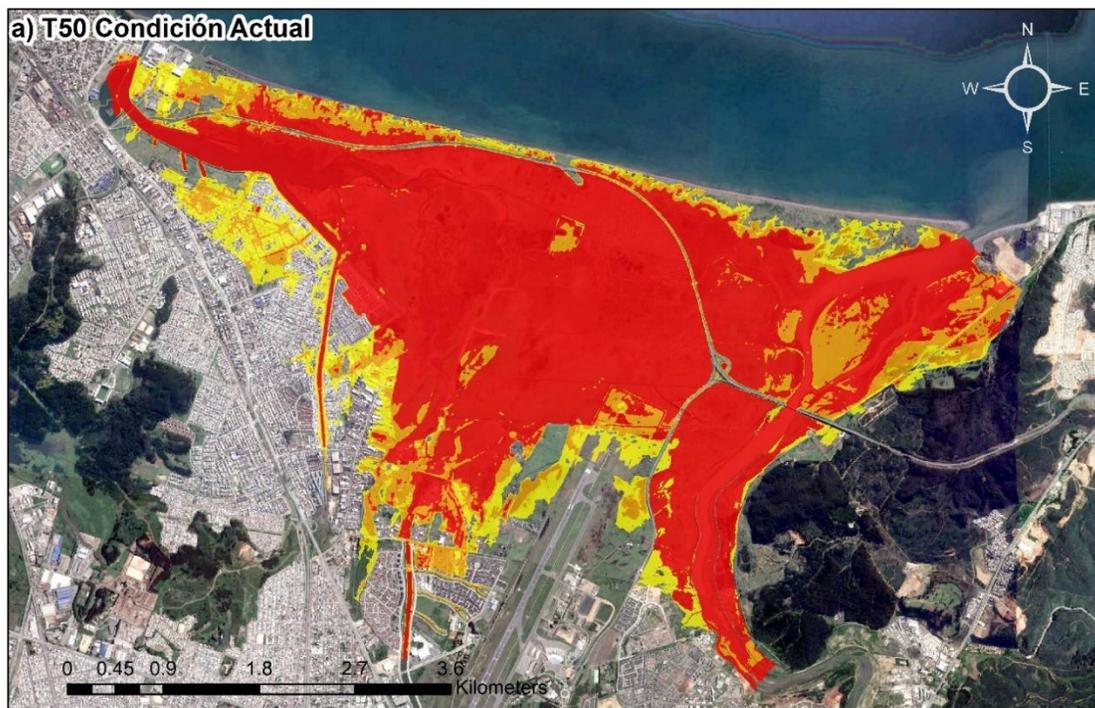


Figura N° 32: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 50 años (T50).

Fuente: Elaboración propia

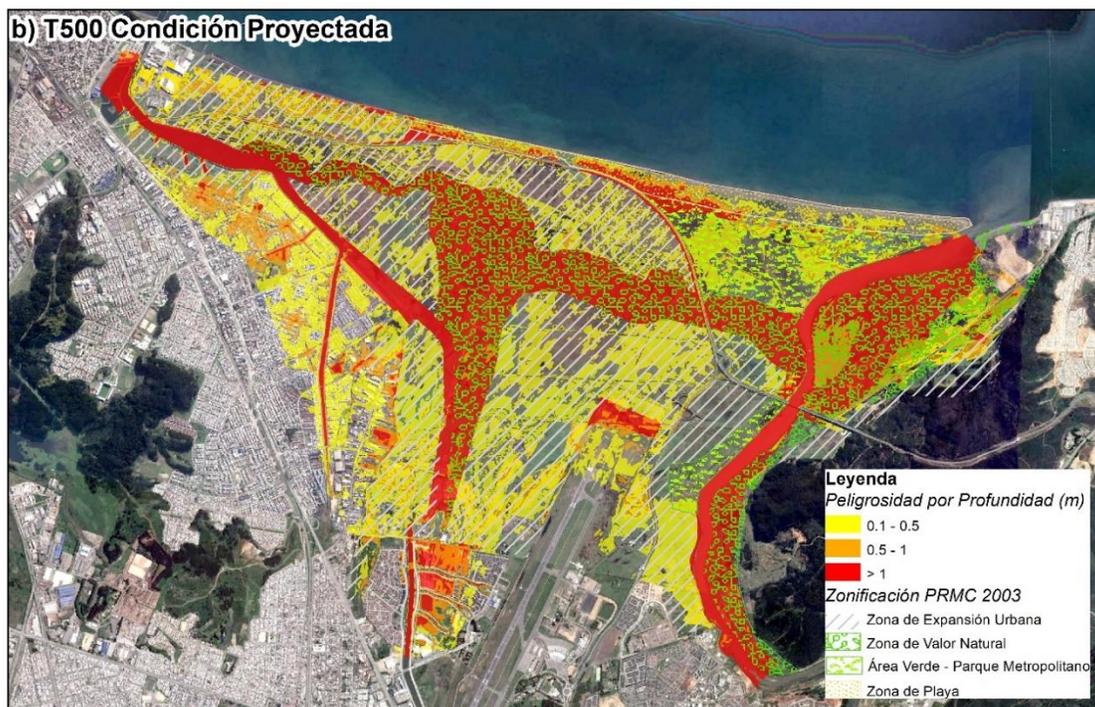
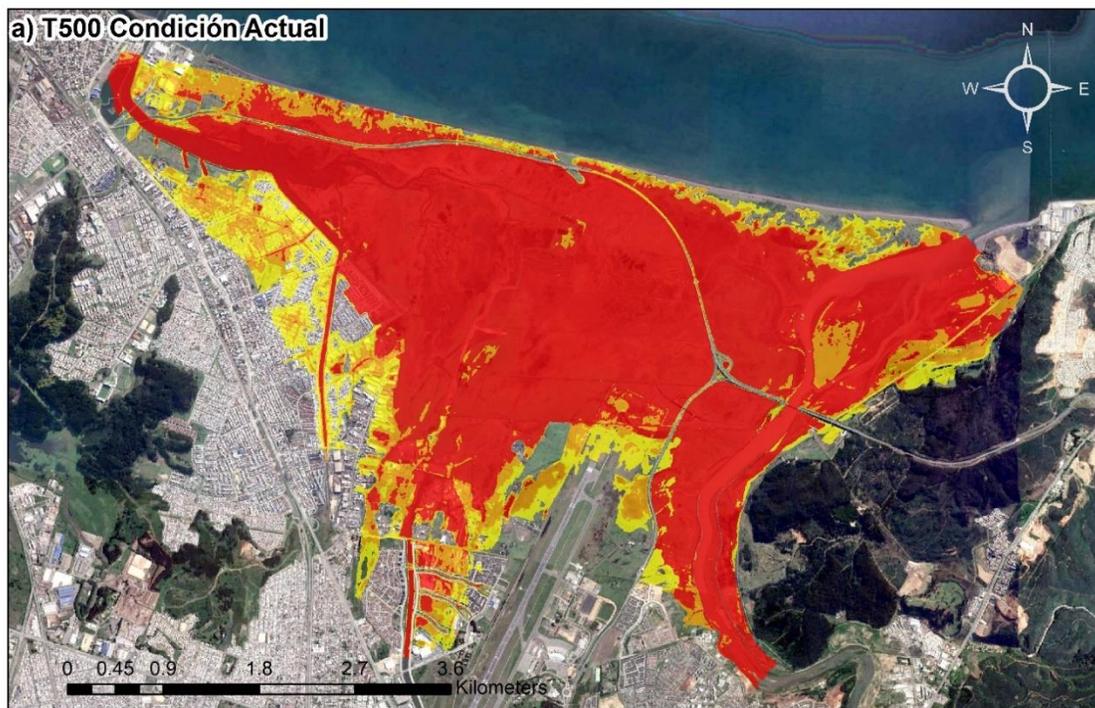


Figura N° 33: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 500 años (T500).

