

Determinación del **RIESGO** de los **IMPACTOS** del **CAMBIO CLIMÁTICO** en las costas de Chile

Volumen 2: Exposición de zonas costeras
Ministerio del Medio Ambiente
22 de octubre de 2019

Equipo consultor del estudio

- Andrés Pica (PUC)
- Carolina Martínez (PUC)
- Catalina Marinkovic (PUC)
- César Esparza (UV)
- Cristián Larraguibel (PUCV)
- David Morales (PUC)
- Iván Torres (PUC)
- Javiera Mora (UV)
- José Miguel Fariña (PUC)
- Julio Salcedo (UPLA)
- Luis Flores (PUC)
- Macarena Pérez
- Manuel Contreras-López (UPLA)
- Nickolas Bassi (UPLA)
- Nicolás Bambach (PUC)
- Oscar Melo (PUC)
- Patricio Winckler (UV)
- Roberto Agredano (UCM)
- Sebastián Vicuña (PUC)
- Stefan Gelcich (PUC)

Equipo consultor del volumen 2: Exposición de zonas costeras

- Manuel Contreras-López (UPLA)
- Cristián Larraguibel (PUCV)
- Patricio Winckler (UV)
- Nickolas Bassi (UPLA)
- Macarena Pérez

Contraparte técnica del Ministerio del Medio Ambiente

- Maritza Jadrijevic
- Nico Kohlhas
- Gladys Santis
- Priscilla Ulloa

Cómo citar este informe

Ministerio del Medio Ambiente, 2019. Volumen 2: Exposición, en "Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile", Documento preparado por: Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D., Marinkovic, C.; Pica, A., Santiago, Chile.

Resumen del estudio

El estudio **Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile**, busca generar información de proyecciones de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y riesgo de los sistemas humanos y naturales de la zona costera ubicados en 104 comunas de Chile continental, además de Rapa Nui y el Archipiélago Juan Fernández. El objetivo de este estudio es sentar las bases para el diseño de políticas e implementación de medidas de adaptación. El estudio se desarrolló entre octubre de 2018 y octubre de 2019 y se presenta mediante un resumen ejecutivo, 8 volúmenes temáticos y un Sistema de Información Geográfica (SIG). El estudio, financiado y desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente, contó con la participación de 21 investigadores de 5 universidades (PUC, UV, UPLA, PUCV y UCM) y 3 centros de investigación (CCG-UC, CIGIDEN y COSTAR-UV).

El **estudio de amenaza** se basa en el análisis histórico del oleaje y del nivel medio del mar (NMM), además de una proyección para el período 2026-2045 de estas variables y de la cota de inundación. En primer lugar, se analiza el comportamiento histórico del oleaje obtenido a partir un modelo numérico (WWIII) cada 2° de latitud (1980-2015). El análisis de clima medio del oleaje concluye que ha habido un incremento leve en la altura y el período, además de un giro al sur del oleaje, probablemente asociados a la migración al sur del Anticiclón Permanente del Pacífico Sur. El análisis de clima extremo demuestra en todo Chile se ha registrado un aumento en la cantidad de marejadas de 0.1 a 0.3 eventos más por año, dependiendo de la latitud. El estudio de NMM, basado en el análisis de 11 mareógrafos con más de 30 años de data, muestra que no existe una tendencia clara de aumento en Chile, lo que puede atribuirse a las deformaciones de la corteza producto del ciclo sísmico. En particular, en el norte existe un descenso del NMM probablemente asociado al acoplamiento de las placas tectónicas luego del terremoto de 1877.

En segundo lugar, el estudio busca evaluar los cambios del oleaje (marejadas), NMM y cota de inundación entre el período histórico (1985-2004) y la proyección (2026-2045) correspondiente al escenario de emisiones RCP 8.5 del IPCC. El estudio de oleaje basa en el forzamiento del modelo WWIII mediante 6 modelos de viento en toda la cuenca del Pacífico. El modelo es calibrado y validado con registros de boyas direccionales y altimetría satelital entre 1980 y 2015. El estudio de clima medio concluye que la altura de ola y el período seguirán incrementándose levemente y el oleaje girará más al sur, también en forma moderada. Los eventos extremos, no obstante, serán más frecuentes e intensos, sobre todo en la zona central de Chile, lo que seguramente aumentará los daños en la infraestructura costera. El estudio de NMM, por su parte, se basa en 21 modelos disponibles en el CMIP5 los cuales se analizan cada 5 [km] en forma latitudinal. El estudio concluye que en todo Chile, incluidas Rapa Nui y Juan Fernández, se espera un ascenso de 0.15 a 0.18 [m], con un rango de incertidumbre del orden de ± 0.1 [m] para la proyección. A fines de siglo, no obstante, el incremento sería del orden de 0.65 ± 0.3 [m]. La cota de inundación, calculada a partir del oleaje, el NMM, la marea astronómica y la marea meteorológica, presenta valores de 2.5 [m] NRS en el extremo norte a 3.5 [m] NRS en el Canal Chacao para el escenario histórico y de entre 2.8 a 3.8 [m] NRS para ambos extremos. El aumento de la cota de inundación abarca desde +0.23 a +0.29 [m] en los extremos sur y norte, respectivamente.

El **estudio de exposición** consiste en elaborar un modelo de elevación digital (DEM) en 106 comunas a partir de tres fuentes satelitales (ASTER GDEM-2, ALOS WORLD 3D y ALOS PALSAR). A partir del DEM se elabora un inventario de exposición de los sistemas humanos y naturales ubicados bajo los 10 metros sobre el nivel del mar (msnm). El inventario es generado a partir de información disponible en los servicios públicos, levantamientos en terreno y talleres efectuados en Antofagasta, Valparaíso y Concepción. Luego de un proceso de limpieza de 174.746 registros identificados inicialmente, se llega a un inventario con 18.376 entradas, separadas en 6 categorías (población, infraestructura, equipamiento, economía, sistemas naturales y otros), subdivididas a su vez en 76 tipos de entidades. La información más relevante del inventario es presentada a nivel nacional, regional y comunal. En síntesis, el inventario identifica un total de 972.623 personas habitando en los primeros 10 msnm y que en dicha área se ubican 546 caletas de pescadores, 1692 humedales, 256 campos dunares, 1172 playas, 156 lugares de interés para la biodiversidad, 1198 equipamientos (colegios, jardines infantiles, carabineros, entre otros), 171 terminales marítimos, 475 elementos de infraestructura costera y 477 asentamientos, entre otros elementos (Tabla 22, Volumen 1). A partir inventario y mediante el juicio experto, se definen 12 comunas críticas en las que se utilizan planos de borde costero del SHOA para refinar el cálculo de la vulnerabilidad. Las comunas críticas son Antofagasta, Coquimbo, Viña del Mar, Valparaíso, Pichilemu, Talcahuano, Coronel, Arauco, Puerto Saavedra, Valdivia, Rapa Nui y el Archipiélago Juan Fernández; ambas últimas que se detallan en el volumen de **vulnerabilidad y riesgo en islas oceánicas**.

El **estudio de vulnerabilidad** se orienta a los sistemas humanos y naturales identificados en el estudio de exposición. Dada la gran cantidad y complejidad de categorías (6) y entidades existentes (76), el análisis se reduce a evaluar si cada objeto del inventario de exposición será o no inundado durante la proyección (2026-2045) bajo el escenario RCP 8.5. Las líneas de inundación para el período histórico y la proyección se presentan en el SIG. El estudio concluye que 589 manzanas censales, 46357 personas y 18338 viviendas pasarían a ubicarse en zonas de inundación. Lo mismo ocurriría 17 puentes, 4245 puntos de la red vial, 8 centros de distribución de energía por hidrocarburos, 1 central termoeléctrica, 2 subestaciones y 53 elementos de infraestructura sanitaria. Con respecto al equipamiento comunal, 10 edificaciones de bomberos, 7 establecimientos de salud, 49 de educación y 5 de policía se ubicarían en zonas inundables. Por último, se identifican 358 elementos asociados al turismo en dichas zonas. Adicionalmente, y en volúmenes separados, se caracteriza la vulnerabilidad (y cuando es posible el riesgo) de playas, caletas, puertos y humedales, proponiendo también medidas de adaptación específicas para estos sistemas.

En el estudio de **vulnerabilidad en playas** se determinan los cambios en la posición de la línea litoral para 35 playas en las regiones de Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Biobío. Para ello se usa el software DSAS, fotografías aéreas, imágenes satelitales y levantamientos topográficos. El análisis cubre desde 39 años (La Serena) a sólo 3 años (Lebu-Tirúa), pero en 33 playas exceden los 20 años. Los resultados integrados en el SIG indican que el 9% de estas playas presenta erosión alta (mayor a 1.5 m anuales), el 71% erosión, el 11% un estado estable y solo un 9% acreción. Los casos de mayor erosión corresponden a extensos litorales arenosos, asociados a campos dunares y humedales. El estudio histórico no establece las causas que explican la erosión generalizadas, que pueden ser de origen oceanográfico, geofísico, antrópico o hidrológico. En el estudio de **riesgo en playas** se estima, en forma

general, que aquellas playas ubicadas entre Arica y el Canal Chacao experimentarán retrocesos medios de entre 3 y 23 [m] por efecto de cambios en oleaje y nivel del mar en el escenario RCP 8.5 en el período 2026-2045. La tendencia es que playas largas experimenten erosión en sus extremos sur y acreción en sus extremos norte debido a un leve cambio en la dirección del oleaje. La estimación del daño económico calculado en forma específica para 6 playas en la Región de Valparaíso permite estimar una pérdida cercana a los 500 mil dólares anuales producto del riesgo de erosión causada por cambio climático.

En el estudio de **vulnerabilidad en puertos** se analiza el impacto histórico asociado a la pérdida de disponibilidad de sitios de atraque debido a oleaje (*downtime*). A partir de los certificados de cierre de puerto (2015 a 2017) y una base de datos de SERVIMET (2007 a 2014) se concluye que, entre 2008 y 2017, se registraron 9097 cierres de puerto en 19 capitanías expuestas al Océano Pacífico de las cuales se contó con información. Los puertos con mayor cantidad de cierres son Arica (850), Tocopilla (802) y Quintero (761). El estudio de **riesgo en puertos** se evalúa el *downtime* operacional en 9 puertos en Chile (Arica, Iquique, Mejillones, Antofagasta, Coquimbo, Quintero, Valparaíso, San Antonio y San Vicente). El oleaje en aguas profundas se transfiere a cada puerto utilizando un modelo numérico (SWAN). Luego, el *downtime*, expresado en horas de cierre por año, se calcula comparando el clima del oleaje local con límites operacionales definidos en la ROM 3.1-99 (PPEE, 2000) para el período histórico (1985-2004) y la proyección (2026-2045). Se concluye que algunos puertos mejorarán y otros empeorarán su operatividad y que el clima extremo será más severo a mediados de siglo. La mejora operativa puede explicarse por el giro al sur del oleaje que mejoraría las condiciones de abrigo de puertos ubicados en el extremo sur de las bahías. En términos económicos, el análisis a nivel agregado para los 9 puertos se traduce en pérdidas de US\$ 4,12 millones anuales y ganancias por US\$ 6,34 millones anuales, dando como resultado unas ganancias netas de US\$ 2,22 millones anuales como efecto del cambio climático. El aumento del NMM, sumado al incremento en la frecuencia e intensidad de las marejadas, no obstante, significará un aumento significativo del sobrepaso y del daño estructural de obras portuarias. Se proponen medidas de adaptación para mejorar las condiciones operacionales y para la gestión de la infraestructura en un contexto de clima futuro más severo que el actual.

Dada su similitud operacional, el estudio de **vulnerabilidad en caletas** equivale al de puertos y busca mostrar que estas han experimentado numerosos cierres debido a marejadas en la última década. En el estudio de **riesgo en caletas** de pescadores se evalúa el *downtime* operacional de las 546 caletas agrupadas cada 2° de latitud para el período histórico (1985-2004) y la proyección (2026-2045), considerando los límites operacionales definidos en base a *focus groups* y encuestas para diferentes actividades (buzos, recolectores, embarcaciones de eslora inferior y superior a 12 m). El oleaje en aguas profundas se transfiere a la costa utilizando una metodología simplificada que rescata la física fundamental de la zona de aproximación a la costa, pero no las condiciones locales de cada caleta. El análisis concluye que un 23% de los registros pesqueros artesanales se encuentran en zonas con predicciones de aumento en *downtime* de pesca (19°S a 34°S). Hacia el sur, las condiciones operacionales asociadas al oleaje mejorarían en la proyección. Considerando los valores de desembarque y de precios en playa del año 2017, se estima una pérdida a nivel agregado que podría fluctuar entre los US\$ 1,3 y 7,6 millones anuales para las caletas ubicadas entre los 19°S y 34°S, dependiendo del escenario. Las pérdidas en desembarque representan alrededor de un 2-5%

de capturas actuales.

El estudio de **vulnerabilidad de humedales** presenta la distribución comunal de 1692 humedales costeros. A nivel específico y dependiendo de la disponibilidad de información y levantamientos en terreno, se identifica una tendencia general a la reducción del área de los espejos de agua (18 de 21 casos analizados) que podría explicarse por la reducción de los caudales (100% de 30 ríos analizados). Debido al incremento histórico de la frecuencia e intensidad de las marejadas extremas, los episodios de sobrepaso que aportan agua salada a los humedales podrían generar cambios en el patrón de dominancia de las especies vegetales levantadas en los humedales costeros. No obstante, los cambios identificados en los humedales podrían deberse a otros factores no estudiados como la influencia de perturbaciones naturales provenientes de la cuenca (aluviones), al efecto del pastoreo ejercido por vacas y caballos, al pisoteo de turistas y al efecto combinado de dichos factores, tsunamis y tormentas marinas.

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 OBJETIVOS	10
1.2 ESTRUCTURA DEL INFORME	11
1.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO	11
1.4 EQUIPO DE TRABAJO	13
1.5 AGRADECIMIENTOS	14
1.6 GLOSARIO	15
2 CONTEXTO INSTITUCIONAL Y ANTECEDENTES	17
2.1 INSTITUCIONALIDAD Y POLÍTICAS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE	17
2.1.1 Institucionalidad sobre el cambio climático	17
2.1.2 El cambio climático en zonas costeras en políticas públicas	19
2.1.3 Referencias	23
2.2 OTRAS INICIATIVAS RELEVANTES PARA ESTE ESTUDIO	25
2.2.1 Diagnóstico de vulnerabilidad de las obras MOP y medidas de adaptación al cambio climático	25
2.2.2 Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular Chileno	25
2.2.3 Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al CC	26
2.2.4 Proyecciones de posibles amenazas hidro-climatológicas y otros potenciales eventos estresores	26
2.2.5 Estudio consultora IDOM para Rapa Nui	26
2.2.6 Talleres Ley de Cambio Climático CORECC	27
3 TALLERES Y ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN	33
3.1 DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DE LOS TALLERES	33
3.1.1 Cartografía Participativa	34
3.1.2 Cuestionario individual	36
3.2 TALLER EN VALPARAISO	37
3.2.1 Cartografía participativa	37
3.2.2 Encuesta	40
3.3 TALLER EN CONCEPCIÓN	43
3.3.1 Cartografía participativa	43
3.3.2 Encuesta	46
3.4 TALLER EN ANTOFAGASTA	50
3.4.1 Cartografía participativa	50
3.4.2 Encuesta	52
3.5 ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN ASOCIADAS AL PROYECTO	54
3.5.1 Reuniones con organismos vinculados	54
3.5.2 Proyectos relacionados	57
3.5.3 Charlas de difusión	59
3.5.4 Conferencias internacionales	60
3.5.5 Medios de comunicación	60
4 ESTUDIO DE EXPOSICIÓN	62
4.1 ESTIMACIÓN DEL ÁREA EXPUESTA EN LA ZONA COSTERA BAJA	62
4.1.1 Bases de datos utilizadas	62
4.1.2 Información Vectorial complementaria	67
4.1.3 Procesamiento	76
2.1 RESULTADOS	82

2.1.1	Área Expuesta General y Específica.....	82
2.1.2	Longitud de Costa	87
4.1.4	Modelo batimétrico.....	89
4.1.5	Referencias.....	90
4.2	BASES DE DATOS	92
4.2.1	Bases de datos solicitadas a los servicios.....	92
4.2.2	Metodología para la elaboración de la Base de Datos de Exposición	94
4.3	SISTEMA SOCIAL.....	116
4.3.1	Población total agregada cada 2° de latitud.....	116
4.3.2	Crecimiento poblacional agregada cada 2° de latitud	117
4.3.3	Distribución urbana y rural de zonas bajo los 10 [msnm].....	119
4.3.4	Extensión territorial bajo los 10 [msnm]	120
4.3.5	Análisis a nivel de manzanas censales 2017.....	120
4.4	INFRAESTRUCTURA COSTERA.....	143
4.4.1	Análisis a nivel agregado.....	143
4.4.2	Infraestructura vial.....	147
4.4.3	Infraestructura industrial.....	154
4.4.4	Infraestructura energética.....	160
4.4.5	Infraestructura sanitaria.....	162
4.4.6	Infraestructura costera y marítima	164
4.4.7	Instrumentación.....	173
4.5	EQUIPAMIENTO COMUNAL	174
4.6	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	182
4.7	SISTEMA NATURAL	192
4.8	POBLADOS	203
4.9	PROPUESTA DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ZONAS CRÍTICAS	206
4.9.1	Criterio cuantitativo	206
4.9.2	Juicio experto	214
4.9.3	Zonas críticas escogidas	222
4.10	RECOMENDACIONES.....	223
4.11	REFERENCIAS.....	224
5	ANEXOS.....	226
5.1	LISTADO DE INSTITUCIONES OFICIADAS.....	226
5.2	CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA TALLERES	233
5.2.1	Taller en Valparaíso.....	233
5.2.2	Taller en Concepción	240
5.2.3	Taller en Antofagasta	245
5.3	CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EXPUESTA EN COMUNAS COSTERAS E INTERIORES	248
5.4	DIFERENCIAS ENTRE LA LÍNEA DE COSTA DEL INE Y SUBPESCA	249

1. INTRODUCCIÓN

Muchos de los cambios observados en el sistema climático desde la década de 1950 no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios (IPCC, 2014). Este fenómeno ha forzado la adopción de medidas y acuerdos a nivel internacional para atenuar, en la medida de lo posible, las consecuencias de este fenómeno. En una primera instancia, los acuerdos se enfocaron en mitigación de gases efecto invernadero, pero los impactos del calentamiento global se han visto de manera más recurrente, teniendo que enfocarse esfuerzos en adaptación. Los impactos asociados a los efectos agudos y crónicos del cambio climático son cada vez más evidentes en el caso de Chile. Para avanzar en el desafío de la adaptación es necesario entender los riesgos en distintos componentes del sistema productivo, ambiental y social del país.

Atendiendo a la escasez de información sobre los efectos de este fenómeno en el litoral de nuestro país, se presenta el primer informe de la consultoría "Determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile", cuyas bases administrativas y técnicas corresponden a la R.E. N° 0568, del 11 de julio de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente. El estudio es desarrollado por una alianza entre el Centro de Cambio Global UC (CCG), el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), la Universidad de Valparaíso, la Universidad de Playa Ancha, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad Católica del Maule.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es "Generar información de proyecciones respecto de la amenaza del cambio climático en las costas de Chile y sus impactos, a escala regional, y determinar el riesgo asociado a este fenómeno, para el diseño de políticas e implementación de medidas de adaptación".

A partir de este objetivo general, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- a) Generar proyecciones de la amenaza del cambio climático en el borde costero de Chile continental e insular, considerando el escenario de emisiones RCP 8.5 del IPCC.
- b) Elaborar información sobre la exposición de sistemas humanos y naturales del borde costero de Chile continental e insular según los resultados del objetivo específico a).
- c) Realizar una evaluación de la vulnerabilidad frente a la amenaza del cambio climático, para el borde costero de Chile continental e insular
- d) Determinar el riesgo humano y físico frente a esta amenaza según los resultados de los objetivos específicos a) y b).

1.2 ESTRUCTURA DEL INFORME

Dado el gran volumen de información generada en esta consultoría, se presentan los resultados en los siguientes volúmenes:

- Resumen Ejecutivo
- Volumen 1: Amenazas (oleaje, nivel del mar y cota de inundación)
- Volumen 2: Exposición de zonas costeras
- Volumen 3: Vulnerabilidad de sistemas humanos y naturales
- Volumen 4: Vulnerabilidad y riesgo en playas
- Volumen 5: Vulnerabilidad y riesgo en puertos
- Volumen 6: Vulnerabilidad en humedales costeros
- Volumen 7: Vulnerabilidad y riesgo en caletas pesqueras
- Volumen 8: Vulnerabilidad en Rapa Nui y Archipiélago Juan Fernández

El presente Volumen 2 cubre la exposición de zonas costeras.

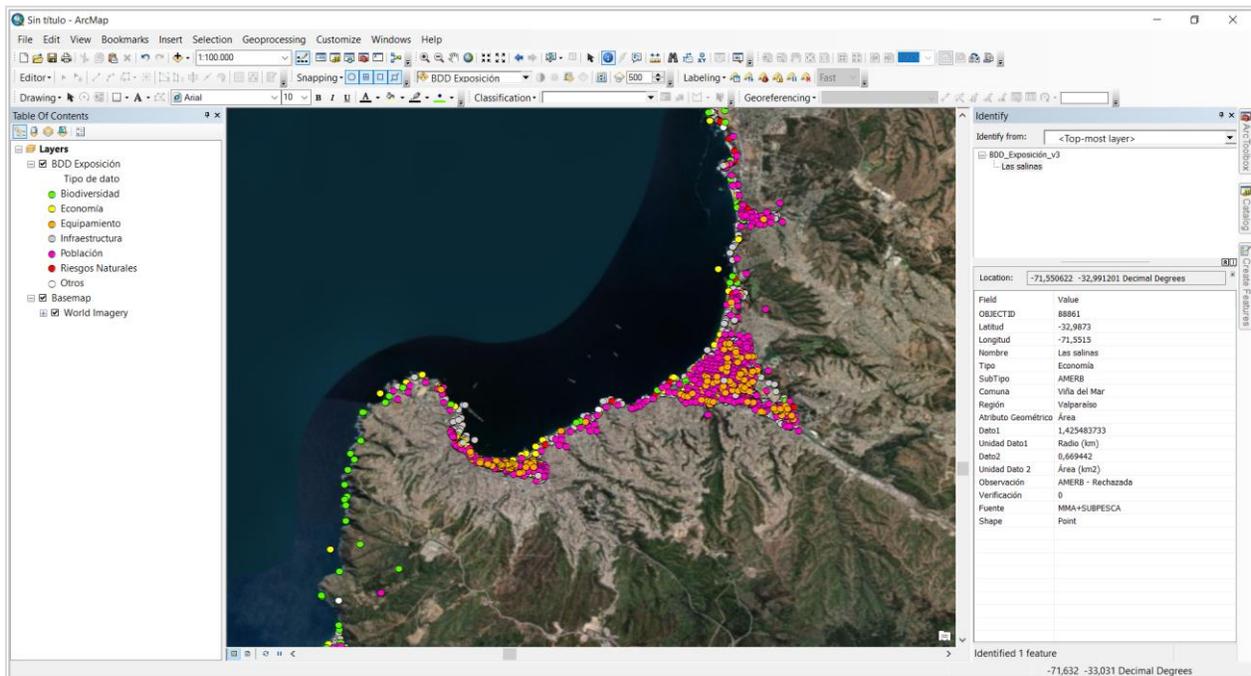
1.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

La información generada en el estudio fue proporcionada al Ministerio de Medio Ambiente en forma de un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante la elaboración de una Geodatabase¹ (GDB). Esta base de datos, compatible con el software ArcGis 10 o superior, se utilizó para elaborar sets planimétricos de exposición, vulnerabilidad y erosión costera, los cuales fueron entregados en formato PNG y como archivo editable propio del software (MXD).

La GDB contiene archivos vectoriales (puntos, líneas o polígonos) y ráster (matriz de datos compuesta por píxeles). Los primeros poseen una tabla de atributos con información detallada de cada elemento que conforma la base de datos. En los archivos ráster cada pixel tiene un valor asociado al dato observado. La base de datos SIG del proyecto tiene un aspecto como el ilustrado en la Figura 1.

¹ Información geoespacial contenida en una carpeta de archivos que comparten un origen común.

Figura 1: Ejemplo de visualización de la base de datos de Exposición en el SIG.



El SIG se estructuró de la siguiente manera:

- **Área expuesta:** contiene planos (PNG) y archivos editables (MXD) del área expuesta correspondiente a la franja de borde costero que se encuentra entre los 0 y 10 [m] sobre el nivel del mar (Volumen 2).
- **Área vulnerable:** contiene planos (PNG) y archivos editables (MXD) del área vulnerable correspondiente a la franja de borde costero afecta a la cota de inundación actual y futura (Volúmenes 1 y 2).
- **GDB CCCostas (.gdb):** contiene la base de datos de exposición y vulnerabilidad (Volúmenes 1 y 2). En su interior posee la siguiente información:
 - Área expuesta definida mediante un polígono del área expuesta nacional además de polígonos y curva de exposición para las comunas críticas².
 - Área vulnerable definida mediante un polígono y curvas de vulnerabilidad identificadas a partir de las proyecciones de las cotas de inundación actual y futura, entre Arica y Canal Chacao.
 - Inventario de exposición separado en 7 categorías (biodiversidad, economía, equipamiento, infraestructura, población, riesgos naturales, otros) para 106 comunas.

² El estudio de exposición (Volumen 2) identifica las siguientes comunas críticas: Antofagasta, Arauco, Coquimbo, Coronel, La Serena, Pichilemu, Saavedra, Talcahuano, Valdivia, Valparaíso y Viña del Mar.

- Línea de costa del INE, modificada en algunos sectores y utilizada para calcular las longitudes costeras del territorio nacional.
 - Archivo vectorial de puntos con las características principales de las playas analizadas.
 - Modelos de elevación digital elaborados a partir de información topográfica detallada entregada por el SHOA para las comunas críticas.
 - Ortomosaicos de humedales generados en base a imágenes de dron de algunos de los humedales visitados en este estudio³.
- **Líneas de playa:** contiene los planos (PNG), archivos editables (MXD) y GDB de las playas analizadas en el estudio de erosión costera (Volumen 4).

1.4 EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo está conformado por 21 académicos y profesionales de apoyo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, de la Universidad de Valparaíso, de la Universidad de Playa Ancha, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad Católica del Maule (Figura 2). El trabajo se desarrolla bajo la coordinación del Centro UC de Cambio Global (CCG-UC⁴), centro de investigación interdisciplinario cuya misión es promover la colaboración académica (nacional e internacional) para investigar los fenómenos relacionados al cambio global, abordando integralmente las dimensiones biofísicas y humanas. Miembros del equipo de trabajo son también parte del Centro Integrado de Gestión de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN⁵), centro de investigación de excelencia que tiene como misión desarrollar, integrar y transferir conocimiento científico, y formar capital humano avanzado que contribuya a reducir las consecuencias sociales de los eventos naturales extremos. Se cuenta también con el apoyo del Centro de Observación Marino para estudios de Riesgos del Ambiente Costero de la Universidad de Valparaíso (COSTAR-UV⁶).

³ Los humedales son: Carampangue, Cartagena, Cebada, Chaihuín, Conchalí, Cucao, El Culebrón, Tongoy, Huasco, Huentelauquén, La Boca (los Choros), Limarí, Mantagua, Merquinche, Pachingo, Pucotrihue, Punta Teatinos, Quilimarí, Salinas Chica, Salinas Grande, Salinas de Copiapó (Norte y Sur), San Alfonso, Vegas de Coliumo y Vegas del Itata.

⁴ <https://cambioglobal.uc.cl/>

⁵ <http://cigiden.cl/en/>

⁶ <https://costar.uv.cl/>

Figura 2: Organigrama del equipo de trabajo e instituciones desarrolladoras.



1.5 AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las instituciones que proporcionaron información en forma desinteresada o mediante la Ley de Transparencia y, en particular a aquellas personas en dichas instituciones que levantaron la información utilizada en este estudio. En particular, a las diferentes unidades del Ministerio del Medio Ambiente, a la Dirección de Obras Portuarias y a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, al Ministerio de Bienes Nacionales y al Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa, a SUBPESCA, SERNAPESCA, ONEMI, DIRECTEMAR, SHOA, IGM, Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, SISS, INE, SERNATUR, Subsecretaría de Transporte (MTT). Finalmente, queremos agradecer a Gladys Santis, Maritza Jadrijevic, Nico Kohlhas y Priscila Ulloa, quienes offician de contraparte técnica del proyecto.

1.6 GLOSARIO

En esta sección se presentan términos esenciales para comprender el texto. El glosario incluido en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014b) ofrece una definición mucho más detallada de términos que pueden complementar a los incluidos en esta lista. Adicionalmente, en los 8 volúmenes se incluyen otros términos (e.g. marejadas, marea meteorológica, nivel del mar) que son definidos en el marco teórico correspondiente a cada tópico.

- **Adaptación:** Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014).
- **Amenaza:** Es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- **AR:** Assessment Report (Informe de Evaluación). Son documentos elaborados por centenares de expertos del IPCC, que dan cuenta del estado del arte de la ciencia del cambio climático. Se han elaborado cinco AR desde el primero en 1990. El último fue publicado entre los años 2013 y 2014.
- **Cambio climático:** El IPCC (2014b) define al cambio climático como la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo (decenios o períodos más largos). El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La CMNUCC define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad atribuible a causas naturales.
- **CMNUCC:** La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ofrece una estructura para canalizar los esfuerzos intergubernamentales dirigidos a resolver el desafío del cambio climático.
- **Exposición:** La presencia de personas, medios de subsistencia, especies, ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura, activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014).
- **IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Está compuesto por centenares de científicos y expertos que contribuyen de manera voluntaria, escribiendo informes para dar cuenta

del estado del arte de la ciencia del cambio climático y generando la mejor información técnica posible, para apoyar la toma de decisiones de los países.

- **Impactos:** Efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos,
- **Mitigación:** es una intervención humana que busca disminuir las fuentes (y/o las emisiones de las mismas) o mejorar los sumideros de Gases Efecto Invernadero (GEI).
- **Riesgo:** Consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de ocurrencia de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias.
- **RCPs:** Las Trayectorias de Concentración Representativas (Representative Concentration Pathways) son escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre (IPCC, 2014b). Las RCPs, que hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta el año 2100, son:
 - RCP2.6: Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 [W/m²] antes de 2100 y posteriormente disminuye.
 - RCP4.5 y RCP6.0: Trayectorias intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente 4.5 [W/m²] y 6.0 [W/m²] después de 2100.
 - RCP8.5: Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores mayores a 8.5 [W/m²] en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo.
- **SRES:** Special Report on Emissions Scenarios (Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones), usados para el AR4. Estos escenarios hacen supuestos ("historias") respecto al crecimiento de la población global futura, el desarrollo tecnológico, la globalización y los valores sociales. El escenario A1 ('una familia global') asume un futuro de globalización y rápido crecimiento económico y tecnológico, con uso intensivo de combustibles fósiles (A1FI), no intensivo en combustibles fósiles (A1T) y versiones equilibradas (A1B). El escenario A2 ('un mundo dividido') asume un mayor énfasis en las identidades nacionales. Los escenarios B1 y B2 asumen prácticas más sostenibles ('utopía'), con un enfoque más global y regional, respectivamente.
- **Vulnerabilidad:** Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014b).

2 CONTEXTO INSTITUCIONAL Y ANTECEDENTES

2.1 INSTITUCIONALIDAD Y POLÍTICAS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

2.1.1 Institucionalidad sobre el cambio climático

La **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** (CMNUCC), realizada en 1992 y que entró en vigencia en 1994, fue la primera instancia a nivel internacional en la que las naciones se comprometen a abordar la problemática del cambio climático. Inicialmente, la CMNUCC enfocó sus esfuerzos en mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), siguiendo el objetivo de lograr

“la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (CMNUCC, 1992).

En acuerdos posteriores, se ha relevado la importancia de la adaptación al cambio climático. Chile ratificó su compromiso de adscribir a la convención en el año 1994. Dentro de las características de vulnerabilidad según la CMNUCC, el país posee 7 de las 9 características de vulnerabilidad (entre ellas, contar con zonas costeras bajas) posicionándolo como un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático. A partir de este compromiso es la autoridad inició una serie de estrategias, planes y políticas públicas, como también desarrollo de reportes para cumplir sus compromisos y avanzar hacia una economía más baja en carbono y resiliente a los impactos del cambio climático.

En el año 1996 se crea el **Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global**, compuesto por representantes de distintos ministerios y academia, y que tuvo como función, asesorar al Ministerio de Relaciones Exteriores en materia de cambio climático, asesorar en la implementación de políticas y asesorar en torno a la investigación y operar como órgano coordinador de distintas actividades relacionadas con cambio climático a nivel nacional. Este comité avanzó en el desarrollo de políticas, y en el año 2006 Chile preparó su primera **Estrategia Nacional de Cambio Climático**.

Dentro de las líneas de acción propuestas en la estrategia, nace el **Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012** (PANCC), documento que define como ejes centrales la mitigación, la adaptación y el fortalecimiento de capacidades. Este plan se encontraba orientado a la generación de información apropiada para la toma de decisiones y respectiva preparación de planes nacionales y sectoriales. Al mismo tiempo, el Plan permitió avanzar hacia una institucionalidad del cambio climático en Chile. En base a este plan, el año 2010 se crea la **Oficina de Cambio Climático**.

En el año 2014 se crea el **Plan de Adaptación Nacional al Cambio Climático**, de donde se

desprenden los planes sectoriales de adaptación al cambio climático. Dado su nivel de vulnerabilidad al cambio climático, se determinaron los sectores prioritarios:

- Silvoagropecuario
- Biodiversidad
- Pesca y Acuicultura
- Salud
- Infraestructura
- Recursos Hídricos
- Energía
- Ciudades
- Turismo

Actualmente se encuentran aprobados los planes de adaptación de los sectores silvoagropecuario, biodiversidad, pesca y acuicultura, energía, ciudades, salud e infraestructura. Los planes de turismo y recurso hídricos están en preparación.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático se funda en una institucionalidad operativa a nivel Ministerial, que se materializa en el **Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático** (ETICC), que tiene el rol de avanzar en sus compromisos de adaptación y reportar por cada uno de los Ministerios que desarrollaron planes de adaptación. También existen puntos focales de cambio climático en las Secretarías Regionales del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), consejos consultivos regionales y municipios interesados, cuya misión es generar una estructura habilitante para la implementación de políticas públicas de adaptación con una mirada local. Como complemento se generan los **Comités Regionales de Cambio Climático** (CORECC), que tienen como función asesorar en términos técnicos a los gobiernos regionales en materias relacionadas con el cambio climático.

En 2017, Chile actualizó su **Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático 2017-2022**, para cumplir su compromiso antes la CMNUCC. El Plan se encuentra en estado de implementación.

En el marco del compromiso ante la CMNUCC, se realizaron diversos acuerdos para reforzar avances en mitigación y adaptación al cambio climático. Dentro de los más importantes, el último compromiso acordado durante la COP21 bajo el Acuerdo de París⁷, limita a los países a elevar las concentraciones de GEI a la atmósfera para no superar en 2°C la temperatura media del planeta. Cada país entregó su NDC (**Contribución Nacional Determinada**), en el cual Chile estableció su meta de reducción de emisiones y compromisos de adaptación. Como compromisos de reporte de la CMNUCC, los países deben reportar sus estados de avances en materia cambio climático, reportes llamados **Comunicaciones Nacionales**. Actualmente Chile cuenta con 3 reportes realizados en los años 1999, 2011 y 2016, que serán revisados en la sección más adelante.

⁷ COP, Conferencia de las Partes (por sus siglas en inglés de *Conference of the Parties*), es el órgano supremo de la CMNUCC. En esta instancia anual se toman decisiones, se examinan aplicaciones de la convención, nuevos descubrimientos científicos y evaluación de progresos, entre otros.

2.1.2 El cambio climático en zonas costeras en políticas públicas

En esta sección se realiza una revisión de los planes y políticas que tienen relación con los impactos del cambio climático en zonas costeras, con el objetivo de tener un panorama del estado de avance de políticas en esta materia. Se revisan en orden cronológico las políticas, planes o estrategias relacionadas con la adaptación, impactos y riesgos asociados al cambio climático, omitiendo aquellas relacionadas con mitigación.

En el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en 2008 se elaboró un estudio sobre **Vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros** como parte de un proyecto GEF⁸ orientado a cumplir con los compromisos de la CMNUCC. El estudio evaluó los efectos de incrementos en el nivel del mar en áreas costeras del Golfo de Arauco, y los impactos del cambio climático sobre la anchoveta, la merluza común y la sardina común. También, se midieron cotas de inundación en áreas costeras de Arica, Valdivia y Puerto Montt (CONAMA, 2008)

Por otra parte, se elaboró la **Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático** bajo la CMNUCC (CONAMA, 1999). Las zonas costeras se mencionan en el estudio, pero no se incluyen resultados relevantes. En este reporte no se identifican medidas de adaptación o instrumentos orientados a identificar impactos en zonas costeras. En la **Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático** (MMA, 2011) ante la CMNUCC tampoco se aborda de manera sustancial la temática específica de las zonas costeras. Sin embargo, en la **Tercer Comunicación Nacional sobre Cambio Climático** ante la CMNUCC (MMA, 2016), se reconoce que, si bien las zonas costeras no se han identificado como un sector prioritario para el desarrollo de un Plan de Adaptación Nacional, su vulnerabilidad y particularidades no son menores. En este sentido, respecto de la 2CN se reconocen una serie de avances que pueden servir de insumos para definir medidas de adaptación:

- Se han mejorado los cálculos de las tasas de cambio del nivel medio del mar (NMM), y se dispone de una representación del litoral continental y de Isla de Pascua.
- Se ha incorporado la preocupación por las alteraciones del oleaje incidente en nuestras costas y un eventual aumento e intensidad de las marejadas.
- En los últimos años varios trabajos han abordado la preocupación creciente por los efectos sobre la pesca y la acuicultura, pero se han focalizado en la zona sur y austral.

Dentro de sus líneas prioritarias de acción en el eje de adaptación, el PANCC 2008-2012 buscó *“Estimar los impactos del cambio climático en la infraestructura mayor y en zonas urbanas costera bajas...”* (CONAMA, 2008). Las medidas específicas para dicha línea de acción se encuentran las medidas enfocadas en 3 grandes grupos:

- Generar información de los riesgos e impactos en infraestructura y zonas costeras
- Adaptación en el diseño de Infraestructura

⁸ Global Environmental Facility por sus siglas en inglés. Es un fondo para abordar temáticas medioambientales a nivel internacional creado en 1992.

- Mejora de los instrumentos de planificación urbana

Según la evaluación de término del PANCC, el estado de cumplimiento de dichas medidas fue media. Se destacaron los avances en el desarrollo de estudios de adaptación de la infraestructura de grandes obras costeras, y un bajo avance en la incorporación de consideraciones de cambio climático en instrumentos de planificación territorial (Aldunce & ARudnick, 2012). El actual PANCC 2017-2021 separa las medidas de adaptación entre infraestructura pública como un sector específico y las zonas urbanas costeras contenidas en el plan ciudades (MMA, 2017a). En su eje de adaptación, el **Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático** contempla medidas en el borde costero asociadas a las competencias de la Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas, que actualmente se encuentran en estado de implementación.