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Parámetros físico – naturales

- **Superficie**

En las modelaciones de inundación del E1, las superficies totales afectadas por inundaciones para las distintas tasas de retorno, variaron entre 1.810 – 2.079 ha (Tabla N° 20), mientras que la superficie total inundada en el E2, disminuyó en todos los escenarios, la disminución de superficie inundada, fue producto de los rellenos simulados. En la condición actual, la superficie inundada entre T5 y T500, aumentó un 15%, por otra parte, entre las mismas tasas de retorno para la condición proyectada, el aumento de la superficie inundada alcanzó un 139% (Tabla N° 21). En la Figura N° 34, se presentó la variación porcentual entre superficies inundadas en ambos escenarios.

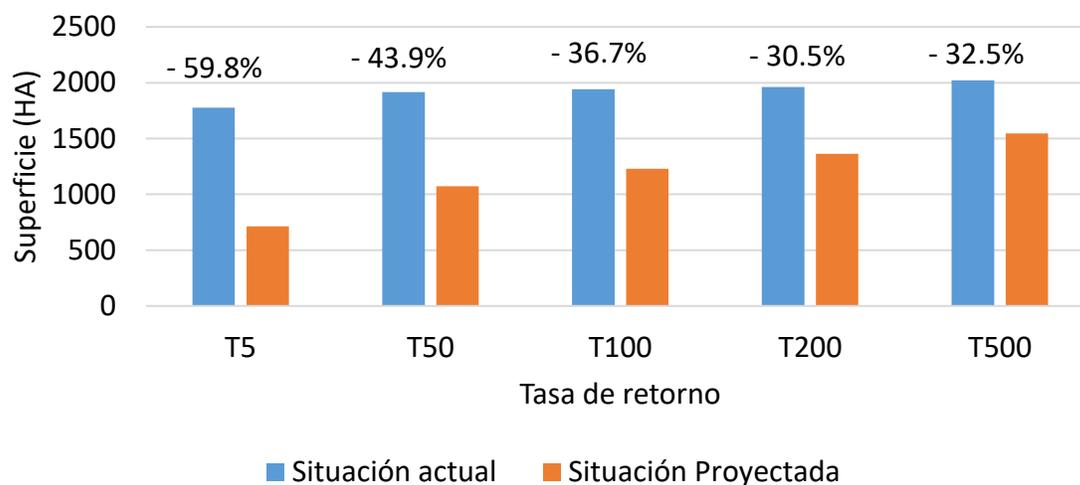


Figura N° 34: Áreas afectadas por inundaciones, según periodo de retorno.

Los niveles de peligrosidad (profundidad) alcanzados por tasa de retorno, se graficaron en la Figura N° 35, se evidenció el aumento de superficies inundadas en la condición proyectada respecto a la condición actual, los niveles de peligrosidad bajos y medios aumentaron para las inundaciones simuladas en los periodos de retorno de 100, 200 y 500 años. Mientras que las superficies inundadas por más de 1m de profundidad (nivel alto de peligrosidad), disminuyeron para la condición proyectada, debido a los rellenos simulados sobre el humedal. En particular, en la

condición proyectada, la inundación fluvial, con una tasa de retorno de 500 años, registró un aumento en las áreas urbanas inundadas para el nivel de peligro bajo (0,1- 0,5 m) en 56 ha, para el nivel medio (0,5- 1m) la superficie inundada aumentó en 75 ha, principalmente en zonas urbanizadas actualmente.

Tabla N° 20: Superficies afectadas (ha) por nivel de peligrosidad, modelación de escenario 1

Tasa de retorno	Nivel 1 0.1- 0.5 m	Nivel 2 0.5 – 1.0 m	Nivel 3 > 1.0 m	Total área afectada (ha)
T5	200,0	486,7	1.124,0	1.810,8
T50	248,4	307,7	1.405,8	1.961,9
T100	258,2	297,2	1.438,5	1.993,9
T200	255,1	291,8	1.469,1	2.015,9
T500	262,2	295,5	1.522,10	2.079,8

Tabla N° 21: Superficies afectadas (ha) por nivel de intensidad, modelación de escenario 2.

Tasa de retorno	Bajo 0.1- 0.5 m	Medio 0.5 – 1.0 m	Alto > 1.0 m	Total área afectada
T5	72.84	147.94	516.96	737.75
T50	341.96	137.74	638.95	1118.66
T100	449.42	154.52	675.96	1279.91
T200	557.64	165.57	696.16	1419.39
T500	739.96	296.46	724.40	1760.82

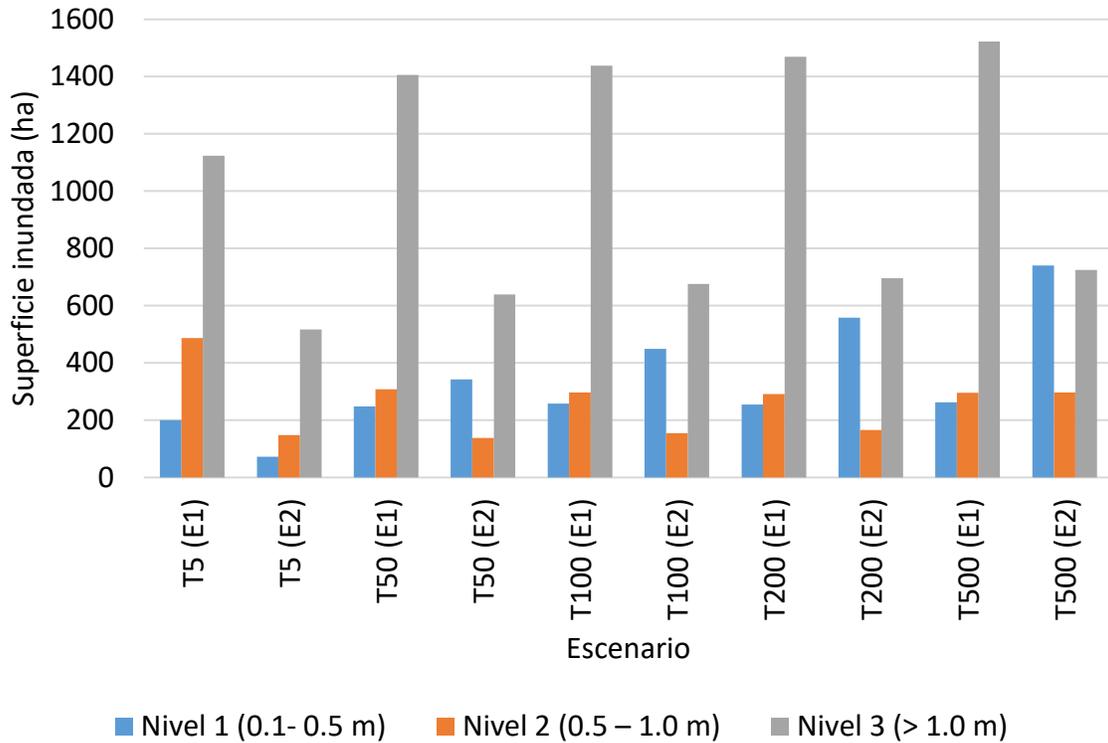


Figura N° 35: Áreas afectadas por inundaciones, según niveles de peligrosidad en escenario 1 y escenario 2.

- **Volumen de almacenamiento hídrico**

La variación del volumen de almacenamiento hídrico del humedal, entre escenarios E1 y E2 por tasa de retorno, se graficaron en la Figura N° 36, se observó que este parámetro disminuyó para todas las tasas de retorno en la condición proyectada; entre (-54.1 %) – (-38,9%). Los rellenos realizados sobre el humedal, afectarían directamente al potencial de almacenamiento hídrico durante las crecidas.

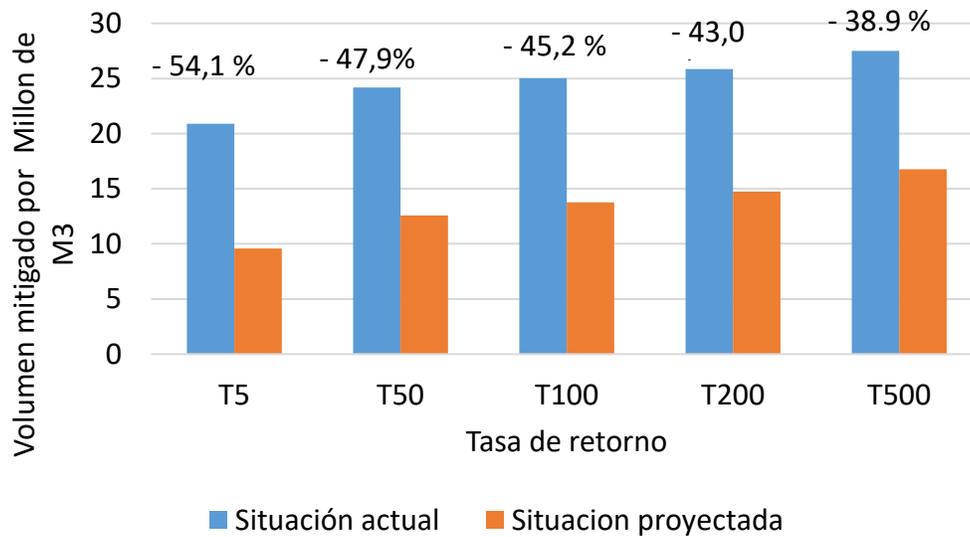


Figura N° 36: Capacidad de almacenamiento de volumen hídrico por periodo de retorno.

6.3.2. Parámetros socio – económicos

- **Valor del suelo afectado**

En la figura N° 37, se presentó la variación de los valores de suelo afectado por inundaciones fluviales entre la condición actual y la condición proyectada por tasa de retorno. Para las tasas de retorno de 100, 200 y 500 años se observó un aumento en los valores del suelo afectado; los costos asociados a dichos eventos podrían aumentar aún más, considerando que las áreas urbanas proyectadas aumentarían de concretarse el PRMC (2003). En cambio, para las tasas de retorno de 5 y 50 años, el valor del suelo afectado por inundaciones en la condición proyectada, presentó una disminución de un 54% y un 2,6% respectivamente.

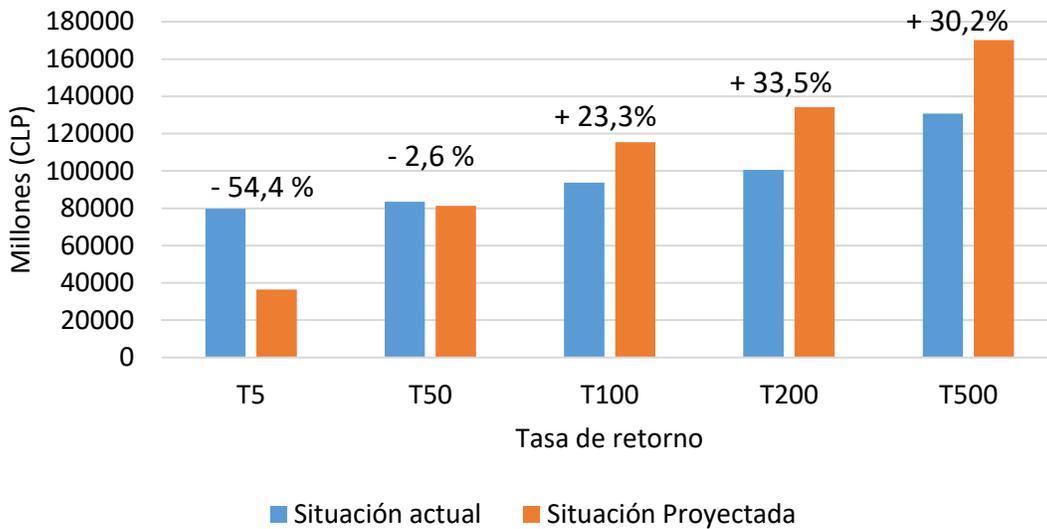


Figura N° 37: Estimación de costos (CLP) asociados a suelos afectados por inundaciones, para los distintos periodos de retorno.

La estimación anterior está directamente relacionada con el uso del suelo y el avalúo fiscal, por ejemplo, en sectores con urbanización inmobiliaria reciente, desde la década de 1990 en adelante, el avalúo fiscal por metro cuadrado de superficie, fluctuó entre 100 mil y 400 mil CLP, en los sectores industriales disminuyó el valor de la superficie (entre 25 mil y 100 mil CLP), como se pudo observar en la Figura N° 38. Para algunos sectores no urbanizados del humedal, el valor de avalúo se encontró por debajo de 1 CLP, por m². Las zonificaciones del PRMC (2003), permitirían la urbanización de superficie del humedal, lo que produciría un aumento en el avalúo del suelo y consigu, el aumento de los costos asociados a eventos de inundaciones.

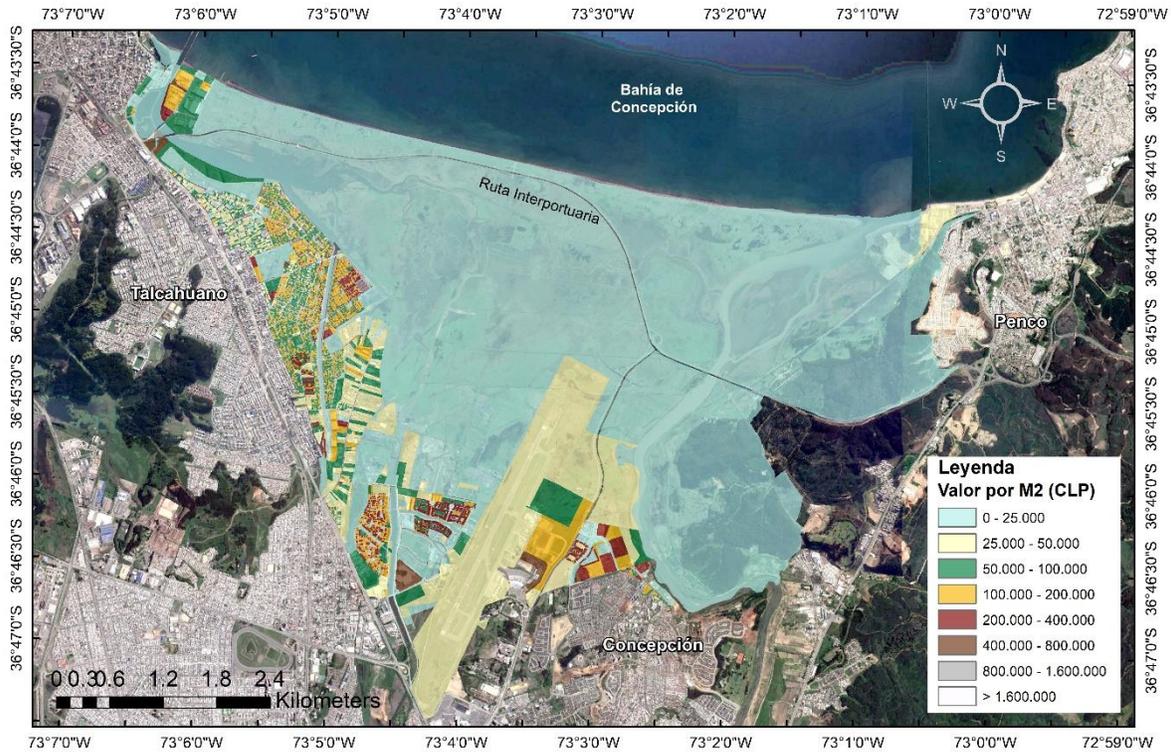


Figura N° 38: Valores (CLP) de avalúo fiscal del de los predios comprendido dentro área de estudio.

Fuente: Evelyn Soto Ruiz, en base a cartografía digital del SII.