A nivel de planes de adaptación sectoriales, el **Plan de Adaptación de Pesca y Acuicultura** establece dos medidas específicas que responden a la amenaza generada por un aumento del nivel del mar y por el aumento de los eventos extremos de oleaje. Estas medidas de acción son:

- N°15: Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura
- N°25: Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático

Según el segundo reporte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, estas medidas de acción presentan 0% de avance al 2017 (MMA, 2017b). Sin embargo, el Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático, puesto en marcha el año 2017, incorpora medidas de adaptación orientadas a disminuir los riesgos del aumento del nivel del mar y eventos extremos (marejadas, oleaje). Respecto a los otros planes de adaptación sectorial, no se identifican mayores relaciones y/o avance en dicha materia.

De la revisión de los antecedentes disponibles, se concluye que Chile posee varios instrumentos de política pública que están orientados a disminuir la vulnerabilidad ante los impactos de las zonas costeras a distintas escalas y sectores. No obstante, el grado de detalle de eventuales políticas, planes e instrumentos específicos es aún insuficiente y requiere de un estudio más detallado de las amenazas, exposición, vulnerabilidad y riesgo de los sistemas naturales y humanos que residen en la zona costera.

Los objetivos de este estudio se enmarcan en esta necesidad de seguir avanzando en la definición de medidas de adaptación específicas para las zonas costeras del país.

Tabla 1: Instrumentos de políticas públicas y avances con impactos en zonas costeras.

Instrumento de política pública	Año	Mención/Referencia/Elemento en relación a impactos por aumento del nivel del mar en Zonas Costeras
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ONU	1994	Establece como criterio de vulnerabilidad aquellos países con Zonas Costeras bajas, Chile cumple con este criterio, posicionando las zonas costeras como una zona de riesgo.
Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global	1996	Conformado por diversos servicios, entre ellos el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), entendiendo la importancia de zonas costeras y su relación con Cambio Climático.
Primera Comunicación Nacional de Chile ante la CMNUCC	1999	<p>Se realizan referencias a dos estudios en relación a Impacto de las zonas costeras.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. "Análisis de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Chile: zonas costeras y recursos pesqueros" Realizado específicamente como parte de los acuerdos de la CMNUCC, para determinar la vulnerabilidad de las zonas costeras. 2. En el marco del Plan de acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste CPPS/PNUMA, se creó en Chile un grupo de trabajo integrado por diferentes instituciones nacionales (estatales y académicas), que tuvo como principal misión elaborar el estudio "Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global: Caso de estudio Bahía de Concepción" (1997). En este estudio se utilizó la metodología recomendada por el PICC para evaluar la vulnerabilidad de zonas costeras ante un aumento del nivel del mar. Se tuvo una visión general de los impactos del aumento del nivel del mar en las costas la bahía de Concepción
Estrategia Nacional de Cambio Climático	2006	No se hace referencia a impactos por aumento del nivel del mar en zonas costeras.
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012	2008	<p>El PANCC reconoce riesgos en ciudades costeras en el diagnóstico en base a estudio "Estudio sobre vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros, como parte del proyecto GEF del Centro EULA, U. de Concepción. (debido a la falta de información disponible para las áreas costeras de Arica, Valdivia y Puerto Montt, se evaluó sólo los impactos en el Golfo de Arauco)</p> <p>Se establece Infraestructura y zonas urbanas costeras como una de las líneas de acción prioritarias. Se establece como recomendación general dentro de las medidas, evaluar los impactos de cambio climático en la infraestructura y fortalecimiento de instrumentos de planificación urbana (incorporación del análisis de impactos del cambio climático en los planos reguladores comunales y evitar la expansión de asentamientos humanos en zonas costeras bajas)</p>
Segunda Comunicación Nacional ante la CMNUCC	2011	Se dedica una sección específica para Zonas costeras y alza del nivel del mar en el capítulo de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Se destaca el desarrollo del estudio "Efectos del Cambio Climático en las costas de Chile, de ICOUV, para alza del nivel del mar.

Instrumento de política pública	Año	Mención/Referencia/Elemento en relación a impactos por aumento del nivel del mar en Zonas Costeras
Plan de Adaptación del Sector Silvoagropecuario	2013	No se hace referencia a impactos por aumento del nivel del mar en zonas costeras.
Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad	2014	No se hace referencia a impactos por aumento del nivel del mar en zonas costeras. Las recomendaciones se concentran en protección de la biodiversidad y ecosistemas costeros dados los cambios en temperatura del mar.
Plan de Adaptación Nacional al Cambio Climático	2014	El PNACC, al tratarse de un instrumento articulador, no hace mención de medidas específicas sobre aumento del nivel del mar en zonas costeras c, sin embargo, establece la infraestructura costera como uno de los principales a prioritarios a proteger producto del cambio climático. Dentro de las líneas de acción se estableció el desarrollo de Plan de Adaptación de Infraestructura.
Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura	2015	Se diagnostican aumento del nivel del mar y aumento de eventos extremos como un potencial impactos del cambio climático para la pesca y acuicultura. En relación a lo anterior, se determinan dos medidas de acción para atacar dicha amenaza. Medida de acción N°15: Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura y medida de acción N° 25 "Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático"
Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales	2016	No se hace referencia a impactos por aumento del nivel del mar en zonas costeras.
Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud	2016	En el plan se menciona el aumento del nivel del mar como un impacto en las zonas costeras en la zona austral del país, sin embargo, no se menciona una medida de adaptación a dicho impacto, se infiere que el impacto que pueda causar dicho riesgo a la salud es bajo.
Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático	2017	El plan presenta 3 ejes de acción, entre ellos adaptación con foco en el desarrollo de medidas de acción orientadas a cambios metodológicos en el diseño de infraestructura, con énfasis en infraestructura costera.
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017 – 2021	2017	Se establece la elaboración, implementación y actualización de planes sectoriales de adaptación, entre ellos el Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático y el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, que incluiría las zonas urbanas costeras. Creación de la Comisión de uso de borde Costero dentro de los CORECC.

Tabla 2: Estudios sobre impactos del cambio climático en zonas costeras

Autor	Nombre Estudio	Año
Comisión Permanente del Pacífico Sur	Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global: Caso de Estudio - Bahía de Concepción, Chile	1997
EULA de la Universidad de Concepción.	Análisis de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Chile: zonas costeras y recursos pesqueros	1998
Universidad de Chile, Departamento de Geofísica	Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI	2006
Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso	Efectos de cambio climático en las costas de Chile	2009
CEPAL	La economía del cambio climático en Chile	2012
Centro de Cambio Global UC	Enfoque metodológico para evaluar la adaptación al cambio climático en la infraestructura pública del MOP	2012
Centro de Cambio Global UC	Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al Cambio Climático.	2013
Ministerio del Medio Ambiente	Reducing climate vulnerability and flood risk in coastal urban and semi urban areas in cities in Latin America	En proceso
COPAS, Universidad de Concepción	Enfoque metodológico y plan de acción para abordar el impacto del cambio climático en la pesca y acuicultura en Chile	2012
DEUMANN Consultores	Diagnóstico de la Vulnerabilidad de las Obras MOP y Medidas de Adaptación al Cambio Climático	2019

2.1.3 Referencias

Aldunce P. Bello F. Bórquez R. Farah ML. Echeverría I. Indvik K. Lillo G. Montenegro N. Orell MI. Paneque M. Rebolledo I. Revco C. Román-Figueroa C. Sepulveda E. Fuster R. Adler C. Costa L. Guijón R. Howden M. Keenan R. Neri C. Rojas M. Rudnick A. 2014. Evaluación de término del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, PANCC 2008-2016, Licitación N° 608897-101-LE14 del Ministerio del Medio Ambiente. 240p.

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático), 1992, en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. Consultado el 15 de marzo de 2019.

CONAMA (1999). Primera Comunicación Nacional Bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 153.

CONAMA (2008). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) 2008 -2012. (En colaboración con el Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global., Ed.). Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2011). Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 289p.

Ministerio del Medio Ambiente (2016). Tercera comunicación nacional De Chile Ante La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático.

Ministerio del Medio Ambiente. (2017a). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Gobierno de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2017b). Segundo reporte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

2.2 OTRAS INICIATIVAS RELEVANTES PARA ESTE ESTUDIO

En forma paralela a esta consultoría, se están efectuando una serie de estudios relacionados con el cambio climático en Chile, los que se presentan a continuación.

2.2.1 Diagnóstico de vulnerabilidad de las obras MOP y medidas de adaptación al cambio climático

El estudio fue desarrollado por la Consultora Deuman para el Ministerio de Obras Públicas y concluyó en enero de 2019. El objetivo principal del estudio fue Proponer medidas de adaptación en el subsector de infraestructura hidráulica (control aluvional, manejo de cauce) y portuaria (zona costera) frente a eventos climáticos de carácter extremos, en el marco del incremento de la resiliencia climática.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Efectuar una recopilación de los eventos extremos acontecidos en los últimos 12 años en el país y la afectación a la comunidad en relación a los servicios de infraestructura que presta el MOP.
- Analizar el impacto social, económico y ambiental, producto de eventos climáticos extremos en la infraestructura.
- Efectuar una sistematización de opciones de adaptación para protección de zona costera, control aluvional y manejo de cauces para mitigar los efectos del cambio climático.
- Realizar a través de tres casos de estudio representativos, una propuesta metodológica para incluir el cambio climático en el diseño de infraestructura.
- Proponer las distintas alternativas de monitoreo remoto y análisis de la factibilidad de postulación a fondos internacionales.

Este estudio presenta aportes importantes en lo relativo a opciones de adaptación que serán analizados como parte de la actividad adicional denominada "Discusión temprana líneas estratégicas medidas de adaptación".

2.2.2 Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular Chileno

El estudio, actualmente en desarrollo por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2, 2018) de la Universidad de Chile, consiste en realizar un escalamiento estadístico de la precipitación y temperatura simulada en modelos de clima, usando, como referencia, las observaciones de estas variables registradas en el Aeropuerto Mataverí y Juan Fernández, ambas de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

2.2.3 Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al CC

El proyecto, desarrollado por el MMA, SUBPESCA, FAO, GEF y la PUCV, contempla la implementación de una serie de iniciativas para la acuicultura de pequeña escala. Estas corresponden a:

- Prácticas sustentables en cultivo de pequeña escala de ostión del norte y ostra japonesa en Tongoy.
- Cultivo de mitílidos en Riquelme y caleta El Manzano-Hualaihué.
- Cultivo de microalgas en Riquelme, Coliumo y caleta El Manzano-Hualaihué.
- Cultivo experimental de algas pelillo y chicorea de mar en Coliumo.
- Programa de captación de semillas de mitílidos en caleta El Manzano-Hualaihué.

Del mismo modo, se iniciará la implementación de nuevas prácticas orientadas a incorporar valor a especies desembarcadas por la pesca artesanal.

2.2.4 Proyecciones de posibles amenazas hidro-climatológicas y otros potenciales eventos estresores

Al cierre de este informe se desarrolla la consultoría "Estudios del índice de vulnerabilidad y riesgo de territorio del área metropolitana de Valparaíso al cambio climático e identificación de las respectivas medidas de adaptación" (PUCV et al., 2019), al alero del "Programa de resiliencia climática para el área metropolitana de Valparaíso". El estudio es desarrollado por diversas instituciones (PUCV, UV, UPLA, UTFSM y EBP) y tiene carácter confidencial.

2.2.5 Estudio consultora IDOM para Rapa Nui

El estudio⁹, desarrollado por la consultora IDOM y BID, busca proponer una cartera de inversiones para Rapa Nui y hacer sinergias entre las diferentes iniciativas y estudios vigentes o aquellos que se han desarrollado recientemente. El proceso lo lidera SUBDERE. El estudio busca asimismo coordinar actividades de participación ciudadana con el objetivo de evitar una sobrecarga de actividades en la agenda local. El 2 de abril se sostuvo una reunión con Waldo Urquiza (IDOM), James Robinson (BID) y Alejandra Estay (BID) donde se informó de diversas iniciativas que han evaluado los riesgos en la isla, entre las que destaca el PRC (Plan Regulador Comunal) y el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) y se acordó prospectar estudios sobre riesgos costeros en adelante.

⁹ "Desarrollo de agenda de inversiones para el desarrollo sostenible y sistema de monitoreo para Rapa Nui".

2.2.6 Talleres Ley de Cambio Climático CORECC

Los Comités Regionales de Cambio Climático (CORECC) tienen la función principal de promover y facilitar la elaboración e implementación de las políticas, planes y acciones en materia de cambio climático, según las necesidades regionales y locales. Las funciones del CORECC son:

- Realizar un diagnóstico compartido de la situación climática regional
- Planificar con visión de largo plazo
- Incorporar la variable climática en el proceso de toma de decisiones
- Facilitar la coordinación entre el nivel regional y el nivel nacional
- Optimizar el uso de recursos que se destinen a cambio climático

Durante el año 2018, el MMA realizó una serie de talleres con los CORECC con el propósito de levantar elementos a considerar en la futura Ley Marco de Cambio Climático (CC). En cada taller se efectuaron las siguientes preguntas:

- ¿Dónde estamos?
Identificación de los principales impactos del CC a nivel regional
Sobre el CORECC, ¿quién debiera presidirlo? y ¿quiénes debieran conformarlo?
- ¿Dónde queremos llegar?
¿Qué soluciones visualiza, considerando que se va a contar con esta ley?
- ¿Cómo llegamos ahí?

En esta sección se utilizan las actas de estos talleres para identificar los temas costeros en cada región¹⁰. El análisis de las respuestas permite complementar este estudio con otros elementos de exposición y vulnerabilidad frente al CC en el litoral del país. La Tabla 3 caracteriza la conformación de los asistentes a cada taller, identificando las instituciones, universidades o centros de investigación que pudieran haber dado una visión académica y/o de base científica al taller, además de aquellos servicios vinculados a la zona costera (e.g. Armada, Sernapesca, Dirección de Obras Portuarias). La tabla revela que en aquellas regiones donde sus CORECC no son conformados con la participación de la academia y/o servicios vinculados con el mar, la evaluación realizada tanto para los efectos del cambio climático, como para la búsqueda de soluciones, tiende a invisibilizar a zona costera (Araucanía y Aysén). Es recomendable que en futuras instancias, los CORECC's consideren representantes con competencias y/o conocimientos en temas costeros.

La Tabla 3 organiza por región, los impactos detectados o potenciales en la zona costera, De la inspección de la tabla se observa que las variables más mencionadas dicen relación con la

¹⁰ Se consideraron todas las regiones salvo la Región del Ñuble, donde no estaba constituido el CORECC, y la Región Metropolitana, que no tiene costa.

temperatura superficial del mar (TSM), el nivel del mar (NNM), la acidificación del océano, las marejadas, las floraciones algales nocivas (FAN), la pesca, la biodiversidad y los cambios en la distribución de las especies. La recurrencia de las marejadas se destaca como un problema percibido tanto en regiones del norte, centro y sur del país en tanto que las floraciones algales nocivas (FAN) aparecen como un problema en las regiones australes. En resumen, se identifican una serie de impactos potenciales que no son cubiertos en esta consultoría

Tabla 3: Cantidad de inscritos a CORECC's por tipo de institución.

Región	Instituciones presentes	Inscritos	Servicios	Universidad	Organización sociedad civil	Otro	Presencia ente marítimo	CORECC Incluye servicios marinos	Impactos Marinos	Soluciones Marinas
Arica y Paríacota	Consejo Consultivo Regional, Gob. Prov. Arica, Municipalidad Arica, Agencia de Sustentabilidad y CC (Arica), U. Tarapacá, U. Arturo Prat, Consejo Consultivo, SEREMI MTT, SEREMI Agricultura, SEREMI MINVU, CONAF, MOP	12	9	2	1	0	No	No	Diversidad de especies, pesca, aumento TSM. efectos en el NMM y marejadas	No
Tarapacá	MMA, ANEF, UNAP, CONAPACH, ONG Norte Alegre	5	1	1	3	0	No	SD	Marejadas, Puertos	SD
Antofagasta	U. Arturo Prat, SEREMI Energía, SEREMI MINVU, SEREMI MOP, SEREMI MMA	4	1	0	0	0		No	Marejadas, Pesquerías	Se requiere utilizar información local
Atacama	MOP, MMA, Gob. Prov. Huasco y Chañaral, ONEMI, Municipalidades de Chañaral, Tierra Amarilla y Copiapó, SEREMI MINVU, DIPLADC, SAG, SECREDUC, CORFO, CONAF, Gob. Mar. Caldera, SUBPESCA, SERNAPESCA, Ministerio Energía, SERNAGEOMIN, Reg23 Copiapó,	17	16	0	1	0	Si	SD	Marejadas, impactos en el cultivo de ostiones, aparición de nuevos recursos en pesca, modificaciones de permisos de explotación	No
Coquimbo	DGA, MOP, SUBPESCA, FAO, ASCC, SEREMI MMA, SEREMI Desarrollo Social, ONEMI, GORE, CONAF, MTT, Economía, DGA, Energía, MINSAL, MINEDUC, CEAZA, CONAF	18	16	1	0	1	Si	Si	Cambio e introducción de especies, restricción pesca de nuevas especies, efectos en cultivo de ostiones, ENOS, acidificación del mar y su impacto en biodiversidad, efecto social por dependencia del recurso	Estudiar y ajustar la legislación sobre pesca, -Fomentar la captura de CO2 en el océano, restaurar praderas algales Pasar de cazadores, recolectores a cultivadores del mar.
Valparaíso	DGA, MTT, CORE, SERNAGEOMIN, SEREMI Energía, UV, Armada, SAG, SEREMI Agricultura, DOH, SERNAPESCA, UNAB, MMA, ONEMI, GORE, MINVU, SUBDERE, Economía, MOP, ASCC, CONAF, UPLA, DMC, INDAP, DIPLAC, SUBPESCA	27	23	3	1	0	Si	Si	Marejadas, degradación y pérdida de ecosistemas y humedales, pesca artesanal, pérdida de sedimentos costeros, cambios en el fondo marino (costero), impactos en puertos	Aumento en monitoreo zonas costeras, Colaboración público-privada para acceso a información a datos de estaciones de monitoreo de privados.

Región	Instituciones presentes	Inscritos	Servicios	Universidad	Organización sociedad civil	Otro	Presencia ente marítimo	CORECC Incluye servicios marinos	Impactos Marinos	Soluciones Marinas
O'Higgins	CODELCO División El Teniente, SEREMI MINEDUC, SEREMI Energía, CONAF, SEREMI MMA	6	6	0	0	0	No	No	Marejadas	No
Maule	DGA, FOSIS, U. Talca, Municipalidad Río Claro, MMA	5	4	1	0	0	No	No	SD	No
Biobío	Municipalidades de Hualpén, Los Ángeles, San Pedro y Talcahuano, Agencia Sustentabilidad Corfo, Gob. Prov. Arauco, Gob. Marítima	7	6	0	0	1	Si	SD	FAN, TSM, medusas, ENOS, cambios en la dinámica y distribución especies, cambios en salinidad, marejadas, NMM	No
Araucanía	UFRO, SEREMI GOB, UCT, MINEDUC, MOP, MINSAL, INDAP, CONAF, SAG, MTT, SERNAESCA, Energía, MMA.	13	11	2	0	0	Si	SD	Ninguno	SD
Los Ríos	U. San Sebastián, IM Los Lagos, DGA, Sernapesca, MINVU, MMA, SEREMI Agricultura, Gob. Marítima, Subpesca, SERNATUR, INDAP, SAG, Centro de Estudios Científicos, ASSCS, Instituto Forestal	16	12	2	1	1	Si		Aumento FAN, aumento TSM, aumento marejadas,	
Los Lagos	SERNAGEOMIN, SEREMI GOBIERNO, SEREMI EDUCACION, Gobernación Llanquihue, ONEMI, CONAF, MMA, GORE, MOP, DGA, SEREMI Agricultura, Ministerio Desarrollo Social	13	13	0	0	0	No	SD	Aumento FAN, aumento TSM, aumento marejadas	SD
Aysén	Gob. Prov. Aysén, SEREMI GOB, Energía, MINSAL, BBNN, MMA, Justicia, DGA, SERNAPESCA, CORFO, DIRECTEMAR, CIEP, Agencia Sustentabilidad y CC	13	11	1	0	1	Si	SD	Ninguno	SD
Punta Arenas	Univ. Tec., UMAG, Cequa, sindicato ENAP, MMA, CONAF, WCS, SERNATUR, ASSC, SEREMI MINVU, Agrup Ecoool Patag, CONAF, MOP, DGA, Agricultura, Energía, La prensa austral	17	10	3	1	3	Si	Si	Acidificación, FAN, pesca y biodiversidad	Monitoreo Antártica & Océanos

Tabla 4: Efectos del cambio climático en la zona costera y océanos, percibidos por los CORECC por región.