- **Población**

En la Figura N° 39, se graficó la variación de habitantes afectados para los distintos escenarios modelados por tasa de retorno. Se evidenció, que en 4 de los 5 escenarios proyectados (E2), la población afectada por posibles inundaciones fue mayor en contraste con la condición actual (E1) de la marisma. Solamente para la tasa de retorno de 5 años, se observó que la población afectada fue menor, en 1.130 habitantes (4,6%), mientras que para los eventos de mayor magnitud esta variación fluctuó entre el 2,9% y 7,1%.

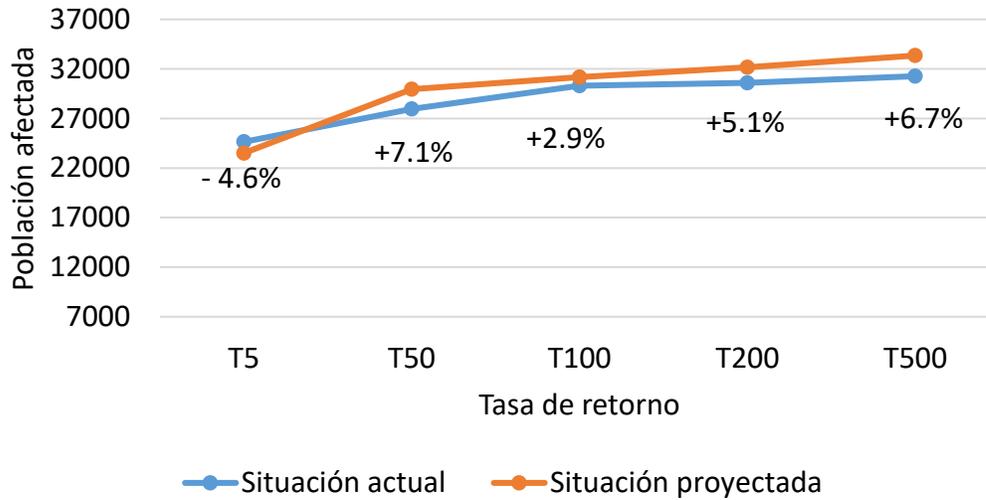


Figura N° 39: Estimación de población afectada por inundaciones por periodo de retorno.

- **Viviendas**

En la Figura N° 40, se observó que las viviendas afectadas en el escenario proyectado solo disminuyeron para la tasa de retorno T5, esta presentó una disminución de 394 viviendas inundadas. Para las tasas de retorno restantes (T50, T100, T200 y T500) en promedio 586 viviendas serían afectadas por posibles inundaciones. Dichas proyecciones podrían ser aún mayor, debido al aumento de las zonas urbanizadas que proyectaron los instrumentos de planificación territorial, en las que se permite el uso habitacional.

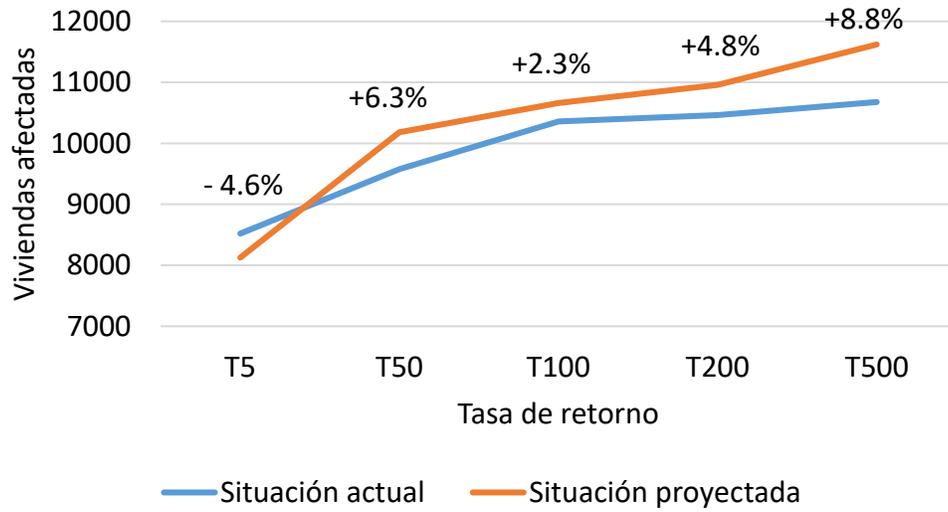


Figura N° 40: Estimación de viviendas afectadas por inundaciones por periodo de retorno.

7. DISCUSIÓN

En este estudio, la recopilación de antecedentes, permitió conocer el número y evolución temporal de los proyectos de urbanización que afectaron al humedal entre 1954 – 2018, los proyectos se concentraron en el periodo 2000 – 2018; en su mayoría correspondieron a proyectos de tipo inmobiliario, con más de 9000 viviendas unifamiliares. Las cifras reportadas, son coherentes con Rojas et al., (2019) que demostraron que las áreas urbanas aumentaron un 28% entre 2004 y 2014, mientras que la pérdida de superficie del humedal disminuyó un 10% en el mismo periodo.

Se determinó que las consideraciones en los Estudios o Declaraciones de Impacto Ambiental, así como los antecedentes solicitados por municipios son insuficientes para la gestión territorial sustentable de la marisma. Los proyectos solo consideran estudios para la seguridad y estabilidad de las poblaciones, pero no hay consideración de la sinergia de las intervenciones y crecimiento urbano sobre la marisma, como tampoco se consideraron las pérdidas de los servicios ecosistémicos entregados. Rojas et al., (2019) indicó que es útil la Evaluación Ambiental Estratégica en los IPT, para la mitigación e incluso detener los efectos negativos que conllevaría la realización de la proyección del PRMC.

La protección del humedal es insuficiente como se observó en las zonificaciones poco homogéneas de los IPT. Actualmente solo se reconocen aquellas zonas o elementos naturales protegidos por el ordenamiento jurídico vigente (O.G.U.C, 2.1.18); por lo que es urgente la tramitación de la Ley de Humedales Urbanos para la protección de la marisma. En términos de planificación urbana, los instrumentos actuales, no consideran a los humedales como sitios de importancia para la mitigación de inundaciones, son considerados como sitios inundables, donde se presenta una urbanización segregada por condiciones físicas y ambientales, influidas por el modelo económico neoliberal, donde existen barrios destinados para clases sociales específicas (Rojas et al., 2014).

Adicionalmente, el mantenimiento de la superficie actual de la marisma y la conectividad de los sistemas humedal Vasco de Gama y humedal Paicaví son necesarios para la disminución de los impactos producidos por inundaciones fluviales en el medio humano (personas, viviendas, valor del suelo). En dicho contexto, Leon et al., 2018 señalaron que la conectividad del sistema de humedales es necesario para el manejo dinámico de las inundaciones.

Quedó demostrado, por este estudio, que el humedal presenta un potencial mitigador importante para inundaciones fluviales amortiguando impactos en zonas urbanizadas actualmente disminuyendo el número de personas, viviendas y valor del suelo afectado. La urbanización del humedal, no solo podría afectar el potencial mitigador de inundaciones, también podría incidir en otros tipos de desastres naturales, como, por ejemplo, tsunamis, como señalaron Rojas et al., (2015) indicando que el humedal Rocuant - Andalién brindó protección ante este tipo de eventos, demostrado por los depósitos de antiguos eventos (e.g. 1835) y del reciente tsunami de 2010. En general se debe tomar en consideración, que las estrategias de mitigación se han centrado en la llamada infraestructura dura, sin considerar el rol fundamental de los humedales en la regulación de este tipo de eventos hidrológicos extremos (Rojas et al. 2019).