Región	TSM	NM	Acidificación	Marejadas	FAN	Pesca	Biodiversidad	Distribución especies	Puertos	ENOS	Bentos	Salinidad	Medusas
Arica y Parinacota	Si	Si		Si		Si		Si					
Tarapacá				Si					Si				
Antofagasta				Si		Si		Si					
Atacama				Si		Si		Si					
Coquimbo						Si	Si	Si		Si			
Valparaíso				Si		Si	Si		Si		Si		
O'Higgins				Si									
Maule		Si											
Biobío	Si	Si		Si	Si		Si	Si		Si		Si	Si
Araucanía													
Los Ríos	Si			Si	Si								
Los Lagos	Si	Si		Si									
Aysén													
Punta Arenas			Si	Si		Si	Si						

Tabla 5: Resumen de impactos y soluciones proouestas a nivel regional en los CORECCs.

Región	Impactos Marinos	Soluciones Marinas	CORECC Incluye Academia	CORECC Incluye servicios marinos
Arica y Parinacota	Diversidad de especies, pesca, aumento TSM. efectos en el NMM y marejadas	No	Si	No
Tarapacá	Marejadas, Puertos	SD	SD	SD
Antofagasta	Marejadas, Pesquerías	Se requiere utilizar información local	Si	No
Atacama	Marejadas, impactos en el cultivo de ostiones, aparición de nuevos recursos en pesca, modificaciones de permisos de explotación	No	No	SD
Coquimbo	Cambio e introducción de especies, restricción pesquera de nuevas especies, afectación en cultivo de ostiones, ENOS, acidificación del mar y su impacto en biodiversidad, efecto social indirecto sobre la dependencia económica del recurso	Estudiar y ajustar la legislación sobre pesca, -Fomentar la captura de CO2 en el océano, restaurar praderas algales Pasar de cazadores, recolectores a cultivadores del mar.	SD	Si
Valparaíso	Marejadas, degradación y pérdida de ecosistemas y humedales, pesca artesanal, pérdida de sedimentos costeros, cambios en el fondo marino (costero), impactos en puertos	Aumento en monitoreo zonas costeras, Colaboración público-privada para acceso a información a datos de estaciones de monitoreo de privados.	Si	Si
O'Higgins	Marejadas	No	Si	No
Maule	SD	No	Si	No
Biobío	FAN, TSM, medusas, ENOS, cambios en la dinámica y distribución especies, cambios en salinidad, marejadas, NMM	No	NO	SD
Araucanía	Ninguno	SD	SD	SD
Los Ríos	Aumento FAN, aumento TSM, aumento marejadas,			
Los Lagos	Aumento FAN, aumento TSM, aumento marejadas	SD	SD	SD
Aysén	Ninguno	SD	SD	SD
Punta Arenas	Acidificación, FAN, pesca y biodiversidad	Monitoreo Antártica & Océanos	Si	Si

3 TALLERES Y ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN

El objetivo de este apartado es reportar los resultados de los talleres de validación de resultados preliminares, realizados en las regiones de Valparaíso, Biobío y Antofagasta, definidas todas como zonas (o comunas) críticas en el Informe 1. A estos talleres se convocaron autoridades regionales y municipales, profesionales y técnicos de los servicios públicos, especialmente aquellos vinculados con temas costeros o marítimos (municipios costeros, SERNAPESCA, IFOP, Comisión de Borde Costero, Armada, CONAF, DOP, CORECC, entre otros). Del mundo privado se convocaron a los puertos estatales y privados, industrias relevantes emplazadas en la zona costera y consultores destacados por abordar temas marítimos y costeros. Por último, se invitaron académicos con reconocidas líneas de investigación en temas costero - marinos y/o cambio climático de todas las universidades de cada región, incluyendo a las socias y socios de la Sociedad de Ciencias del Mar.

3.1 DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DE LOS TALLERES

Los talleres, denominados bajo el título "Levantamiento información exposición de sistemas naturales y humanos zonas costeras" fueron estructurados en dos partes bien definidas:

- Presentación de resultados preliminares.
- Realización de actividad participativa en grupo.
- Actividad plenaria final.

La programación fue estructurada de la siguiente forma:

- | | |
|---|------------|
| • Inscripción | 30 Minutos |
| • Saludos de bienvenida | 15 minutos |
| • Presentación de los objetivos del proyecto | 15 minutos |
| • Charla: contexto del cambio climático en las zonas costeras | 30 minutos |
| • Café | 15 minutos |
| • Presentación metodología de trabajo del taller | 15 minutos |
| • Actividad grupal: Cartografía participativa | 60 minutos |
| • Plenario y presentación de conclusiones finales | 50 minutos |
| • Palabras de cierre | 10 minutos |

Los talleres se realizaron en las mañanas (9 a 13 horas) de días laborales y fueron cursadas invitaciones con antelación a través de los canales del Ministerio del Ambiente y del Centro de Cambio Global. En la Tabla 6 se detallan lugares y fechas de realización de cada taller.

Tabla 6: Dirección y fecha de los talleres realizados.

Región	Dirección realización	Fecha
Valparaíso	Auditorio de la Escuela de Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2180, Valparaíso	Lunes 7 de enero 2019
Biobío	Gobernación Provincial de Concepción, dirección: Aníbal Pinto #442, piso 2, Concepción	Lunes 11 de marzo 2019
Antofagasta	Sala Audiovisual, 2º piso de CEITSAZA, Pabellón E2, Universidad Católica del Norte, Angamos 0610, Antofagasta	Jueves 21 de marzo 2019

3.1.1 Cartografía Participativa

El propósito de esta actividad fue identificar elementos expuestos¹¹ en la zona costera de la región donde se realizó cada taller y que podrían verse afectados negativamente por el cambio climático. Para la actividad se separaron los participantes en pequeños de trabajo. Cada grupo fue dirigido por un facilitador y se les presentó un mapa (cartografía) mostrando el litoral de la región y ampliaciones de los tres sectores más urbanizados (Figura 3). Para motivar la discusión el facilitador efectuó las siguientes preguntas:

- ¿Qué efectos puede producir el cambio climático en la costa de la región?
- ¿Qué actividades económicas pueden ser afectadas?
- ¿Qué servicios públicos o equipamiento pueden ser afectados?
- ¿Qué poblaciones o sitios patrimoniales pueden ser afectados?
- ¿Qué lugares naturales o sitios importantes pueden ser afectados?
- ¿Qué comunas podrían ser las más afectadas?
- ¿Qué otros elementos deben ser considerados?

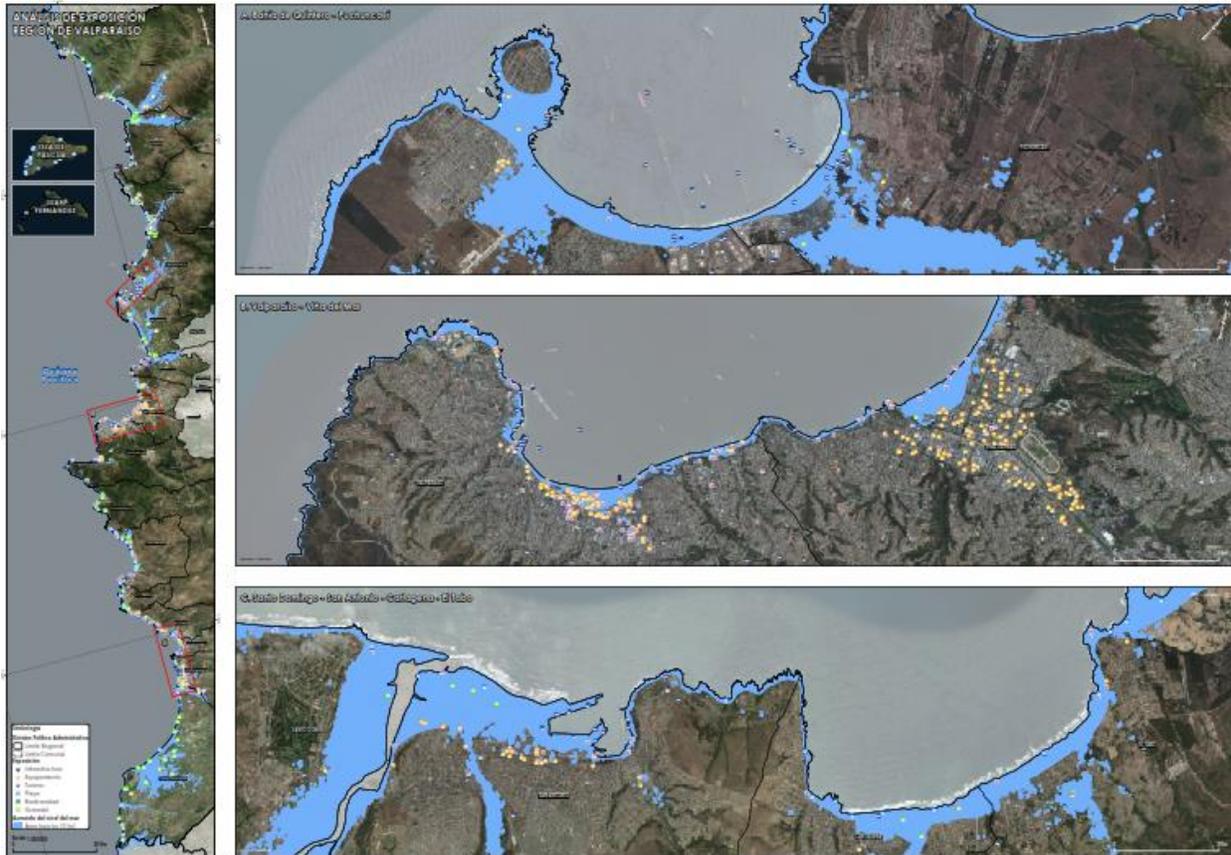
Con la cartografía en la pared, cada grupo identificó sistemas naturales y humanos, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura, edificaciones, actividades y/o activos económicos, sociales y culturales en lugares que podrían verse afectados. Como orientación, se les indicó que podían considerar los siguientes tipos de elementos:

- Infraestructura costera (puertos, marinas, obras de protección y abrigo, entre otros)
- Equipamiento comunal (colegios, servicios de salud, emergencia, dependencias municipales o servicios, redes viales, entre otros)

¹¹ La exposición corresponde a "La presencia de personas, medios de subsistencia, especies, ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura, activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente."

- Actividades industriales
- Actividades económicas locales (turismo, pesca artesanal)
- Sitios de interés patrimonial cultural y natural

Figura 3: Ejemplo de mapas utilizados en la cartografía participativa en la región de Valparaíso.



El facilitador del grupo proporcionó los materiales (*post-it* y lápices), ayudó a identificar lugares en la cartografía, llenó un listado de participantes, cargos y/o especialidades e instituciones y anotó las principales observaciones y conclusiones del grupo. Se solicitó que los *post-it* contuvieran para cada elemento lo siguiente:

- Nombre (nombre del edificio, estructura, servicio, dependiendo del caso)
- Tipo (Infraestructura, equipamiento, actividad industrial y/o económica, etc.)
- Observaciones indicando las razones para considerar el elemento y, de ser necesario, a) explicar por qué se encuentra amenazado en caso de que la razón no sea obvia y b) proporcionar antecedentes adicionales si este elemento ya ha sido afectado de alguna forma.

Una vez que el mapa estuvo completo, el facilitador guio la discusión recurriendo a las preguntas a) a g) nuevamente. A continuación, cada grupo designó un representante para exponer la cartografía en la actividad plenaria, resaltando aquellos lugares relevantes, las razones por las que deben ser considerados, junto con las principales observaciones y conclusiones del grupo.

3.1.2 Cuestionario individual

Adicionalmente, cada participante contestó individualmente un cuestionario con las siguientes preguntas:

- Datos personales (edad, comuna de residencia, comuna de empleo, actividad u ocupación e institución).
- ¿Creó usted que esta región se encuentra amenazada por el cambio climático?
- ¿Qué amenazas del cambio climático se deben tomar en cuenta?
- ¿Cuáles son las 3 comunas costeras que usted considera se encuentran más expuestas al cambio climático? ¿Por qué razón?
- ¿Cuáles son las 3 comunas costeras que usted considera se encuentran menos expuestas al cambio climático? ¿Por qué razón?
- Señale los tres que sistemas naturales o humanos, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura y/o activos económicos, sociales, culturales en lugares que más podrían verse afectados en la región por el cambio climático. ¿Por qué razón?
- Señale los tres que sistemas naturales o humanos, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura y/o activos económicos, sociales, culturales en lugares que menos podrían verse afectados en la región por el cambio climático. ¿por qué razón?
- ¿Usted percibe que hay cambios en la comuna donde reside o trabaja? ¿Cuáles cambios ha percibido?
- ¿Le ha tocado vivir o participar en alguna situación de emergencia que se pueda atribuir al cambio climático?

3.2 TALLER EN VALPARAISO

El taller se desarrolló normalmente y con una amplia asistencia, representando tanto a servicios, mundo privado y la academia (Figura 4). Contó, asimismo, con una extensa cobertura en medios nacionales¹². Asistieron 41 participantes de 19 instituciones. Se realizaron además con exposiciones de Sebastián Vicuña, Patricio Winckler y Manuel Contreras-López.

Figura 4: Asistentes al taller de la región de Valparaíso en auditorio de la facultad de ciencias químicas de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. B) actividad plenaria

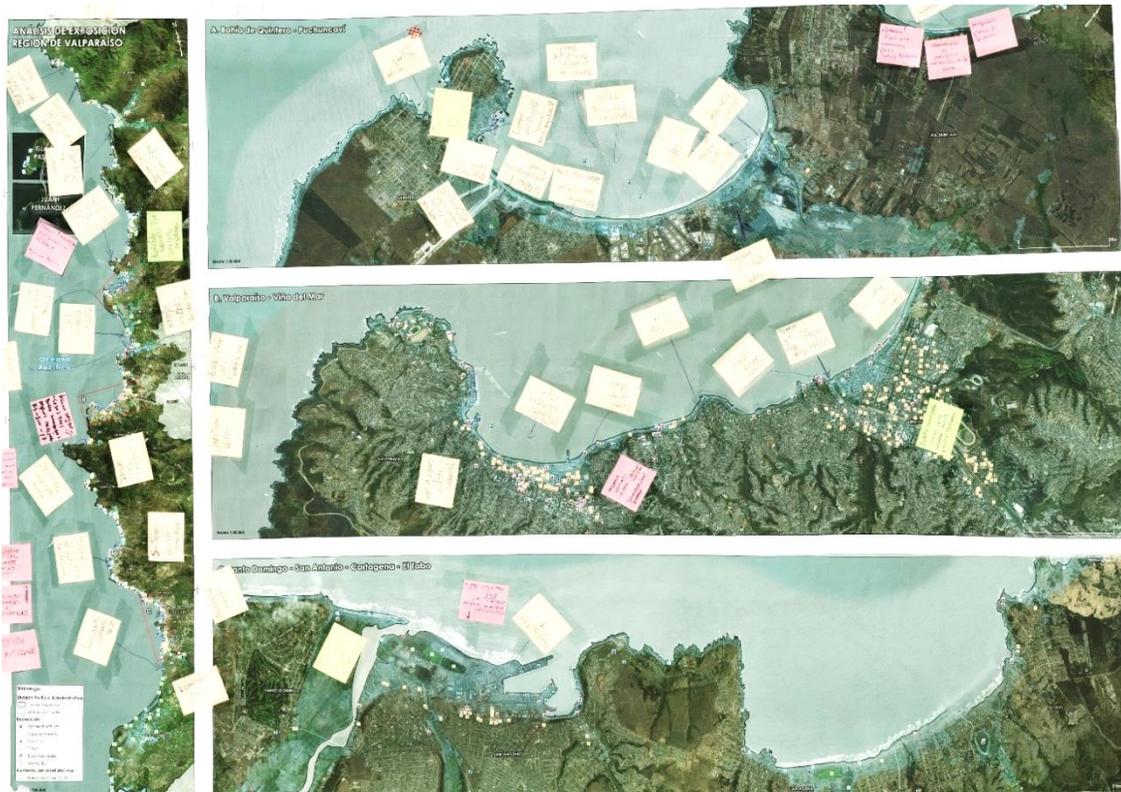


3.2.1 Cartografía participativa

Se conformaron 5 grupos según se indica en la Tabla 7. Los grupos utilizaron como base el mapa mostrado en la Figura 3 para generar cartografías participativas como la de la Figura 5 (en el Anexo 5.2 se incluyen todas las cartografías). Las observaciones de los grupos que asistieron al taller efectuado en Valparaíso se muestran en la Tabla 21, cuya transcripción se efectuó solo corrigiendo errores menores de ortografía de modo de mantener fielmente las observaciones de cada grupo.

¹² La actividad cubierta por al menos 20 notas, reportajes o entrevistas en medios locales y nacionales. Los resultados del taller en Valparaíso fueron publicados en portada del cuerpo C de El Mercurio de Santiago, y de medios locales como El Mercurio de Valparaíso, la Estrella. Además, se efectuaron varias a entrevistas al Jefe de Proyecto en medios nacionales como Radio Futuro y ADN, Radio BioBío, entre otros.

Figura 5: Ejemplo de cartografía participativa en la región de Valparaíso.



En la discusión plenaria, los 5 grupos coincidieron en señalar que las marejadas y los problemas asociados a ellas, como la erosión y pérdida de playas, son el principal problema que afecta la región. Sin embargo, resalta además la asociación del cambio climático con la percepción de aumento de las olas de calor, los incendios forestales y la prolongada sequía que afecta a la región. Resaltaron las siguientes ideas:

- En varios de los mapas se observa la ocupación informal de la zona costera, en forma de tomas y segundas viviendas, algunas emplazadas en Puchuncaví y Laguna Verde. Estas unidades han sido afectadas por las constantes marejadas ocurridas en los últimos años.
- Se detectan problemáticas asociadas al turismo de playas y balnearios, con reconocimiento a nivel nacional. La destrucción o afectación de estas zonas costeras provocadas por el oleaje afectan el turismo. Resalta el caso de Rapa Nui, donde los sitios arqueológicos están emplazados en la costa y se encuentran potencialmente afectados por la erosión. El peligro de la pérdida de patrimonio arqueológico también se encuentra presente en Ritoque (comuna de Quintero), donde varios conchales se encuentran amenazados
- En Viña del Mar, las marejadas no necesariamente se asocian a un efecto negativo ya que muchas personas acuden a observarlas al borde costero. Por ello, no es del todo un impacto negativo para los servicios y el turismo costero.

- Se confirma la vulnerabilidad de la actividad portuaria y del equipamiento comunal en la región frente a las marejadas, donde resaltan las edificaciones de educación presentes en el eje Brasil de Valparaíso, junto con la infraestructura de conectividad presente en diversas comunas de la región, como el caso de Juan Fernández, Isla de Pascua, Valparaíso, Viña del Mar, San Antonio, Quintero y Puchuncaví.
- En dos grupos se destaca la necesidad de incorporar estudios sobre impactos más biológicos debidos al cambio climático (efectos sobre la pesca, acidificación de océanos, biodiversidad, entre otros).

Tabla 7: Listado de asistentes al taller efectuado en Valparaíso.

Grupo	Facilitador	Nombre	Institución
1	Sebastián Vicuña	Alejandra Núñez Gallego Francisco Castañeda Marcelo Baeza Loreto Contreras Andrés Meynard Rodrigo Mondaca Felipe Iguait	UNAB UNAB ENAP UNAB UNAB GORE Valparaíso PUCV
2	Manuel Contreras López	Ángeles Robles Ayala Claudio Ilabaca Vergara Mauricio Molina Alejandro Breuer Osvaldo Pascual Claudio (s.d.) Julio Salcedo María Ángela Barbieri Catalina Aguirre	ENAP CONAF UV UNAB Posada del Parque Mantagua GORE Valparaíso UPLA PUCV UV
3	Cristian Larraguibel	Claudio Carrasco Aldunate Ximena Contardo Berrios Viviana Vargas Sandoval Julio Castro Barraza Hernán Reyes Rivas Francisco Valenzuela López Marcelo Arredondo Araya	UV - Colegio de Arquitectos UNAB PUCV SHOA IFOP Municipalidad de San Antonio SERNAPESCA Valparaíso
4	Catalina Marinkovic	Héctor Romero Da Fonseca Alejandra Giambruno Leyla Miranda Olivos David Poblete López	GORE Valparaíso Gobernación marítima Valparaíso Directemar UV
5	Nickolas Bermúdez	Carolina de la Fuente Jenny Maturana Ítalo Masotti Elvis Luengo Páez María Paz Campos González Carolina Aranda	Armada de Chile Directemar UV SEREMI MOP GORE Valparaíso – DIPLac) Municipalidad Viña del Mar

3.2.2 Encuesta

Se recibieron 15 encuestas cuyas características se resumen en:

- En promedio los encuestados tenían 45 años de edad (rango entre 22 a 65 años).
- Los encuestados declararon residir o trabajar en comunas costeras de Viña del Mar, Valparaíso, Concón, Quintero, y en menor medida en las comunas interiores de Quilpué y Santiago.
- Las actividad u ocupación declaradas fueron: académico, biólogo, ingeniero forestal, oceanógrafo, estudiante, geógrafo, directora, asesor de turismo, bióloga marina, ingeniero ambiental y geógrafo.
- Las instituciones presentes fueron UV, UNAB, CONAF, Directemar, SEREMI, UPLA, GORE, UNAB, IM Viña del Mar.

Ante la pregunta ¿Creé usted que la Región de Valparaíso se encuentra amenazada por el cambio climático?, el 100% de los encuestados respondió que sí.

Ante la pregunta ¿Qué amenazas del cambio climático se deben tomar en cuenta?, las respuestas fueron:

- Marejadas (100%)
- Sequía (80%)
- Cambios en la temperatura ambiente y superficial del mar (53%)
- Otros efectos mencionados fueron:
- Pérdida de patrimonio como humedales y sitios arqueológicos.
- Posible amenaza sobre asentamiento humano informal o tomas sobre borde costero.
- Salinidad, cambio debido a interacción agua salina. PH (ácidos o cobre)
- Variación en la biodiversidad de las especies
- Eventos climáticos extremos como tormentas.

Ante la pregunta, ¿Cuáles son las 3 comunas costeras que usted considera se encuentran más expuestas al cambio climático?. Las respuestas más frecuentes fueron:

- | | |
|----------------|----|
| • Viña del Mar | 11 |
| • Valparaíso | 10 |
| • San Antonio | 6 |
| • Concón | 6 |
| • Quintero | 6 |
| • Puchuncaví | 4 |

- La Ligua 1
- Petorca 1
- El Quisco 1
- Talcahuano 1

Entre las razones que se otorgaron para escoger estas comunas, la más importante es la exposición de infraestructura y equipamiento comunal (73%), seguido de la exposición de asentamientos humanos tanto en grandes ciudades como Valparaíso, Viña del Mar o San Antonio, como asentamientos informales o precarios en el litoral.

Cuando se preguntó sobre los tres sistemas naturales o humanos, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura y/o activos económicos, sociales, culturales en lugares que podrían verse afectados más negativamente en la región por el cambio climático, se destacaron:

- Puertos e infraestructura 80%
- Pesca y la biodiversidad 80%
- Playas 67%
- Turismo 60%
- Humedales 53%
- Infraestructura 33%
- Sitios arqueológicos 20%

En cambio, los tres sistemas que podrían verse menos afectados en la región por el cambio climático serían:

- Las actividades inmobiliarias, los servicios y el comercio, pues estas actividades deberían adaptarse paulatinamente.

Ante la pregunta si se perciben cambios en la comuna donde reside o trabaja, el 87% de los encuestados respondió que sí, indicando que los efectos más evidentes son:

- Las marejadas y la erosión costera
- Los incendios y olas de calor
- La disminución de las precipitaciones y clima más extremo.

Ocho encuestados (53%) declararon que les ha tocado vivir o participar en alguna situación de emergencia que se pueda atribuir al cambio climático, detallando los siguientes eventos:

- Marejadas 3

- Sequía 2
- Incendios 3

Algunos de los comentarios finales realizados fueron:

- Evaluar si los regímenes de pluviosidad y aporte de vertientes hacia el mar han variado históricamente. Esto debido a que organismos marinos costeros asociados a la interface agua dulce y salada podrían mermar su presencia con una disminución de pluviosidad.
- Considerar los efectos del cambio climático en los servicios ecosistémicos de sistemas tan frágiles como los humedales costeros y sistemas dunarios presentes en la región. Se debe incorporar información sobre sitios prioritarios para la conservación de humedales.
- Considerar en los mapas los proyectos que ya están aprobados en el SEIA, como por ejemplo, en la bahía de Quintero la planta Aconcagua spa y el muelle multipropósito.

3.3 TALLER EN CONCEPCIÓN

El taller se desarrolló normalmente y con una amplia asistencia que superó las expectativas, representando tanto a servicios, mundo privado y la academia (Figura 6). Asistieron 52 participantes de 23 instituciones incluyendo el Alcalde de Concepción. Se contó con exposiciones de Sebastián Vicuña, Manuel Contreras-López y Eduardo Bustos.

Figura 6: A) asistentes al taller de Concepción, en el salón de la Gobernación Provincial. B) Trabajo grupal cartografía participativa. C) y D) Actividad plenaria.



3.3.1 Cartografía participativa

En la actividad plenaria, los grupos destacaron la vulnerabilidad de amplias zonas litorales expuestas de la región, tanto por la densidad poblacional que habita terrenos costeros bajos, como por la cantidad de infraestructura industrial y carreteras presentes.

Resaltó el caso del sistema dunario presente en el litoral de las comunas de San Pedro de La Paz y Coronel: debido a las labores de reconstrucción del terremoto del año 2010, se autorizó la extracción de arena de estas dunas para ser usado como áridos en la construcción. Sin embargo, las marejadas comenzaron a generar sobrepasos en aquellos lugares donde se realiza la extracción, amenazando las poblaciones cercanas. Hoy en día se están realizados

diversos esfuerzos para frenar esta extracción y recuperar estas dunas.

Los grupos coincidieron que en la región el cambio climático se expresa por un cambio en el régimen de precipitaciones: Son ahora más intensas en cortos períodos de tiempo, pero el acumulado total es menor a las cifras históricas.

Entre los sectores más vulnerables al cambio climático se encuentran los pescadores artesanales, especialmente en las comunas del sur de la región. Los cierres de puerto por aviso de marejadas son más frecuentes para las embarcaciones menores. Además, a diferencia de la flota industrial que cuenta con bodegas refrigeradas, la pesca artesanal a veces pierde la extracción lograda cuando deben permanecer a la gira por cierre de puerto.

Se reconoce la existencia de oportunidades asociadas al cambio climático, como es el caso del reemplazo de la industria forestal por cultivos agrícolas más productivos que aprovechan el nuevo régimen climático de la región.

Los cambios de la temperatura del mar han promovido la presencia de nuevas especies, algunas dañinas, como la fragata portuguesa, y otras que generan oportunidades para la pesca.

Se reconocen falencias en las normas urbanísticas respecto al resguardo de áreas naturales y conservación de la biodiversidad. Los planes reguladores, metropolitanos y comunales, no consideran áreas de protección natural y la proyección de las áreas urbanas sobre áreas naturales. Se enfatiza la destrucción de humedales costeros a manos de la expansión del sector inmobiliario.

Tabla 8: Listado de asistentes al taller efectuado en Concepción.

Grupo	Facilitador	Nombre	Institución
1	Cristián Larraguibel	Gladys Gutiérrez N. Andrea Aravena Herrera Boris Sáez Arévalo Pedro Navarrete Ugarte Mexia Zamaru Meza Alfredo Rojas T. Juan Carlos Salas Rodríguez Humberto Pool Alfonso U. Aliste	Municipalidad de Talcahuano ONEMI Municipalidad de Talcahuano Consultor Municipalidad de Coronel Municipalidad de Coronel SERNAPESCA SERNAPESCA ONEMI
2	Eduardo Bustos	Rafael Aránguiz Cinzia Gnudi María Victoria Borzone Oliver Spichiger Arturo Parada Valenzuela Valeria Neira Cortés	UCSC - CIGIDEN MINAGRI ASCC Gobernación Marítima Talcahuano Concesiones, MOP Asesoría a la inspección fiscal de explotación (AIFE)
3	Manuel Contreras	Natalia Jara Sebastián Lavado David Poblete Domingo Godoy García Octavio Rojas Juan Munizaga Luis Vogt Olivares Andrea Aste Ximena Espinoza Ibáñez Juan Cruz Rodríguez Danilo Vargas Bárbara Miller	UDEC Camanchaca ENEX Coronel Municipalidad Concepción UDEC - EULA UDEC - EULA Municipalidad de Talcahuano Municipalidad de Concepción Municipalidad de Hualpén Municipalidad de Chiguayante Municipalidad de Penco Municipalidad de Concepción
4	Nickolas Bermúdez	Víctor Betancur Saavedra Marcelo Gutiérrez Astole Mauricio Villagrán Laura Farías Rodrigo Testón Nahuelhuil Hernán Cortés Acevedo Rodrigo González Saldía Moisés Soto	Municipalidad de San Pedro de la Paz UDEC UCSC UDEC / Oceanografía Capitán de Puerto de Coronel Municipalidad de Coronel UDEC / Oceanografía Municipalidad de Coronel

3.3.2 Encuesta

Se recibieron 31 encuestas cuyas características se resumen en:

- En promedio los encuestados tenían 46 años de edad (rango entre 25 a 70 años).
- Los encuestados declararon residir o trabajar en las comunas de Chiguayante, Concepción, Coronel, Hualpén, San Pedro de la Paz, Talcahuano, Penco, Lota, Arauco, Curanilahue y Tomé.
- Las actividad u ocupación declaradas fueron: Académico, Arquitecto, Biólogo Marino, Bioquímico, Capitán de Puerto, Coordinador borde costero, Directora Medio Ambiente, Geógrafo, Ingeniero Civil Químico, Ingeniero de Proyectos, Ingeniero en Medio Ambiente, Inspector fiscal, Profesional Municipal o de Servicio Público, Profesor y Técnico,
- Las instituciones presentes fueron: Agencia de Sustentabilidad y Cambio climático, Armada de Chile, Axioma Ingenieros Consultores, Pesquera Camanchaca, MOP, Enel Generación Chile, Municipalidades de Concepción, Coronel, Hualpén, San Pedro de la Paz y Talcahuano, ONEMI, Seremi Agricultura, SERNAPESCA, Servicio Nacional de Pesca, Sociedad Chilena de Ciencias del Mar, UCSC y Universidad de Concepción.

El 100% de los encuestados coincidió que la región del Biobío se encuentra amenazada por el cambio climático, indicando que las amenazas que se deben tomar en cuenta son:

- Marejadas (100%)
- Sequía (80%)
- Cambios en la temperatura ambiente y superficial del mar (53%)

Otros efectos mencionados fueron:

- Pérdida de patrimonio como humedales y sitios arqueológicos
- Amenaza sobre asentamiento humano informal o tomas sobre borde costero.
- Salinidad, cambio debido a interacción agua salina y PH (ácidos o cobre)
- Variación en la biodiversidad de las especies
- Eventos climáticos extremos como tormentas

Ante la pregunta, ¿Cuáles son las 3 comunas costeras que usted considera se encuentran más expuestas al cambio climático?. Las respuestas más frecuentes fueron:

- | | |
|--------------|----|
| • Talcahuano | 26 |
| • Coronel | 20 |
| • Arauco | 8 |

- Tomé 8
- San Pedro de la Paz 7
- Hualpén 5
- Lota 5
- Penco 3
- Concepción 2
- Lebu 2
- Dichato 1
- Lirquén 1
- Tirúa 1

Entre las razones que se otorgaron para escoger estas comunas, se esgrime que se trata de comunas con un litoral expuesto al oleaje, con su población o infraestructura productiva asentados en terrenos bajos. Se trata de comunas que dependen principalmente de su economía asociada al mar, los recursos y zonas costeras, sin contar con infraestructura adecuada para enfrentar eventos extremos. Además de las amenazas marinas, estos sectores bajos litorales son afectados por crecidas de ríos e inestabilidad de laderas por erosión.

Al preguntar sobre las tres comunas que espera se vean menos expuestas al cambio climático, se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Penco 8
- San Pedro de la Paz 8
- Tomé 7
- Hualpén 3
- Arauco 2
- Concepción 2
- Lirquén 2
- Lota 2
- Talcahuano 2
- Tirúa 2
- Cañete 1
- Coronel 1
- Lebu 1
- Los Álamos 1

Entre las razones para señalar estas comunas como las menos expuestas, se cuenta:

- Altura del litoral
- Situación de abrigo frente a marejadas
- Menor densidad de población y menor cantidad de infraestructura costera

Cuando se preguntó sobre los tres sistemas naturales o humanos, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura y/o activos económicos, sociales, culturales en lugares que podrían verse afectados más negativamente en la región por el cambio climático, se destacaron:

- | | |
|-----------------------|----|
| • Población | 17 |
| • Industrias costeras | 13 |
| • Humedales | 10 |
| • Pesca Artesanal | 9 |
| • Puertos | 6 |
| • Agricultura | 5 |
| • Otros | 5 |
| • Playas | 4 |
| • Red vial | 3 |
| • Turismo | 3 |
| • Dunas | 2 |

Los sistemas que podrían verse menos afectados en la región por el cambio climático, son:

- | | |
|--------------------------|---|
| • Actividad Forestal | 3 |
| • Cordillera de la costa | 4 |
| • Energía | 2 |
| • Actividad portuaria | 1 |
| • Construcción | 1 |
| • Minería | 1 |
| • Pesca | 1 |
| • Turismo | 1 |

El 92% de los encuestados percibe que hay cambios en la comuna donde reside o trabaja, señalando que perciben esos cambios en:

- | | |
|-----------------|-----|
| • Precipitación | 30% |
|-----------------|-----|

- Temperaturas extremas 23%
- Estaciones del año 16%
- Incendios 12%
- Marejadas 9%
- Vientos inusuales 7%
- Disminución agua humedales 1%

Al 56% de los encuestados le ha tocado vivir o participar en alguna situación de emergencia que se pueda atribuir al cambio climático, identificando:

- Incendios
- Inundaciones
- Vientos extremos
- Marejadas

Por último, se sugirió incluir información de las 3 islas de la región del Biobío: Quiriquina, Santa María e Isla Mocha, por ejemplo: mencionar la existencia de humedales y dunas presentes en la Isla Santa María

3.4 TALLER EN ANTOFAGASTA

El taller se desarrolló normalmente y con una asistencia adecuada, representando tanto a servicios, ONG's y la academia. Asistieron 20 participantes de 11 instituciones. Se contó además con exposiciones de Manuel Contreras-López, Patricio Winckler y Cristián Larraguibel.

Figura 7: Asistentes al taller de Antofagasta, en la sede de CEITSAZA.



3.4.1 Cartografía participativa

En la discusión plenaria sobresalió la existencia de relaves mineros en las zonas bajas litorales. La localización de estos relaves no se encuentra en las bases de datos de acopios de sustancias químicas y peligrosas del Ministerio del Medio Ambiente y por lo tanto no habían sido incorporados en el estudio de exposición.

Nuevamente se mencionan a las marejadas como un problema.

Se menciona la aparición de especies nocivas como la fragata portuguesa, asociadas con el aumento de temperatura del mar, y especies como el pez luna y otras de carácter tropical, que pueden ser una oportunidad comercial.

Además, se han detectado temperaturas sobre lo normal en verano, cambio en el patrón de vientos (el Anticiclón del Pacífico se mueve de forma latitudinal y se genera viento norte con mayor frecuencia) y un aumento de la intensidad de las precipitaciones en cortos períodos de tiempo.

Toda la infraestructura se encuentra afectada por el cambio climático (servicios públicos, escuelas, infraestructura portuaria y energética) dado que mayoritariamente se encuentran

bajo los 10 metros. Por ejemplo, se tiene conocimiento de que el agua de mar ha llegado a la Plaza Colón, donde se encuentra la Intendencia. Todos los profesionales de servicios presentes, tenían sus oficinas en áreas litorales bajas.

La mayor amenaza por cambio climático corresponde a los aluviones, dado que por el cambio en el patrón de lluvias, este fenómeno es cada vez mayor.

A lo largo de toda la costa de la región existen diversos asentamientos precarios que se componen por personas que estuvieron vinculadas a la minería, entre otros. Los algueros de Santa María son un ejemplo nombrado recurrentemente. De esto se tiene información cualitativa pero no manejan cifras con claridad. Se habla de un número superior a 30 en general.

Un punto no menor mencionado fue la descarga de combustible (bencina) en pleno centro o borde costero de Antofagasta, perteneciente a la empresa ENEX. Esta planta que descarga y almacena se ve afectada por diversos eventos, siendo el cierre de puerto el principal efecto negativo, ya que constituye un punto de ingreso fundamental de combustible para vehículos en la zona norte del país.

Tabla 9: Listado de asistentes al taller efectuado en Antofagasta.

Grupo	Facilitador	Nombre	Institución
1	Cristián Larraguibel	Francisco Contreras Rivera Dimitri Lampidis Bedregal Constanza Contreras Plaza Catalina Berríos Rojas Salomé Córdova Molina Mirna Aguilar Lara Nicolás Méndiz Rivera Pedro Indo Parraguez	Protección Oceánica Protección Oceánica Protección Oceánica SEREMI Medio Ambiente DIPLAR - GORE Antofagasta SEREMI Medio Ambiente Gobernación Marítima SEREMI de Salud Antofagasta
2	Nickolas Bassi	Francisca Morales Vallejos Patricio Solar Gonzalo Bolados Vega Karem Gallardo Nicolás Franz Goyonechea Oriana Heuser Madero Jorge Oliva López Lorena Herrera López Bárbara González Lucero Pedro Echeveste de Miguel	SEREMI MINVU Particular Protección Oceánica CEITSAZA - UCN Universidad Arturo Prat SEREMI Energía Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM) MOP CAT ONEMI Universidad de Antofagasta

3.4.2 Encuesta

Se recibieron 16 encuestas cuyas características se resumen en:

- En promedio los encuestados tenían 37 años de edad (rango entre 22 a 69 años).
- Los encuestados declararon residir o trabajar en comunas costeras de Antofagasta (94%) e Iquique (6%).
- La actividad u ocupación declaradas fueron: académico, Director Académico, Estudiante, Profesional Servicio, Geógrafo, Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Ambiental, Ingeniero en Prevención de Riesgos, Investigador postdoctoral y Kinesiólogo.
- Las instituciones presentes fueron CEITSAZA-UCN, Centro de investigación aplicada del mar (CIAM), DIRECTEMAR, GORE-Antofagasta, ONG, Ministerio de Energía, MOP, ONEMI, Seremi MINVU, SEREMIA MMA, Universidad Arturo Prat, Universidad Católica del Norte, Universidad de Antofagasta.