Mediante las modelaciones realizadas en la llanura de inundación del Rio Andalién y el humedal Rocuant - Andalién se demostró que éste, contribuyó en su estado actual a disminuir el impacto de una inundación fluvial, sobre el 9% de las viviendas y el 7% de la población (T500), mitigando, además, el costo de los terrenos afectados en más del 30%. En términos económicos, tras el paso del huracán Sandy, por costa este de Estados Unidos, (Narayan et al., 2017) se demostró que la mitigación en zonas con presencia de humedales, fue casi un 11% mayor que aquellas zonas en las que solo quedaba un pequeño porcentaje de humedales, cifra similar a la reportada en el presente estudio.

Los resultados obtenidos, demostraron que los beneficios de reducción de riesgo/peligro de los humedales pueden evaluarse explícitamente mediante herramientas adecuadas. Entregando información clave para la toma de decisiones orientadas en planificación territorial, optando por soluciones basadas en la naturaleza para la reducción de riesgos; además, es un incentivo para la restauración y conservación de humedales en función de su valor natural.

8. CONCLUSIONES

La identificación de los proyectos e instrumentos que intervienen en la llanura de inundación, permitió identificar que los proyectos de urbanización estudiados, se concentraron en un 85% el período 2000-2018, y principalmente corresponden a proyectos inmobiliarios.

El enfoque actual de los Instrumentos de planificación territorial, contribuye al fraccionamiento administrativo para la gestión de la marisma, lo que dificulta el desarrollo y uso sustentable de servicios ecosistémicos entregados. Una adecuada protección permitiría contar con una importante reserva de áreas naturales y fuente de SE para el Área Metropolitana de Concepción, potenciando una herramienta para la educación ambiental y el turismo.

Existirá una disminución en el volumen de almacenamiento y superficie de inundación provocada por el aumento de la urbanización y disminución de la superficie del humedal. Lo anterior se traducirá en una reducción del SE de regulación de inundaciones fluviales, provocando un aumento en los indicadores vinculados a los desastres por desbordes fluviales: viviendas (+9%), habitantes (+7%) y elevando las pérdidas económicas (+30,2%).

Se evidenció en el valor del suelo, que los servicios ecosistémicos no son considerados debido al bajo valor de la marisma, esto implica una pérdida constante de áreas de alto valor natural, afectando el equilibrio del ecosistema y degradándolo de manera irrecuperable. El aumento de la urbanización, sobre el humedal, conlleva la disminución de la salud de la marisma, lo que dificulta cada vez más la recuperación de los espacios naturales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade B., (2012). La zona costera chilena: desafíos del ordenamiento territorial. Seminario: “Una mirada integral del Borde Costero de Chile”. Ministerio de Bienes Nacionales. Santiago.

Balvanera, P., H. Cotler *et al.* 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.

Barbier, E. B., Acreman, M. C. y Knowler, D. (1997). Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

Beltrán Benítez, M. (2012). Transformaciones espaciales y valoración social del humedal rocuant - andalién (concepción, Chile): periodo de 1950 a 2011. Memoria para optar al grado de Geógrafa. SANTIAGO, Chile: Universidad de Chile.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2002). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. Quinta parte. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, México

Comisión Nacional del Medioambiente (2005). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. Consejo directivo CONAMA.

Comisión Nacional del Medioambiente (2006). Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de Ecología Aplicada Ltda., Informe final.

Contreras, M. y Winckler, P. (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa central de Chile. *Obras y Proyectos* 14, 6-19

Costanza, R; d'Arge, R; de Groot, R; Farber, S; Grasso, M; Hannon, B; Limburg, K; Naeem, S; O'Neill, R.V; Paruelo, J; Raskin, R.G; Sutton, P; van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253 - 260.

Corporación de ambientes acuáticos de Chile (2005). Los humedales no pueden esperar: Manual para el Uso Racional del Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo. Luna Quevedo, D. (ed.) 136pp, Santiago, Chile ISBN 956-8520-01-5

Corredor Camargo, E. S., Fonseca Carreño, J. A., & Páez Barón, E. M. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*, 77-83.

Cruz Y., Mesa L., Bolaños J.,. (2013) Valoración del papel del ecosistema de manglar como franja protectora en el ecosistema bahía tras el paso del huracán Sandy

Emerton, L., Iyango, L., Luwum, P. y Malinga, A. (1998). El valor económico actual de Nakivubo Urban Wetland, Uganda . UICN, Oficina Regional de África Oriental, Nairobi y National Programa de Humedales, División de Inspección de Humedales, Ministerio de Agua, Tierra y Medio ambiente, Kampala. 30pp

Fariña, J. M., & Camaño, A. (2012). Humedales Costeros de Chile: Aportes Científicos a su Gestión Sustentable. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Feldmann, F. J., & Biderman, R., (2001). Los cambios climáticos globales y el desafío de la ciudadanía planetaria. *Acta bioethica*, 7(2), 287-292.

Fernández, L., (2010). Diagnóstico de base sobre el impacto de las obras de infraestructura en la capacidad de adaptación de los humedales. Wetlands International - Fundación Humedales.

Instituto Nacional de Estadísticas, (2018). Síntesis de Resultados Censo 2017.

Kusler, J., Brinson, M., Niering, W., Patterson, J., Burkett, V. y Willard, D. (1999) Wetlands and climate change: scientific knowledge and management options. White Paper Institute for Wetland Science and Public Policy, Association of State Wetland Managers / Wetlands International, 27 págs.

Lagos, P., Ther, F., Gissi, N., Aliste, E., & Hidalgo, C. (2014). Etnografía de riesgos y vulnerabilidades: A propósito de los efectos y adaptaciones territoriales evidenciadas a través del. Revista Austral de Ciencias Sociales 27, 27: 29-43.

Laterra, P., Jobbágy, E., & Paruelo, J. (2011). VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ediciones INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Leon, Arturo & Tang, Yun & Chen, Duan & Yolcu, Ahmet & Glennie, Craig & C. Pennings, Steven. (2018). Dynamic Management of Water Storage for Flood Control in a Wetland System: A Case Study in Texas. Water. 10. 325. 10.3390/w10030325.

Martinez Lezcano, L., (2004) Análise do efeito do risco de cheia no valor de imóveis pelo método dos preços hedónicos (tesis inédita) Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, Brasil.

Martínez Poblete, j. A. (2014). Catastro y estado de conservación de los humedales marinos/ costeros en la región del biobío. Tiempo y espacio.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis. Washington, D.C.: World Resources Institute.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA), (2015). "Medio Ambiente dice que en Chile hay 30 mil humedales" Recuperado de <http://portal.mma.gob.cl/medio-ambiente-dice-que-en-chile-hay-30-mil-humedales/>

Mitsch, W& Gosselink, J. Wetlands. (2015) 5th ed. New York EEUU, John Wiley & Sons, Inc.

Narayan, S & W. Beck, Michael & Wilson, Paul & Thomas, Christopher & Guerrero, Alexandra & Shepard, Christine & Reguero, B.G. & Franco, Guillermo & Carter Ingram, Jane & Trespalacios, Dania. (2017). The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA. Scientific Reports. 7. 9643. 10.1038/s41598-017-09269-z.

Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior. (2006). Informe Consolidado Sistema Frontal del 10 al 13 de Julio de 2006. Recuperado de <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/391>, 31 de mayo 2016.

Palagi, S., Patzlaff, J., Stumpf, M., & Kern, A. (2014). Análisis del impacto de las inundaciones en el valor de las propiedades inmobiliarias en la ciudad de Lajeado, Brasil: Estudio de caso de viviendas unifamiliares. Revista ingeniería de construcción, 29(1), 87-97

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2012). Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana.

Ramsar, Convención sobre los humedales (2015). Nota informativa Ramsar 7. Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes.

Rojas, C & Plata, W & Valdebenito, P & Muñiz, I & De la Fuente, H. (2014). La Dinámica de expansión urbana del Área Metropolitana de Concepción. "Metropolizaciones Colombia -Chile: Experiencias de Bogotá, Medellín, Santiago y Concepción.

Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., & Martínez, C. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitano. *Revista de geografía Norte Grande*, (61), 181-204

Rojas, C & Munizaga, J & Rojas, O & Martinez, C & Pino, J. (2019). Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. *Land Use Policy*. 80. 47-56. 10.1016/j.landusepol.2018.09.036.

Rojas O., Mardones M., Arumí J, L., & Aguayo M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de geografía Norte Grande*, (57), 177-192.

Rojas O., (2015). Cambios Ambientales y Dinámicas de Inundaciones Fluviales en una Cuenca Costera del Centro Sur de Chile. Tesis para optar al grado del Doctor en Ciencias Ambientales con mención en Sistemas Acuáticos Continentales.

Rojas O., Mardones M., Rojas C., Martínez C., & Flores Luis., (2017) Urban Growth and Flood Disasters in the Coastal River Basin of South-Central Chile (1943–2011) *Sustainability*, 9(2), 195;

Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar, R., & Davidson, N. (2013). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. London and Brussels: Institute for European Environmental Policy; Gland: Ramsar Secretariat.

Salinas Varela, Edison, & Pérez Bustamante, Leonel. (2011). Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación. *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Servicio Agrícola Ganadero (2011), Universidad de Chile. "Valoración económica de 4 humedales altoandinos de la I región (Huasco, Coposa, Caya y Lirima)". Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Economía Agraria.

San Martín C., Contreras D., San Martín J., y Ramírez C. (1992) Vegetación de las marismas del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 327-342, 1992.

Secretaría de la Convención de Ramsar, (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales* (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza)

Smith, R., y Romero, H., (2009). Efectos del Crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43: 81-93 pp.

Stringer, C. E., Cable Rains, M., Kruse, S., & Whigham, D. (Agosto de 2010). Controls on Water Levels and Salinity in a Barrier Island Mangrove, Indian River Lagoon, Florida. *Wetlands*.

Tucci C.E.M. (1998), *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle*. Porto Alegre, Brasil: Editora da UFRGS.

Valdovinos, C. (2004). "Ecosistemas estuarinos". En: C. Werlinger, Ed. Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos. Trama Impresores S.A., Chile. 2: 395-414.

Vinuesa Angulo, J. (1975). Sobre el concepto de Área Metropolitana. *Estudios geográficos*.

Winchester, L. (2006). Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y El Caribe. *Revista EURE*, 7-25.

10. ANEXOS

10.1. Cartografía inundaciones fluviales

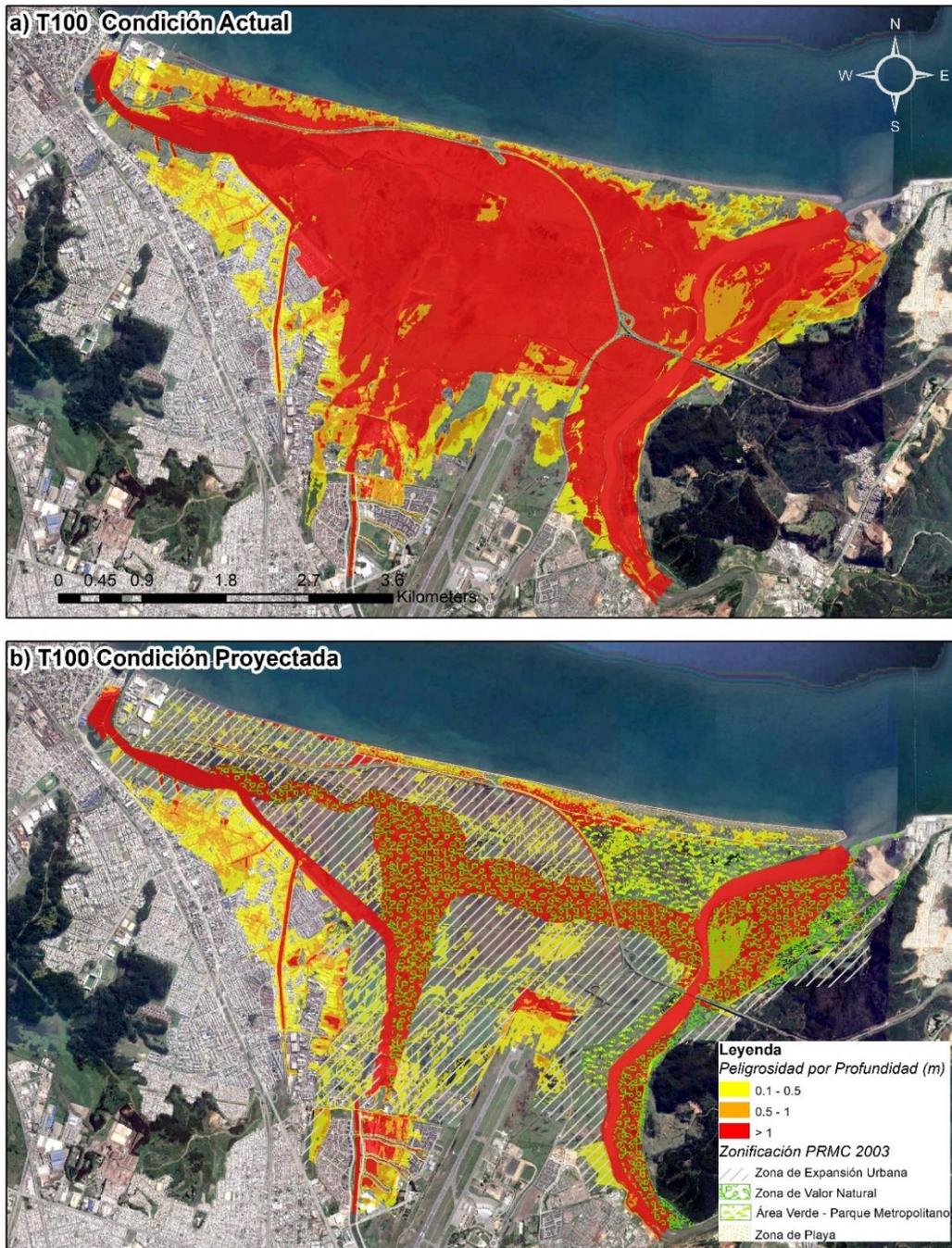


Figura N° 41: Anexo 1: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 100 años (T100).