Ante la pregunta ¿Creé usted que la Región de Antofagasta se encuentra amenazada por el cambio climático?, el 100% de los encuestados respondió que sí. Los encuestados indican que las amenazas de cambio climático que se deben tomar en cuenta son:

- Marejadas (87.5% de los encuestados las mencionan)
- Precipitaciones y su relación con los aluviones
- Aumento de la temperatura ambiente
- Ocurrencia de fenómenos extremos como olas de calor
- Cambios en la temperatura del mar, provocando la disminución del oxígeno cuando aumenta, pero también afectando la distribución especies
- Intensificación de vientos
- Acidificación del océano

Ante la pregunta, ¿Cuáles son las 3 comunas costeras que usted considera se encuentran más expuestas al cambio climático?. Las respuestas más frecuentes fueron:

- | | |
|---------------|----|
| • Tocopilla | 15 |
| • Antofagasta | 12 |
| • Taltal | 12 |
| • Mejillones | 8 |

Entre las razones que se otorgaron para escoger estas comunas, la más importante es la exposición de la población, equipamiento comunal e industrial en zonas costeras bajas o zonas aluviales. También se menciona el tiempo de respuesta necesario para responder a una emergencia. Los elementos identificados como más expuestos al cambio climático son:

- Pesca artesanal 9
- Población 3
- Puertos 2
- Plantas de tratamiento de agua 2
- Infraestructura 2
- Energía 2

Ello se explica por su ubicación en zonas costeras bajas y zonas afectas a aluviones. Se menciona también el almacenamiento de sustancias peligrosas y contaminantes.

Los sectores menos amenazados serían el inmobiliario, la minería y el turismo. Se indica que el cambio climático puede tener externalidades positivas, por ejemplo, en los deportes náuticos.

El 93% de los encuestados percibe que hay cambios en la comuna donde reside o trabaja, debido al cambio climático, destacando:

- Marejadas 9
- Temperaturas 7
- Especies nuevas 3
- Vientos 2

Al 31% de los encuestados le ha tocado vivir o participar en alguna situación de emergencia que se pueda atribuir al cambio climático, todas asociadas a lluvias y precipitaciones anormales.

3.5 ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN ASOCIADAS AL PROYECTO

En esta sección se presentan las actividades de extensión que surgen como consecuencia del estudio. Se resumen las reuniones con organismos vinculados, la participación del equipo de trabajo en Proyecto de Conocimiento para el Desarrollo (PCD) que desarrolla el MMA junto a la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), la participación en charlas de difusión y conferencias internacionales.

3.5.1 Reuniones con organismos vinculados

Durante el desarrollo del estudio se desarrollaron reuniones con equipos técnicos del Servicio Meteorológico de la Armada (SMA), del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) y diversas entidades en Rapa Nui.

3.5.1.1 Servicio Meteorológico de la Armada

La reunión con el SMA se efectuó con el Director, Comandante Pedro Roca, y un equipo de 5 meteorólogos de la institución, y su objetivo fue mostrar los avances del estudio y visualizar oportunidades de colaboración entre dicho servicio y el equipo desarrollador del proyecto.

3.5.1.2 Ministerio de Desarrollo Social

La reunión con el MDS contó con la participación de funcionarios de diversos servicios¹³. Según consta en la minuta de la reunión del martes 23 de marzo, denominada Borde Costero y Cambio Climático, el objetivo fue revisar los resultados preliminares del estudio de borde costero y cambio climático mandatado por Ministerio de Medio Ambiente.

3.5.1.3 Reunión con autoridades en Rapa Nui

Como parte de una delegación de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente, el Director del Proyecto, Patricio Winckler, visitó Rapa Nui entre el 19 y el 21 de Julio de 2019. Las actividades de la visita incluyeron:

- Reunión con la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua CODEIPA¹⁴, donde representantes del Ministerio del Medio Ambiente presentaron el anteproyecto de la Ley Marco de Cambio Climático y los avances del futuro Plan de Acción de Cambio

¹³ Los asistentes fueron Orietta Valdés y Carlos Riquelme (MDS), Raul Oberrenter y Patricio Osorio (DOP-MOP), Óscar Gutierrez (MINVU-DOU), Evelyn Medel, Maximiliano Gonzalez y Victor Pérez (DGOP), Gladys Santis (MMA), y Francisco Meza y Patricio Winckler como parte del equipo desarrollador del proyecto.

¹⁴ Según la "Ley Indígena" (Nº19.253), la CODEIPA se compone por un representante del Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Educación, Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Defensa Nacional, Corporación de Fomento de la Producción, CONAF, Corporación Nacional de Desarrollo Indígena, la Gobernadora, el Alcalde y seis miembros electos de la comunidad rapanui, uno de los cuales debe ser el Presidente del Consejo de Ancianos.

Climático en Rapa Nui.

- Reunión con el Alcalde, Sr. Pedro Edmunds Paoa.
- Asistencia a taller de consulta ciudadana sobre el Ley Marco de Cambio Climático.
- Recorrido por la red perimetral de la isla, identificando sistemas vulnerables, como Playa Anakena, Ovahe (Figura 8) y las cuatro instalaciones portuarias de la isla (Figura 9).

Figura 8: Playas Anakena y Ovahe.



Figura 9: D arriba hacia abajo: Puerto de Hanga Piko, Caleta Hanga Roa, Caleta Vaihu y Caleta ubicada a un costado del Ahu Tongariki.



3.5.2 Proyectos relacionados

En el marco del Proyecto de Conocimiento para el Desarrollo (PCD) denominado **Gestión de riesgos vinculados al cambio climático en las costas de América Latina y el Caribe**, el Jefe de Proyecto, Dr. Patricio Winckler, fue convocado por el Ministerio del Medio Ambiente para conformar el Subcomité Técnico cuyos objetivos son generar a) una guía metodológica de análisis de los riesgos en la costa frente al cambio climático, b) un mapa de conocimiento regional que recoja las experiencias, datos y herramientas, c) indicadores Inter-comparables de estado y evolución de variables relacionadas y d) transferencia regional de conocimientos específicos. Las entidades ejecutoras del proyecto son el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), en colaboración con expertos de los diferentes países y organismos asesores.

Como primera actividad, entre el 6 y el 8 de mayo de 2019, El Dr. Winckler en representación de Chile, a la I Reunión para la conformación del Subcomité Técnico del "Proyecto de Conocimiento para el Desarrollo en gestión de riesgos vinculados al cambio climático en zonas costeras de América Latina y el Caribe" (Figura 10). Cabe mencionar que el viaje fue íntegramente costado por Cooperación Española y que el Dr. Winckler, en calidad de funcionario público, contó con permiso administrativo de parte de la Universidad de Valparaíso, institución donde es profesor adjunto.

El proyecto, que tiene una duración de 36 meses y un aporte financiero de € 450.000, tiene como resultados esperados generar:

- Guía metodológica de análisis de los riesgos en la costa de ALC frente al cambio climático, la variabilidad climática y los eventos extremos, así como para la implementación de medidas de reducción del riesgo, elaborada de forma participativa y orientada a atender las problemáticas propias de la región, pero integrando la experiencia y el conocimiento existente. De esta manera la guía final será inclusiva y adaptable a la problemática intrínseca de cada país, pero optimizando la experiencia existente en la región. Esta visión integrada de los problemas de la costa de América Latina y el Caribe contribuirá a mejorar la toma de decisiones y sentará las bases para la implementación de medidas de adaptación.
- Mapa de conocimiento regional que recoja las experiencias, datos y herramientas disponibles en los países. Esto es un aspecto esencial pues fomentará sinergias entre los países participantes, ayudará a establecer relaciones colaborativas y servirá como punto de partida para el desarrollo de las distintas fases de la guía metodológica.
- Indicadores Inter-comparables de estado y evolución de variables relacionadas con los riesgos en la costa de ALC frente al cambio climático, que sirvan a los intereses de una mejor gestión de la problemática de los riesgos en la región. Estos indicadores se construirán sobre la base de las redes de medida que actualmente existen en los diferentes países y aprovecharán plataformas ya existentes, como REGATTA de ONU-Medio Ambiente, para su análisis e Inter comparación.

- Transferencia regional de conocimientos específicos en relación con el análisis y la gestión de los riesgos derivados del cambio climático, la variabilidad climática y los eventos extremos en la costa, así como de la implantación de estrategias y proyectos de reducción del riesgo y adaptación. Se contempla el diseño de un programa de fortalecimiento de capacidades y la realización de talleres, estructurados en una serie de cursos modulares tras los cuales los asistentes podrán acreditar su grado de capacitación. La formación se centrará en aquellos aspectos identificados como prioritarios y sobre la base del análisis preliminar realizado en el encuentro de noviembre de 2018 celebrado en La Antigua Guatemala.
- Caso piloto. La validación de los resultados de la guía requiere de su aplicación en al menos uno de los países participantes. Esta prueba se llevará a cabo para comprobar la viabilidad metodológica del producto 1 y obtener información que minimice los efectos negativos de su implementación con vistas a su replicabilidad. La zona piloto será identificada a lo largo del proceso de elaboración de la guía y se sistematizarán tanto su aplicación como sus resultados.

Figura 10: Asistentes a la I Reunión para la conformación de los Subcomités de Supervisión y Técnico del "Proyecto de Conocimiento para el Desarrollo en gestión de riesgos vinculados al cambio climático en zonas costeras de América Latina y el Caribe", Antigua Guatemala. Por parte de Chile asistieron Nico Kohlhas (Comité de Supervisión) y Patricio Winckler (Subcomité Técnico).



3.5.3 Charlas de difusión

Como parte de las actividades del proyecto, se han efectuado las siguientes charlas de difusión:

- **Cambio climático en las costas continentales e islas de Chile.** Seminario organizado por la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua CODEIPA. Rapa Nui, 19/07/2019.
- **Chile: un país de aguas infinitas. Una mirada a los tsunamis y cambio climático en las costas de Chile.** Universidad Central. Santiago. 08/07/2019.
- **Cambio climático y riesgos de su impacto en Chile.** Talleres sobre el cambio climático FEUV. Universidad de Valparaíso. Valparaíso. 28/06/2019.
- **Costas de Chile. Pasado, presente y futuro (de un sistema que poco conocemos).** Charla para la Vocalía por el Medio Ambiente, Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso. 17/06/2019
- **Infraestructura marítima en las costas de Chile.** Seminario de Intereses Marítimos Academia de Guerra Naval. Valparaíso. 07/06/2019.
- **Evaluación del impacto de tsunamis en instalaciones costeras y portuarias.** Seminario Modelación y soluciones digitales para costas, puertos, mares y acuicultura. Universidad de Valparaíso. Valparaíso. 04/06/2019.
- **Impactos del cambio climático en las costas de Chile.** Seminario Borde costero y cambio climático. Desafíos para la adaptación en comunas costeras. Municipalidad de Coronel. 03/06/2019.
- **Cambio climático en las costas de Chile.** Programa Viernes de Cultura + Ciencia Explora. Conversando con la Ciencia. Viña del Mar, 31/05/2019.
- **Impactos del cambio climático en las costas de Chile.** Taller Puerto ciudad, Arquitectura Universidad de Chile. 30/05/2019.
- **Impactos del cambio climático en las costas de Chile.** Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso. 27/05/2019.
- **Cambio climático y su impacto en las costas de Chile.** Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso. 22/05/2019.
- **Impactos del cambio climático en las costas de Chile.** Taller Puerto ciudad, Arquitectura Universidad de Chile. Santiago. 16/05/2019.
- **Impactos del cambio climático en las costas de Chile.** Diplomado Internacional de tsunamis. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso. 10/05/2019.
- **El cambio climático y su impacto en las costas de Chile.** Charla inaugural de la ceremonia de aniversario del Servicio Meteorológico de la Armada. Valparaíso. 5/04/2019.
- **El cambio climático en la zona costera de Chile y el océano.** Club de yates de Higuierillas. 03/11/2018.

- **Diseñando la infraestructura costera en un contexto de cambio climático.** Jornadas Francisco Javier Domínguez. Universidad de Los Andes, 26/10/2018.
- **Diseñando la infraestructura costera en un contexto de cambio climático.** Seminario Vulnerabilidades, riesgos y desastres en la zona costera. Centro de extensión Pontificia Universidad Católica. 09/10/2018.

3.5.4 Conferencias internacionales

- **Coastal hazards in an active seismo-tectonic margin: The case of Chile.** IV Global Summit of Research Institutes for Disaster Risk Reduction. Kyoto, Japón. 5-7/12/2018.
- **The infinite ocean of a country called Chile.** Keynote. 3rd International Workshop on Wave & Tidal Energy. Universidad Austral, Valdivia, Chile. 22/11/2018.
- **Tsunamis, climate change and sea level rise in a country named Chile.** 9th World Conference of Scientific Youth. Universidad de Santiago de Chile. Chile. 18/11/2018.

3.5.5 Medios de comunicación

Como parte de una estrategia conjunta entre el Ministerio del Medio Ambiente, el equipo de prensa de la Universidad de Valparaíso y el Centro de Cambio Global UC, se ha efectuado una campaña de difusión de resultados del estudio a nivel nacional, que ha generado reportajes en las ediciones de prensa de los principales canales de televisión (Mega, TVN, T13 y CNN), radios (Biobío, Futuro, Digital, Pauta) y medios escritos (El Mercurio de Santiago, El Mercurio de Valparaíso, El Mercurio de Antofagasta, entre muchos otros). Ejemplos de estas apariciones se presentan en las Figura 11 a Figura 13.

Figura 11: Noticia sobre resultados del estudio, en portada cuerpo de Innovación, El Mercurio de Santiago y portadas en el Mercurio de Antofagasta.



Figura 12: Noticia sobre resultados del estudio de exposición, en portada cuerpo C, El Mercurio.



Figura 13: Reportaje Meganoticias “¿Chile sin playas?: Peligra borde costero por el Cambio Climático”¹⁵, con más de 1 millón de visitas, donde aparecen la Ministra Carolina Schmidt, además de Carolina Martínez y Patricio Winckler, ambos investigadores del proyecto.



¹⁵ <https://www.facebook.com/watch/?v=517916628774959>

4 ESTUDIO DE EXPOSICIÓN

El objetivo de este capítulo es jerarquizar las comunas costeras de acuerdo con la exposición que presentan frente a los efectos del cambio climático antropogénico en la zona costera de Chile continental e insular. La exposición se restringe a las amenazas asociadas a cambios en el nivel medio del mar y al incremento de la frecuencia e intensidad de las marejadas. Se catastró toda la infraestructura costera, equipamientos comunales, actividades económicas, biodiversidad y el sistema natural presente en cada comuna bajo los 10 [msnm].

4.1 ESTIMACIÓN DEL ÁREA EXPUESTA EN LA ZONA COSTERA BAJA

En este apartado se aborda la construcción del área a nivel nacional que se encuentra bajo los 10 metros sobre el nivel del mar (en adelante 10 msnm), mediante la utilización de diferentes modelos de elevación digital (en adelante DEMs), información oficial del Instituto Geográfico Militar, planos de borde costero del SHOA y trabajo en terreno durante noviembre de 2018 y abril de 2019 y verificación manual mediante Google Earth para toda la costa del país. La cota 10 [msnm] corresponde a las denominadas LECZ (Low Elevation Coastal Zones), definida como el área contigua a lo largo de la costa bajo dicha cota (McGranahan et al., 2007).

4.1.1 Bases de datos utilizadas

Para una primera aproximación al área correspondiente a terrenos ubicados a menos de 10 [msnm] para la costa de Chile, se utilizaron los modelos de elevación digital satelital ASTER GDEM-2, ALOS WORLD 3D y ALOS PALSAR (Tabla 10). Los tres modelos son de adquisición gratuita cuyas principales características se describen a continuación:

Tabla 10: Características generales de las bases de datos utilizadas

Nombre	Tipología	Resolución espacial	Fuente
ASTER GDEM-2	DEM en formato Ráster	30 x 30 [m]	NASA
ALOS WORLD 3D	DEM en formato Ráster	30 x 30 [m]	Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA)
ALOS PALSAR	DEM en formato Ráster	12.5 x 12.5 [m]	Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA)

4.1.1.1 Modelo de elevación digital ASTER GDEM-2

El sensor satelital ASTER (Tabla 11) es un radiómetro japonés patrocinado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) en cooperación con la Agencia Aeroespacial Norteamericana NASA. Fue lanzado a bordo de la aeronave espacial TERRA de la NASA en 1999 y entre sus productos se encuentra el modelo ASTER GDEM-2, utilizado en este estudio. Este

modelo fue desarrollado a partir de 1.5 millones de escenas de 60 x 60 [km] y 15 [m] de resolución espacial, tomadas entre los años 2000 y 2010, tras la mejora en el algoritmo de corrección de sus predecesores (GDEM y GDEM-1). El modelo cubre la superficie de La Tierra entre los 83° y -83° de latitud, y fue puesto a disposición gratuita de usuarios de todo el mundo como contribución al Sistema de Observación Global de La Tierra (GEOSS) en Octubre de 2011 (CALTECH, 2011).

Tabla 11: Características del sensor ASTER. Fuente: European Space Agency (2018).

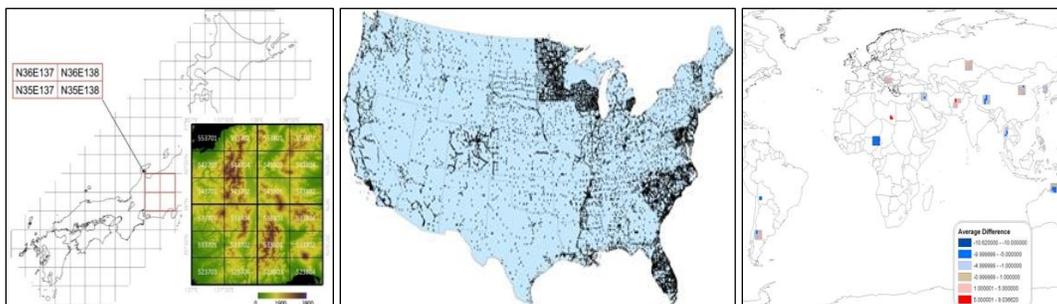
Organismo	Japón: Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) EEUU: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA)
Plataforma	Satélite TERRA
Órbita	Circular síncrona al sol
Período de órbita	99 minutos (16 órbitas por día)
Altitud	705 [km]
Resolución temporal	16 días
Resolución espacial	15, 30 y 90 [m]
Resolución espectral	14 bandas espectrales que abarcan el infrarrojo visible (VNIR), infrarrojo de onda corta (SWIR) e infrarrojo térmico (TIR)
Ancho de barrido	60 [km]

El modelo se construye mediante pares estereoscópicos de las escenas tomadas por el sensor ASTER, obteniendo un modelo de elevación digital de 30 [m] de resolución (European Space Agency, 2018b). La calibración espacial y vertical del modelo fue realizada por la NASA y socios Japoneses utilizando referencias geodésicas absolutas sobre Estados Unidos, cuadrículas de elevación nacional sobre EEUU y Japón, datos de la Misión de Topografía de Radar (SRTM) sobre EEUU y 20 sitios alrededor del planeta, según se ilustra en la Figura 14 (Tachikawa et al., 2011). Los resultados de la calibración mostraron un error vertical promedio de -7.4 [m] en Japón, con un rango de -5.58 a +15.45 [m] dependiendo de la cubierta evaluada, siendo especialmente sensible en zonas boscosas. En EEUU el modelo mostró diferencias altimétricas de por lo menos -1 [m] en zonas descubiertas y +8 [m] en zonas boscosas, mientras que la calibración global mostró diferencias de ± 3 [m] en relación con los puntos altimétricos y también documentó la sensibilidad del modelo en zonas boscosas (Tachikawa et al. 2011; Gesch et al. 2012).