Fuente: Elaboración propia

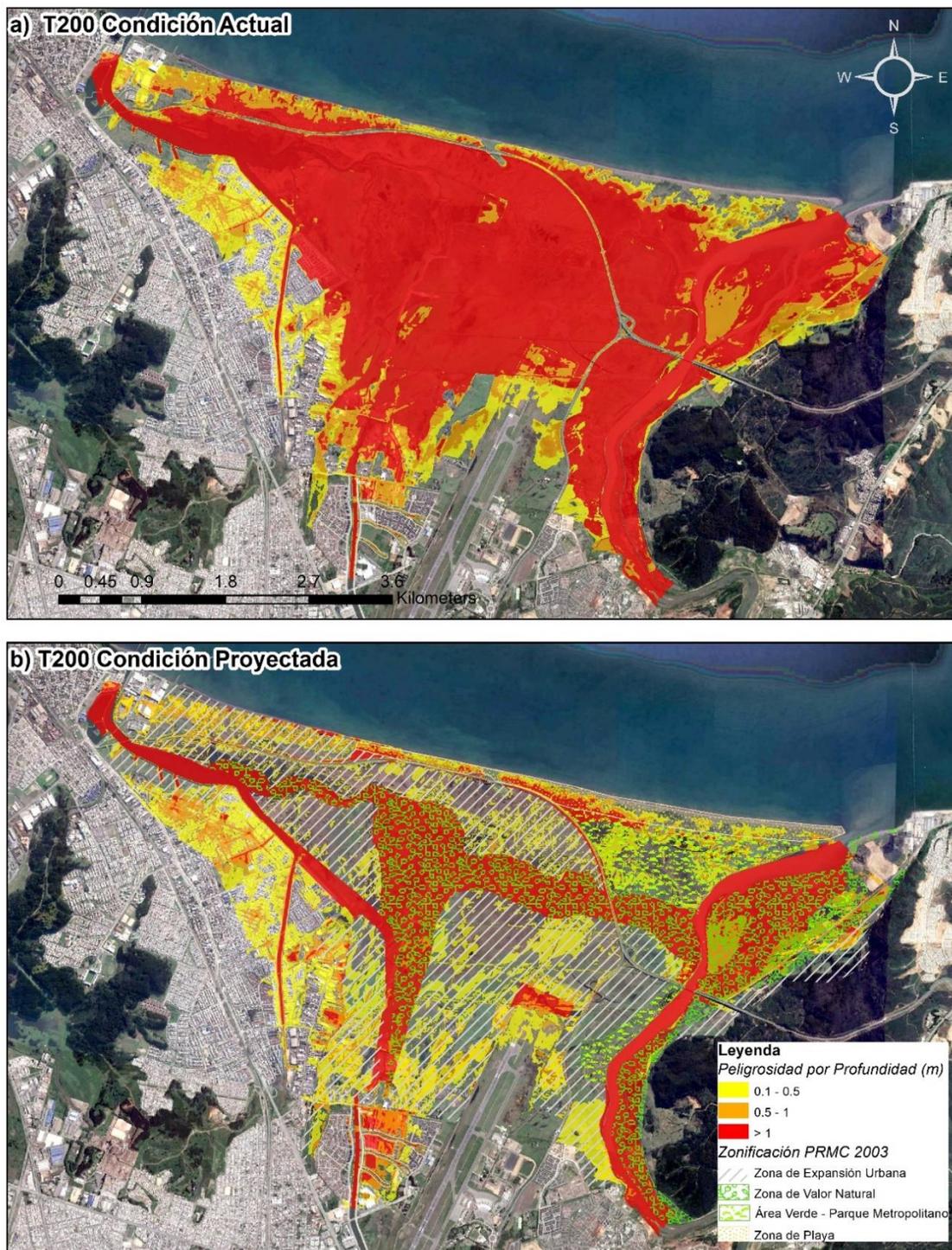


Figura N° 42: Anexo 2: Modelo de inundación fluvial para periodo de retorno de 200 años (T200).

Fuente: Elaboración propia

10.2. Empresas pertenecientes al Gremio Parque Industrial Talcahuano

Tabla N° 22: Anexo 3: Listado empresas del gremio Parque Industrial Talcahuano.

Identificación empresa o persona natural	Rut
Díaz Bravo Miguel Alejandro	13.741.907-6
Equipos Maquinarias y Construcciones EMACO Ltda.	79.974.970-K
Bio-Bio Maquinarias Ltda.	79.744.840-0
Bio-Bio Maquinarias Ltda.	79.744.840-0
Equip. Maquinarias y Construcciones Emaco Ltda.	79.974.970-K
Constructora e Inversiones Delonix Ltda.	76.199.537-5
Arturo Soto-Aguilar y CIA Ltda.	85.624.800-3
Carlos Soto-Aguilar Ulloa	11.537.953-4
Inmobiliaria e inversiones Huertos Familiares S.A.	96.686.980-1
Soc. de Inv. Lampa S.A.	96.686.980-1
Soc.Importadora y Exportadora Aceros y Metales Ltda	77.953.200-3
Transportes Ancar Ltda.	76.122.551-0
Transportes Faju Ltda.	77.602.430-9
Sotracauez Ltda.	77.675.630-K
Transportes Sotracauez Ltda.	77.675.630-K
Juan Cabrera Srain	6.545.436-K
Sielfeld Gundlach Juan Ernest	3.275.870-3
Comercial y Transporte Pinguino Ltda.	77.419.580-7
Constructora Vilicic s.a.	78.137.730-9
Transportes Bretti Ltda.	79.897.370-3
Gerardo Ramon Eduardo Almendras Chamorro Telec. E.I.R.L.	76.245.279-0
Sielfeld Gundlach Juan Ernest	3.275.870-3
Padilla Fernandez Ramiro Andres	12.972.367-K
Pinturas Ind. Arepin Ltda.	76.090.200-4
Sergio Mella Rubio	5.982.412-0
Transportes Bretti Ltda.	79.897.370-3
German Bretti Martinez	2.831.569-4
Soc. Transp. Pasaje Rolibert Ltda.	76.263.850-9
Aceros Diezco Sociedad Anónima	76.330.989-4
Soc.Milton Olguin y Cia Ltda.	77.708.600-6
Distribuidora Materiales Diezco Ltda.	78.411.720-0

ARCIS Ltda.	89.216.000-7
ARCIS Ltda.	89.216.000-7
Inmobiliaria e Inversiones Cisternas Ltda*	77.690.210-1
Reesco Ltda.	76.009.033-6
Jacqueline Osorio Oliva	10.448.981-8
Sotrasal Sociedad de Transportes Alarcón y Alarcón	78.802.280-8
Claudia Schisano Aedo	14.628.330-6
Comercial Libra Ltda.	76.033.246-1
Maestranza Ressco Ltda.	76.009.028-K
Maderas y Maquinarias Pail Ltda.	76.085.027-6
Emsie Ltda.	77.328.300-1
Soc. servicios mantención y const. Industrial	78.390.470-5
Capacitacion Bustos y Compañía Ltda.	76.397.765-K
Emsie Ltda.	77.328.300-1
Sociedad Inmobiliaria Alfa Paz Ltda.	76.148.003-0
Empresa de Ingenieria electrica y construcción Ltda.	76.242.215-8
Sociedad de inversiones Sicher Ltda.	76.161.806-7
Empresa de Ingenieria electrica y construcción Ltda.	76.242.215-8
Fernando Figueroa Fonseca	4.399.294-5
Inmobiliaria y Construccion Juan Antonio Neira	76.207.966-6
Maderas y Pallets Ltda.	77.850.880-K
Verónica Merino Zuniga Estructuras metálicas y caldeneria "EJRL"	76.816.590-4
Procesos Sanitarios S.A.	96.697.710-8
Comet S.A.	96.612.690-6
Transportes pacifico Ltda.	79.874.550-6
Forestal Valdivia Ltda.	79.625.830-6
Forestal Pumallin Ltda.	76.167.010-7
Empresa de muellaje Rafael Flores C.Cia. Ltda	77.400.760-1
Akcura Construccion e inversión Ltda.	76.310.355-2
Aserradero Duraben Ltda.	78.994.720-1
Transportes Nicolás Ltda.	78.496.780-8
Soc. Com. Transportes Carrasco Aaya Ltda.	79.937.360-2
Arepin Ltda.	76.090.200-4
Carrasco Araya Pablo Armando	15.181.770-K
Sociedad Industrial y Comercial Jess S.A.	77.503.350-9
Conmetal Ltda.	84.820.000-K
Forestal Villoslada Ltda.	77.506.120-0
Transportes Pacifico Ltda.	79.874.550-6

Simen Ltda.	78.751.700-5
Smir Fuentealba y CIA. Ltda.	77.503.350-9
Comercial Verde Mar Ltda	76.097.257-6
Soc. Maestranza Ingenieria y Equipos Gavilan y Pächeco Ltda.	76.097.389-0
Rubilar Molina Marisol Eugenia	11.570.634-9
Mantenición industrial ing. Y construcción Ltda.	78.789.740-1
Montajes y servicios ind. Ltda rut	86.449.100-6
Montajes y servicios ind. Ltda rut	86.449.100-6
Soc. Constructora Silvia Fritz Ltda.	78.269.010-8
Inmobiliaria e inversiones Las_Encinas Ltda.*	78.752.530-K
Inmobiliaria Tres Puertos Ltda	76.606.000-5
Turbine Generator Maintenance Servicios Ltda.	76.170.565-2
Rudy Hans Muñoz Mesa E.I.R.L.	76.251.065-0
Gerdau Aza SA	92.176.000-0
Campos Ponce Fernando Antonio	14.355.439-2
Gruas Dapelo y Kunz Limitada	76.041.799-8
Multiasero S.A. (PROACTIVA SERVICIOS INDUSTRIALES S.A.) [Veolia Si Chile Ltda.]	[88.842.000-2]
Construcciones y Montajes Com. S.A.	96.717.980-9
Transportes Anfer S.A.	96.734.130-4
Reparaciones Navales Avila y Sierra	76.006.524-2
Servicios Polares Ltda. Rut	78.609.900-5
Sermain S.A.	78.559.980-2
Eduardo Arancibia Gatica	5.032.422-2
Soc. Constructora Demar Ltda.	76.242.530-0
Ingeniería y Construcción Eduardo Aranci	79.929.720-5
Sociedad Constructora Sar Cal Limitada	77.563.870-2
Empresa de servicios transitorios Edal Ltda.	76.397.680-7
Inmobiliaria Iceal Limitada	76.572.110-5
Bridge Intermodal Transporte S.A.	96.767.440-0
Felicinda del C. Adriazola toloza	6.260.260- 0
Transpacific 77.875.350-2	77.875.350-2
Concemet SPA 76.235.454-3	76.235.454-3
Exportadora Concepcion de Metales Spa	76.268.379-2
Exportadora Visalpi Spa	76.301.642-0
Industria Metalurgica Maritima (Metaltor Spa 76.732.013-2 según google)	(76.732.013-2)
Comercial e Industrial Santa Teresa S.A.	77.696.160-4

Administradores Asociados Limitada	78.064.750-7
Rodotrans Chile S.A	96.994.950-4
Servicios y Const.Queya Ltda.	77.295.470-0
Maestranza Sermetal E.I.R.L.	52.002.903-6
Metalurgica del Pacifico	77.318.910-2
Soc Adaptac.Industriales Ltda.	89.036.400-4
Ecomol Ltda.	77.961.660-6
Zuniga Fernandez Jose Aristides	6.589.829-2
Soc. Milton Olguin y Cia. Ltda.	77.708.600-6
Transportes Servitruck Chile S.A	96.875.910-8
Servitruk	96.875.910-8
Transporte Innocenti S.A.	76.472.600-6
Transportes del Sur Ltda	76.062.516-7
Comercial Petrosur Ltda	77.738.810-K
Soc. Maestranza Icalma Ltda.	77.348.780-4
Ingenieria en Redes de Pesca Ltda.	78.601.820-K
Octavio Rios y Cia. Ltda.	78.562.460-2
Trasnorte Valdata S.A.	80.110.200-K
Empresa de Transp.Terrestre Transpacific Ltda	77.875.350-2
Aceros y Reciclajes Arellanos s.a.	76.033.246-1
Macromaq Ltda.	78.429.100-6
Ingenieria Proyectos Y Construcciones Ltda.	79.925.530-8
Agricola y Forestal Dimar Limitada	78.475.270-4
Andecorp S.A.	96.655.060-0
Mora Hnos. Ltda.	86.673.500-K
Transportes y Servicios Isola Ltda.	76.637.340-2
Automotriz Autosur S.a.	96.585.470-3
Empresa Constructora Construsur Limitada	77.469.900-7
Muñoz Jofre German Rodolfo	10.684.409-7
Soc. Fábrica de Baldosas y Adocretos Taurus Ltda.	76.204.238-K
Soc de Transporte y Servicios D y J Logi	76.134.840-K
Maderas Anihue Ltda.	96.567.690-2
Inversiones Olimpia Ltda.	78.661.440-6
Serpes Limitada	79.757.710-3
Serpes Limitada	79.757.710-3
Servicios Logísticos Global Trans Ltda.	76.178.120-0
Clara Mercedes Sanhueza Andrades Ltda.	77.042.970-6
Jean Mourra Ltda.	77.056.310-0
Agencias Maritimas Broom (Thno) S.A.	81.379.200-1

Industrial Vicuña S.A.	96.685.680-7
Soc. Comercial Allendes Hnos. Ltda.	50.155.790-0
Clara Mercedes Sanhueza Andrades Ltda.	77.042.970-6
Jean Mourra Ltda.	77.056.310-0
Agrecat S.A.	96.938.700-K
Servicios Maquena Ltda.	77.649.710-K
Conjuntos Estructurales S.A.	96.919.030-3
Conjuntos Estructurales S.A. 96.919.030-3	96.919.030-3
Sobarzo Pereira Vicente Esteban	12.182.651-8
Embraguez HD Ltda.	77.654.440-K
Eserma	99.501.790-3
Proveeduría de Barcos y Art. de Pesca "El Arca" Ltda.	79.996.050-8
Empresa de Servicios Industriales y Construcciones	79.608.960-1
Comercializadora e Inversiones del Sur Ltda.	76.365.101-0
Sociedad de Transporte de Contenedores Ltda. (Tracontal)	77.419.400-2
Carlos Acuña E.I.R.L.	52.003.380-7
Concha Sepulveda Elsa Praxedes	4.513.630-2
Carpo y Lagos Ltda.	77.644.500-2
Constructora Loncura Limitada	76.201.912-4
Comercializadora e Inversiones del Sur Ltda.	76.365.101-0
Sociedad de Transporte de Contenedores Ltda. (Tracontal)	77.419.400-2
Carlos Acuña E.I.R.L.	52.003.380-7
Concha Sepulveda Elsa Praxedes	4.513.630-2
Carpo y Lagos Ltda.	77.644.500-2
Constructora Loncura Limitada	76.201.912-4
Sev.Industriales e Ingenieria Agromex Ltda. (Soc. Cansal Ltda.)	76.143.267-2 (76.166.243-0)
Revisiones del Biobio Ltda.	77.991.260-4
Suarez Gutierrez Alicia Aurora	12.151.913-5
Flota Centro STB Limitada	76.026.573-K
Habiplay de Beneficencia S.A.	96.978.850-0
Hernández Vásquez Orlando del Carmen	9.509.120-2
Sandoval Urrutia Flor	9.740.063-6
Galan Le Fort Monica Margarita del Carmen	7.878.579-9
Alarcón Saavedra Jorge Luis	7.083.740-4
Moscoso Rioseco Juana Amelia	9.643.248-8

Arevalo Nuñez Maria Mercedes	8.707.894-9
Villablanca Carrasco Claudio Esteban	16.853.798-0
Carrasco Barra Maria	8.477.220-8
Grandon Salazar Fernando Cipriano	10.208.614-7
Orozco Paredes Patricia Andrea	13.046.822-5
Cavalla Construcciones y Montaje Ltda.	78.504.720-6
Opazo Rojas Jaime	6.115.925-8
Ingenieria y Construccion Sur Ltda.	78.095.960-6
Sepulveda Hadi Jaime Jose Guillermo	16.012.363-K
Transportes Weche Limitada	79.753.680-6
Salarcoc Spa	76.279.347-4
Taller Confeccion Labou Limitada	77.029.180-1
Hernández García Jorge Alberto	13.622.342-9
Sociedad de proveduria de naves Pronaex	76.319.599-6
Valenzuela Aravena Jorge Eduardo	4.552.111-7
Vargas Aedo Carlos Alejandro	7.650.828-3
Escobar Valenzuela Moller Antonio	5.564.000-9
Silva Godoy Ricardo Alexis	14.393.334-2
Becerra Wachtendorff Ivan Alejandro	12.051.596-9
Alarcón Gutiérrez Benedicta de la Cruz	8.415.327-3
Henriquez Manriquez Sebastián Luis	14.206.576-2
Soc. Constructora Silvia Fritz Ltda.	78.269.010-8
Conmetal Ltda.	84.820.000-K
Soc. Pesquera Manuel Enriquez y Cia.	80.317.800-3
Gino Dapelo Muñoz C.I.	8.221.243-4
Conmetal Ltda.	84.820.000-K
Conmetal Ltda.	84.820.000-K

Fuente: Gremio Parque Industrial Talcahuano.