Para efectos de este estudio, se descargaron 120 escenas del modelo GDEM-2 desde el explorador satelital de la NASA Earth Explorer¹⁶ que cubren la totalidad de la costa del territorio nacional, incluyendo el territorio insular de Isla de Pascua y Juan Fernández.

¹⁶ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Figura 14. (Izquierda) Cuadrícula referencial para la calibración del modelo en Japón. (Centro) Puntos geodésicos de la red CONUS utilizados para la calibración del modelo en EEUU. (Derecha) Áreas de calibración del modelo a escala global. Fuente: Tachikawa et al. (2011).



4.1.1.2 Modelo de elevación digital ALOS WORLD 3D (ALOSW3D)

El Instrumento de teledetección pancromática para el mapeo estéreo (PRISM) (Tabla 12) es un sensor pancromático de 2.5 [m] de resolución espacial que se encontraba a bordo del satélite Daichi (también conocido como ALOS), el cual fue utilizado en la obtención de DEMs de alta precisión. El instrumento es un generador de imágenes estereoscópicas a través de tres sistemas de espejos independientes, que permiten un ancho de barrido de 35 x 70 [km]. El satélite Daichi se mantuvo en funcionamiento hasta el 22 de abril de 2011 debido a una anomalía en la generación de energía, sin embargo, la información captada durante su funcionamiento permitió la generación del modelo global ALOS WORLD 3D, utilizado en este estudio (JAXA, 2014). El modelo corresponde a una malla global de 1 x 1 arco de segundo (30 m) y fue puesto a disposición gratuita para usuarios de todo el mundo en mayo de 2015, a través de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA).

El modelo generado mediante datos PRISM (ALOSW3D) ha sido probado y calibrado sistemáticamente tanto en áreas urbanas, boscosas y descubiertas de Japón, utilizando DEMs de referencia obtenidos con LiDAR aerotransportado y GPS geodésico, cuyo error vertical no supera los 0.8 [m] y el error vertical 0.25 [m]. La calibración geométrica de los datos PRISM mostró un error vertical de ± 5 [m], excepto en áreas forestales. También se documentó un error vertical mayor en áreas urbanas que en zonas planas debido a la distorsión generada por la infraestructura, sin embargo, el error no supera los 5 [m] (Takaku, Futamura y Iijima, 2004).

Para efectos de este estudio, se descargaron 103 escenas del modelo ALOSW3D desde el explorador satelital de la JAXA¹⁷ que cubren la totalidad de la costa del territorio nacional, incluyendo el territorio insular de Isla de Pascua y Juan Fernández.

¹⁷ <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm>

Tabla 12: Características del sensor PRISM. Fuente: Tadono et al. (2003).

Organismo	Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA)
Plataforma	Satélite Daichi (ALOS)
Órbita	Circular síncrona al sol
Período de órbita	99 minutos (16 órbitas por día)
Altitud	700 [km]
Resolución temporal	46 días al nadir
Resolución espacial	2.5 [m]
Resolución espectral	Sensor pancromático (0,52-0,77 μm).
Ancho de barrido	35 x 70 [km]

4.1.1.3 Modelo de elevación digital ALOS PALSAR

El Radar de Apertura Sintética de tipo L Phased Array (PALSAR) (Tabla 13) fue desarrollado de manera conjunta entre la JAXA, la Organización del sistema de Observación de Recursos de Japón (JAROS) y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria Japonés (METI). Corresponde a uno de los tres sensores que se encontraba a bordo del Satélite Daichi (también conocido como ALOS) y que permitió la observación terrestre diurna y nocturna en todo tipo de clima (JAXA, 2014). Los datos obtenidos por los diversos sensores del satélite entre 2006 y 2011 se han utilizado en la mitigación de desastres, supervisión de bosques, mantenimiento del entorno natural, agricultura y recopilación de datos tridimensionales; debido principalmente a su capacidad de observar cualquier lugar del mundo dentro de dos días.

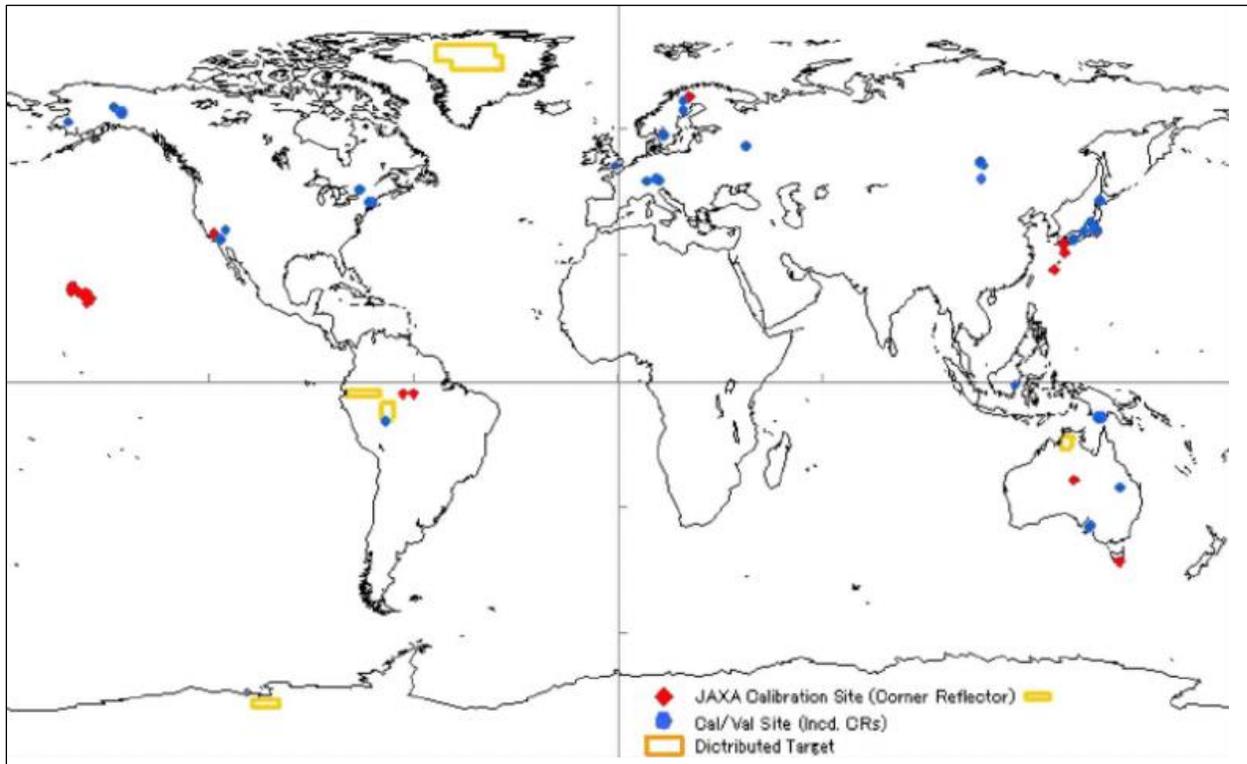
El satélite se mantuvo en funcionamiento hasta el 22 de abril de 2011 debido a una anomalía en la generación de energía, sin embargo, la información captada durante su funcionamiento permitió la generación del modelo global ALOS PALSAR, utilizado en este estudio.

El proceso de calibración del modelo ALOS PALSAR se realizó utilizando 572 puntos alrededor del mundo (Figura 15), principalmente en el Amazonas. La calibración geométrica del modelo presentó un error vertical de 9.7 [m] (Shimada et al. 2010), sin embargo, se ha documentado que el error vertical del modelo puede variar entre 0.1 y 48.2 [m] dependiendo del lugar y de la polarización bajo la cual se obtenga la imagen (Das, Agrawal y Mohan, 2014). Para efectos de este estudio, la Dirección de Obras Portuarias facilitó los mosaicos regionales completos de 12.5 x 12.5 [m] de resolución espacial, provenientes del modelo ALOS PALSAR, el cual presenta una corrección local sólo en la Región de Valparaíso.

Tabla 13: Características del sensor PALSAR. Fuente: Rosenqvist, Shimada y Watanabe (2004).

Organismo	Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA)
Plataforma	Satélite Daichi (ALOS)
Órbita	Circular síncrona al sol.
Período de órbita	99 minutos (16 órbitas por día)
Altitud	700 [km]
Resolución temporal	46 días al nadir
Resolución espacial	6.25 y 12.5 [m]
Polarizaciones	HH, HV, VV, VH
Ancho de barrido	30 [km] (polarización simple) 70 [km] (polarización doble) 350 kilómetros (ScanSAR).

Figura 15. Áreas y puntos de calibración del modelo de elevación digital ALOS PALSAR. Fuente: Shimada et al. (2010).



4.1.2 Información Vectorial complementaria

Junto con la información satelital (DEM's), se utilizaron bases de datos vectoriales de mayor detalle con objeto de precisar los resultados obtenidos por estos modelos, puesto que la información satelital presenta errores al momento de delimitar el borde de la zona costera (entre ellos: tamaño de pixel inadecuado para la delimitación del borde costero, sobreestimación o subestimación de valores altitudinales en áreas urbano-costeras, incorporación de ríos y lagos como valores áreas de valores positivos, etc.). Es por ello que, con objeto de disminuir los posibles errores que se pudieran generar en el cálculo, se incorporó la topografía del IGM y SHOA, junto con la línea de costa del INE como límite 0 para realizar el cálculo del área expuesta.

4.1.2.1 Información topográfica IGM

Se utilizó la información oficial del Instituto Geográfico Militar de Chile, correspondiente a cotas topográficas y curvas de nivel cada 50 [m] que abarcan desde Arica a Canal Chacao. La información se encuentra en el sistema de coordenadas SIRGAS 2000 y se utilizó para proyectar la cota de 10 [msnm] y para comparar los valores altimétricos de las cotas topográficas con los valores entregados por los DEM's, con objeto de visualizar la exactitud en el ajuste de los datos. Cabe destacar que en el pre-procesamiento, los datos fueron reproyectados al sistema de coordenadas decimales, Datum WGS84, con motivo de homogeneizar la totalidad de las bases de datos y, de esta manera, poder integrarlas.

4.1.2.2 Áreas de inundación CITSU-SHOA

Se incorporaron también las áreas de inundación CITSU-SHOA en formato vectorial entregadas por la ONEMI (Tabla 14), con objeto de utilizar estas áreas bajas como referencia para el establecimiento del área expuesta. Así, se complementan las áreas entregadas por los DEM's que podían presentar algún grado de error, especialmente en áreas urbanas.

Tabla 14: Cartas de inundación CITSU-SHOA incorporadas en el estudio. Fuente: ONEMI 2019.

Nombre Carta de Inundación SHOA	Comuna
Arica	Arica
Pisagua	Huara
Iquique	Iquique
Tocopilla	Tocopilla
Michilla	Mejillones
Mejillones	Mejillones
Antofagasta	Antofagasta
Caleta Coloso	Antofagasta
Taltal	Taltal
Chañaral	Chañaral

Nombre Carta de Inundación SHOA	Comuna
Caldera-Calderilla-Bahía Inglesa	Caldera
Huasco	Huasco
Coquimbo-La Serena	La Serena
	Coquimbo
Coquimbo (Guañaqueros)	Coquimbo
Papudo	Papudo
	Zapallar
Zapallar, Cachagua, La Laguna y Maitencillo	Zapallar
	Puchuncaví
Quintero-Ventanas-Horcón	Puchuncaví
	Quintero
Concón-Ritoque	Quintero
	Concón
Valparaíso-Viña del Mar	Concón
	Viña del mar
	Valparaíso
Laguna Verde	Valparaíso
Algarrobo	Algarrobo
Las Cruces - San Sebastián - Cartagena	El Tabo
	Cartagena
	San Antonio
San Antonio	San Antonio
	Santo Domingo
Bahía Cumberland	Juan Fernández
Pichilemu	Pichilemu
Constitución	Constitución
Cobquecura	Cobquecura
	Cobquecura
	Treguaco
Boca Itata-Perales	Coelemu
	Tomé
Pingueral-Dichato-Coliumo	Tomé
Bahía de Concepción-San Vicente-Tome-Lirquén	Tomé
	Penco
	Talcahuano
	Concepción
	Hualpén
Coronel	Coronel
Lota	Coronel
	Lota
	Lota
Chivilingo - Laraquete - Arauco	Arauco
Tubul - Llico - Lavapié	Arauco
Lebu	Lebu
Tirúa	Tirúa
Puerto Saavedra	Carahue
	Saavedra

Nombre Carta de Inundación SHOA	Comuna
Corral	Corral
Maullín	Los muermos
	Maullín
Ancud	Ancud
Quellón	Quellón
Bahía Laredo	Punta arenas
Bahía Catalina	Punta arenas
Bahía Punta Arenas	Punta arenas
Porvenir	Porvenir
Puerto Williams	Cabo de hornos

4.1.2.3 Planos de Borde Costero del SHOA

Con objeto de mejorar los resultados obtenidos a partir de los DEM's y obtener un área expuesta de mejor resolución, se incorporaron los planos de borde costero del SHOA en 10 de las 12 comunas que han sido declaradas prioritarias para el desarrollo de este estudio:

- Antofagasta
- Coquimbo
- Viña del Mar
- Valparaíso
- Pichilemu
- Talcahuano
- Coronel
- Arauco
- Puerto Saavedra
- Valdivia
- Rapa Nui
- Juan Fernández.

Estas comunas críticas se encuentran establecidas en el punto 5.7.3 del Informe 2 de este estudio y corresponden a áreas costeras continentales e insulares. Sin embargo, según la disponibilidad de planos costeros que posee el SHOA (Tabla 13), sólo se integraron los planos de borde costero a las 10 comunas continentales dada la falta de planos para Rapa Nui y Juan Fernández. Los planos entregados corresponden a archivos CAD en formato vectorial, georreferenciados en Sistema de Coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 18 y 19 según corresponda.

Cabe destacar que, en algunos casos, la incorporación de valores a las curvas de nivel de la zona sur debió realizarse de forma manual dado que, al integrar el archivo CAD al Sistema de Información Geográfica, los archivos vectoriales no presentaban valores altimétricos. Además, las cotas fueron revisadas y posicionadas de forma manual para poder ser utilizadas, puesto que presentaban un pequeño desfase entre la ubicación del punto y el valor altimétrico que representan, lo que podía generar errores en su procesamiento.

Tabla 15: Planos de Borde Costero Del SHOA incorporados en el estudio

Región	Comuna (s)	Plano de Borde Costero
Antofagasta	Antofagasta	li-28_Península De Mejillones A Playa Los Metales
		li-29_Costa Norte De Bahía Moreno
		li-30_Costa Noreste De Bahía Moreno
		li-31_Costa Norte Rada De Antofagasta
		li-32_Costa Sur Rada De Antofagasta
		li-33_Playa El Huáscar A Norte De Caleta Bolfin
Coquimbo	La Serena - Coquimbo	Iv-019_Norte Bahía Coquimbo
		Iv-020_Centro Bahía Coquimbo
		Iv-021_Sur Bahía Coquimbo
		Iv-022_Peñuelas Bahía Coquimbo
		Iv-023_Pto. Coquimbo A Pta. Tinaja
		Iv-024_Bahía Herradura De Guayacán
Valparaíso	Viña del Mar	V-10_Concón - Reñaca
	Valparaíso	V-11_Bahía Valparaíso
		V-12_Playa Ancha A Quebrada Verde
		V-13_Bahía Laguna Verde - Caleta Las Docas
O'higgins	Pichilemu	Vi-12_Sur De Playa San Antonio A Punta Pichilemu
		Vi-13_Playa Infiernillo A Punta Lobos
Biobío	Talcahuano-Coronel-Arauco	Viii-11_Península Tumbes
		Viii-12_Isla De Los Reyes A Río Andalién
		Viii-13_Talcahuano A Isla De Los Reyes
		Viii-14_Caleta Costa Larga A Punta Pardo
		Viii-15_Bahía San Vicente
		Viii-16_Punta Gualpén
		Viii-17_Ensenada Reque A Caleta Las Escaleras
		Viii-18_Caleta Lengua
		Viii-19_Desembocadura Del Río Bio-Bío
		Viii-20_Michahue A Loma Colorada
		Viii-21_El Escuadrón
		Viii-22_Bahía Coronel (Schwager Y Coronel)
		Viii-23_Bahía Lota A Norte De Caleta Laraquete
		Viii-24_Playa Laraquete
		Viii-25_Norte De Isla Santa María
		Viii-26_Sur De Isla Santa María
		Viii-27_Arauco
		Viii-28_Playa Tubul
Viii-29_Tubul		
Viii-30_Playa El Fraile		
Viii-31_Playa Del Cuco		

Región	Comuna (s)	Plano de Borde Costero
		Viii-32_Caleta Trauco A Caleta Llico
		Viii-33_Cabo Rumena
		Viii-34_Punta Rumena A Punta Palanca
La Araucanía	Saavedra	Ix-03_Morro Cautén A Río Moncul
		Ix-04_Río Imperial
		Ix-05_Río Budi A Punta Puancho
		Ix-06_Estero Puancho A Playa Peleco
Los Ríos	Valdivia	Xiv-01_Río Cruces Y Río Calle Calle
		Xiv-02_Río Calle Calle (Noreste De Valdivia)
		Xiv-03_Bahía Corral (Puerto Corral - Niebla)
		Xiv-04_Río Valdivia
		Xiv-05_Ensenada San Juan
		Xiv-06_Río Torna Galeones (Sur Isla Del Rey)

4.1.2.4 Línea Costera

Junto con la información topográfica del IGM y el SHOA, fue necesario incorporar la línea de costa con objeto de tener un valor de referencia '0' para calibrar y generar los modelos de elevación digital generales y locales. Para ello, se compararon las líneas de costa de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y la línea de costa del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), las cuales se diferencian por lo siguiente:

- SUBPESCA: archivo vectorial poligonal que considera todas las regiones de Chile, excepto la Región Metropolitana. Se centra en lugares donde hay caletas pesqueras artesanales, según el mandato de la institución que la elaboró.
- INE: archivo vectorial poligonal de las comunas centrado en poblados urbanos y rurales, (ciudades, pueblos, aldeas y caseríos) y obtenido de la división político administrativa comunal en la base de datos del Censo 2017.

De las 102 comunas costeras, las 15 comunas más australes no cuentan con polígonos que representen adecuadamente la línea litoral. Al comparar los polígonos disponibles de línea de costa (INE y SERNAPESCA) con las imágenes satelitales de las comunas costeras, se constató que en la mayoría de los casos el polígono INE es más adecuado y que al sur de Puerto Montt ambos polígonos presentan problemas de representación.

La razón de esto es que los polígonos INE y SERNAPESCA fueron construidos interpretando un mosaico de imágenes satelitales que no necesariamente son concurrentes en el tiempo. Entonces, debido a que el régimen de mareas en el litoral pasa de ser micromareal¹⁸ en el

¹⁸ El régimen micromareal representa lugares cuyo rango de mareas es inferior a 2 [m].

centro y norte del país a macromareal¹⁹ en la zona austral, la interpretación de la línea de costa (basada sólo en la determinación del límite entre el mar y la tierra), difiere de acuerdo al instante de la fotografía. La diferencia de un polígono dibujado en bajamar de otro dibujado en pleamar será mayor dependiendo de la pendiente de la zona costera. Así, en acantilados o costas con pendiente alta, la diferencia entre los polígonos será mínima. Por el contrario, si la zona costera presenta una pendiente suave (como en una playa, marisma o desembocadura), la diferencia entre los polígonos puede alcanzar decenas o cientos de metros (Figura 16).

Figura 16. Comparación entre la línea de costa del INE y la de SUBPESCA.



Se debe recordar asimismo que en la zona centro norte predominan los farallones y acantilados costeros, mientras que en la zona austral, es frecuente encontrar zonas de marismas (extensas zonas de terreno muy bajo y plano que son cubiertos en pleamar y descubiertos en bajamar). Así, en comunas al sur de Puerto Montt se combinan los dos casos que maximizan el error de interpretación de la línea litoral: mareas macromareales y pendientes litorales bajas. La Figura 17 muestra ejemplos de las diferencias y mal ajuste al borde costero de las líneas de costa de SUBPESCA e INE en la zona sur-austral del país.

Cabe destacar que la línea de costa del INE efectivamente demostró ser más precisa en lugares poblados, mientras que línea de costa de la SUBPESCA resultó ser más precisa en aquellos lugares donde se emplazan las caletas pesqueras artesanales. Sin embargo, gran parte del territorio costero rural no posee una buena representación de su línea de costa, siendo éste uno de los mayores problemas al momento de calcular el área expuesta en zonas de desembocadura de ríos. Aun así, dada la mejor representación de la línea de costa del INE en la mayoría del territorio nacional, para efectos de este estudio se utilizó esta línea de costa puesto que mostró una mejor representación en la mayor cantidad de comunas costeras (Tabla 16).

¹⁹ El régimen macromareal representa lugares cuyo rango de mareas es mayor a 4 [m].

Figura 17. Ejemplo de las diferencias y mal ajuste al borde costero de las líneas de costa de SUBPESCA e INE en la zona sur-austral del país.

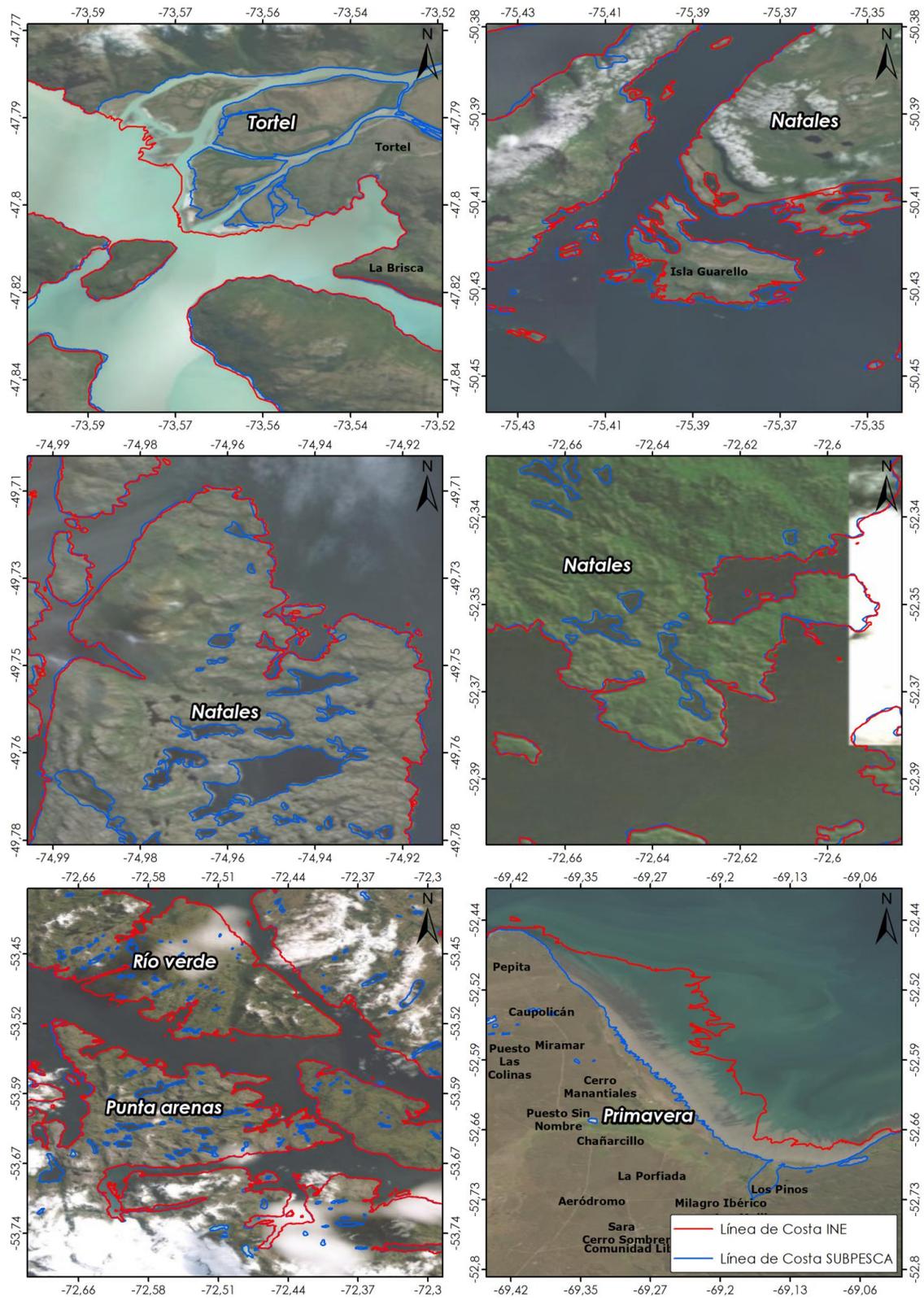


Tabla 16: Línea de costa que mejor se adapta a la comuna costera en estudio.

ID	Comuna	Mejor Línea de Costa
1	Arica	INE
2	Camarones	SUBPESCA
3	Huara	SUBPESCA
4	Iquique	INE
5	Tocopilla	INE
6	Mejillones	INE
7	Antofagasta	INE
8	Taltal	INE
9	Chañaral	INE
10	Caldera	INE
11	Copiapó	SUBPESCA
12	Huasco	INE
13	Freirina	INE
14	La Higuera	INE
15	La Serena	INE
16	Coquimbo	INE
17	Ovalle	INE
18	Canela	SUBPESCA
19	Los Vilos	INE
20	La Ligua	INE
21	Papudo	INE
22	Zapallar	INE
23	Puchuncaví	INE
24	Quintero	INE
25	Concón	INE
26	Viña del Mar	INE
27	Valparaíso	INE
28	Casablanca	INE
29	Algarrobo	INE
30	El Quisco	INE
31	El Tabo	INE
32	Cartagena	INE
33	San Antonio	INE
34	Santo Domingo	INE
35	Navidad	INE
36	Litueche	INE
37	Pichilemu	-
38	Paredones	INE
39	Vichuquén	INE
40	Licantén	SUBPESCA
41	Curepto	INE
42	Constitución	INE
43	Chanco	INE
44	Pelluhue	INE

ID	Comuna	Mejor Línea de Costa
51	Hualpén	INE
52	San Pedro de la Paz	INE
53	Coronel	INE
54	Lota	INE
55	Arauco	INE
56	Lebu	INE
57	Los Álamos	INE
58	Cañete	INE
59	Tirúa	INE
60	Carahue	INE
61	Puerto Saavedra	SUBPESCA
62	Teodoro Schmidt	SUBPESCA
63	Toltén	SUBPESCA
64	Mariquina	SUBPESCA
65	Valdivia	SUBPESCA
66	Corral	SUBPESCA
67	La Unión	INE
68	San Juan de la Costa	INE
69	Río Negro	INE
70	Purranque	INE
71	Fresia	INE
72	Los Muermos	INE
73	Maulín	INE
74	Calbuco	INE
75	Puerto Montt	INE
76	Cochamó	SUBPESCA
77	Hualaihué	-
78	Chaitén	-
79	Ancud	SUBPESCA
80	Quemchi	SUBPESCA
81	Dalcahue	SUBPESCA
82	Castro	SUBPESCA
83	Curaco de Vélez	SUBPESCA
84	Quinchao	SUBPESCA
85	Chonchi	SUBPESCA
86	Puqueldón	SUBPESCA
87	Queilén	SUBPESCA
88	Quellón	SUBPESCA
89	Guaitecas	-
90	Cisnes	-
91	Aysén	-
92	Tortel	-
93	Natales	-
94	San Gregorio	-

ID	Comuna	Mejor Línea de Costa
45	Cobquecura	INE
46	Treguaco	INE
47	Coilemu	SUBPESCA
48	Tomé	INE
49	Penco	INE
50	Talcachuanu	INE

ID	Comuna	Mejor Línea de Costa
95	Río Verde	-
96	Punta Arenas	-
97	Primavera	-
98	Porvenir	-
99	Timaukel	-
100	Cabo de Hornos	-

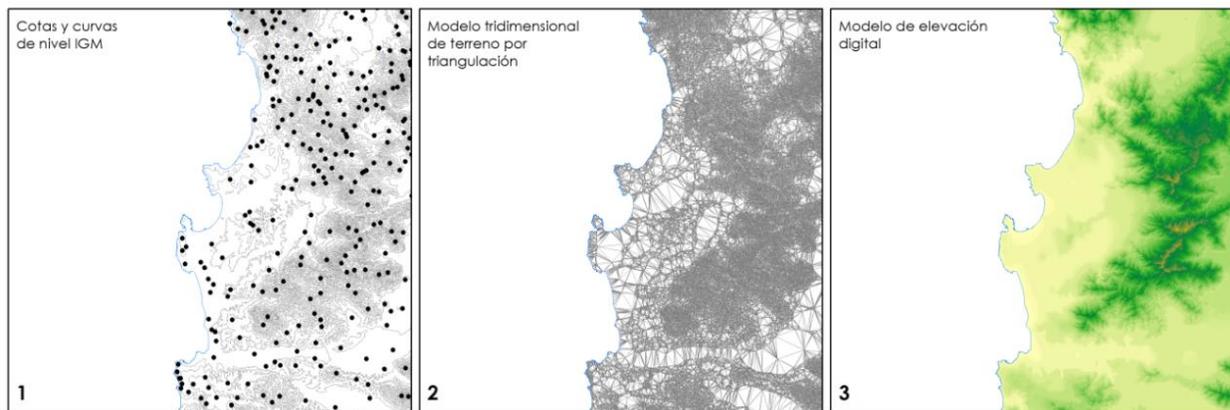
Es por esta razón que se recomendó que en el futuro se realice un estudio que permita delimitar con menos errores la línea costera basado en las metodologías estandarizadas internacionalmente y sugeridas en la literatura especializada para construir estos polígonos, las que básicamente procuran delimitar la línea de las más altas mareas, la zona intermareal y controlan el error basado en la pendiente litoral (Griffiths et al 2019, Jovivek et al 2019, Pugliano et al 2019).

4.1.3 Procesamiento

4.1.3.1 Área Expuesta Nacional [10 m]

Para calcular el área a nivel nacional que se encuentra bajo los 10 [msnm], se procedió a generar un mosaico con las escenas descargadas para los modelos ASTER GDEM-2 y ALOS3D, mientras que ALOS PALSAR se trabajó a escala regional para no alterar el formato entregado por la DOP. Se aplicó un filtro de paso bajo de 3x3 píxeles a los mosaicos nacionales y regionales de los modelos, con objeto de homogeneizar los datos para facilitar la identificación de la cota 10 (Esri 2018). Además, se proyectó la curva de nivel de 10 [msnm] entre Arica y Canal Chacao, utilizando las curvas de nivel y cotas oficiales del IGM junto con la línea de costa del INE como nivel 0. Para ello, se generó un modelo tridimensional de terreno para cada región utilizando triangulación lineal simple, el cual luego se transformó a formato Ráster, generando un nuevo modelo de elevación digital de 5 [m] de resolución (Figura 18).

Figura 18. Proceso de elaboración del modelo de elevación digital IGM.



Para cada modelo se calculó el área bajo los 10 [msnm] y los resultados obtenidos se combinaron utilizando álgebra de mapas. Dado que los resultados obtenidos con los DEM's y la proyección de datos IGM no resultaron completamente homogéneos, las cuatro áreas obtenidas se combinaron entre sí para obtener una macro área definitiva. Además, producto del ruido que muestran los DEM's en las áreas urbanas consolidadas y a lo irregular de la proyección IGM en estas zonas, se incorporaron las áreas de inundación CITSU-SHOA para minimizar el error que presentan los datos en áreas bajas. De esta manera el resultado final considera las áreas más y menos conservadoras para los modelos, incluyendo la proyección de los datos oficiales del IGM y las áreas de inundación oficiales del SHOA.

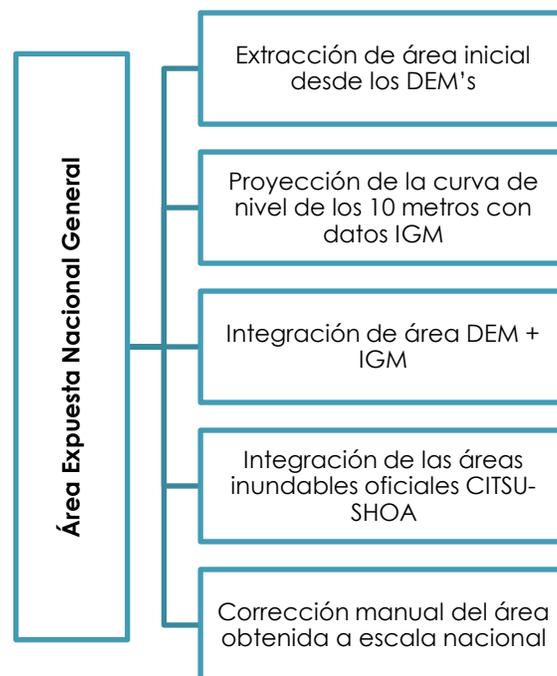
El área obtenida fue revisada manualmente y comparada con las observaciones realizadas en las campañas de terreno realizadas entre noviembre de 2018 y marzo de 2019, corrigiendo las principales irregularidades que muestra el cálculo del área expuesta:

- Píxeles sueltos que han quedado distribuidos en áreas no costeras.
- Sobreestimación del área expuesta.

- Irregularidad del área calculada producto de la topografía.
- Inclusión o eliminación de elementos no estáticos, como dunas costeras.
- Extracción de los cursos de agua que generan sobreestimación del área expuesta²⁰.
- Mal acoplamiento de la línea de costa INE a la realidad, por lo que en algunas zonas se editó con objeto de mejorar la delimitación.
- Eliminación de errores producidos por la división político-administrativa.
- Mayor definición del área expuesta en zonas urbanas a partir de juicio experto.

De esta manera se obtuvo el área expuesta nacional, cuyo proceso se resume en la Figura 19 y se grafica en la Figura 20, mientras que la Figura 21 muestra el detalle del área expuesta para las comunas críticas identificadas en este estudio. También se incluyen las áreas de exposición en Rapa Nui (Figura 22) y el Archipiélago Juan Fernández (Figura 23). La totalidad de las áreas expuestas calculadas para las 106 comunas consideradas en el estudio se puede revisar en el Anexo 5.3.

Figura 19. Esquema general para la obtención del área expuesta nacional.



²⁰ Este punto en particular es bastante complejo puesto que los modelos consideran los cursos de agua como nivel 0, por lo que la revisión consistió en eliminar aquellos ríos de gran envergadura que aumentan demasiado el área expuesta, mientras que aquellos más pequeños se incorporaron dentro del área.

Figura 20. Área expuesta general identificada para las 106 comunas de Chile consideradas en este estudio.

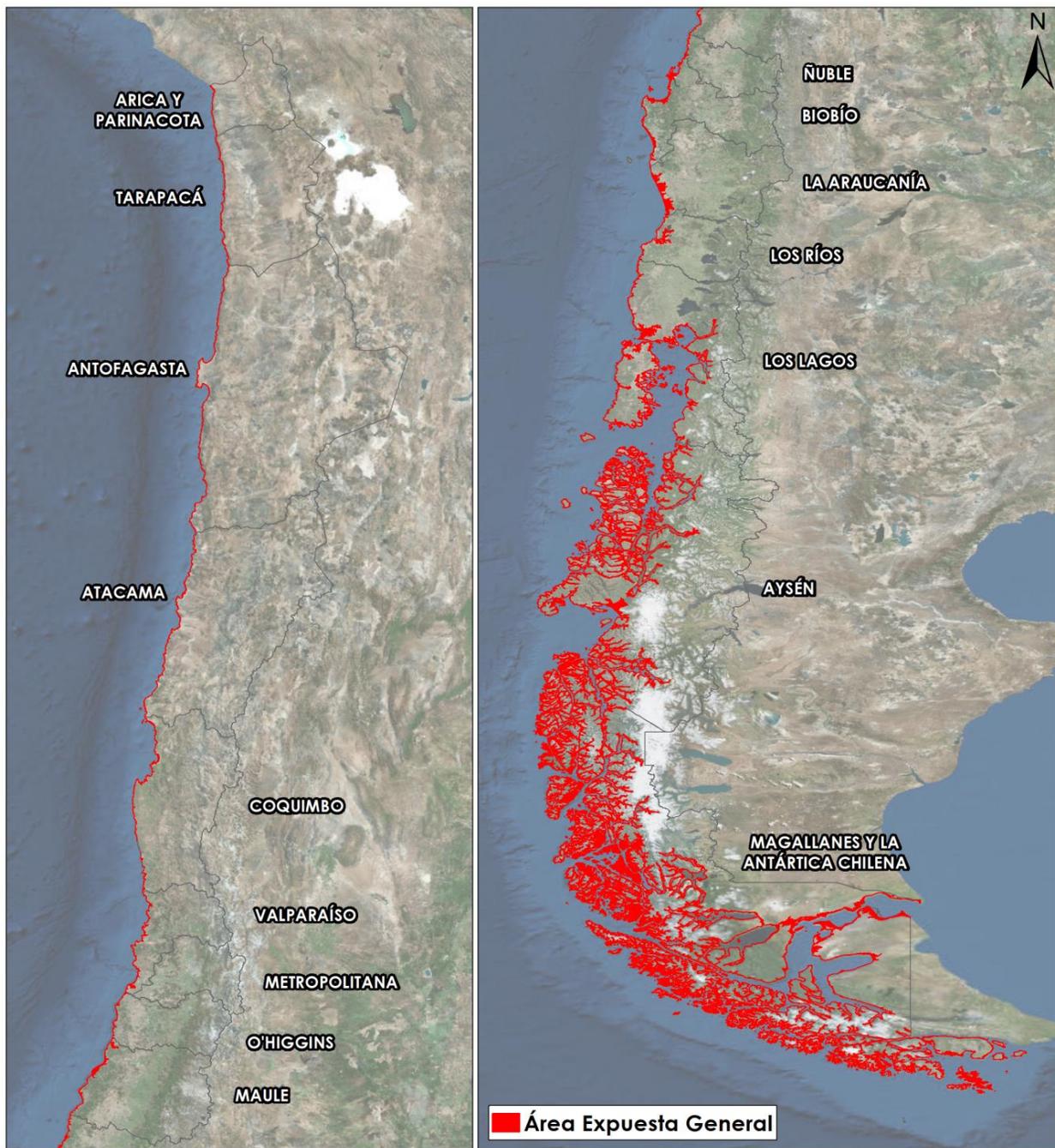


Figura 21. Área expuesta general identificada para las comunas críticas identificadas en este estudio (Punto 5.7.3 del Informe de Avance N°2).

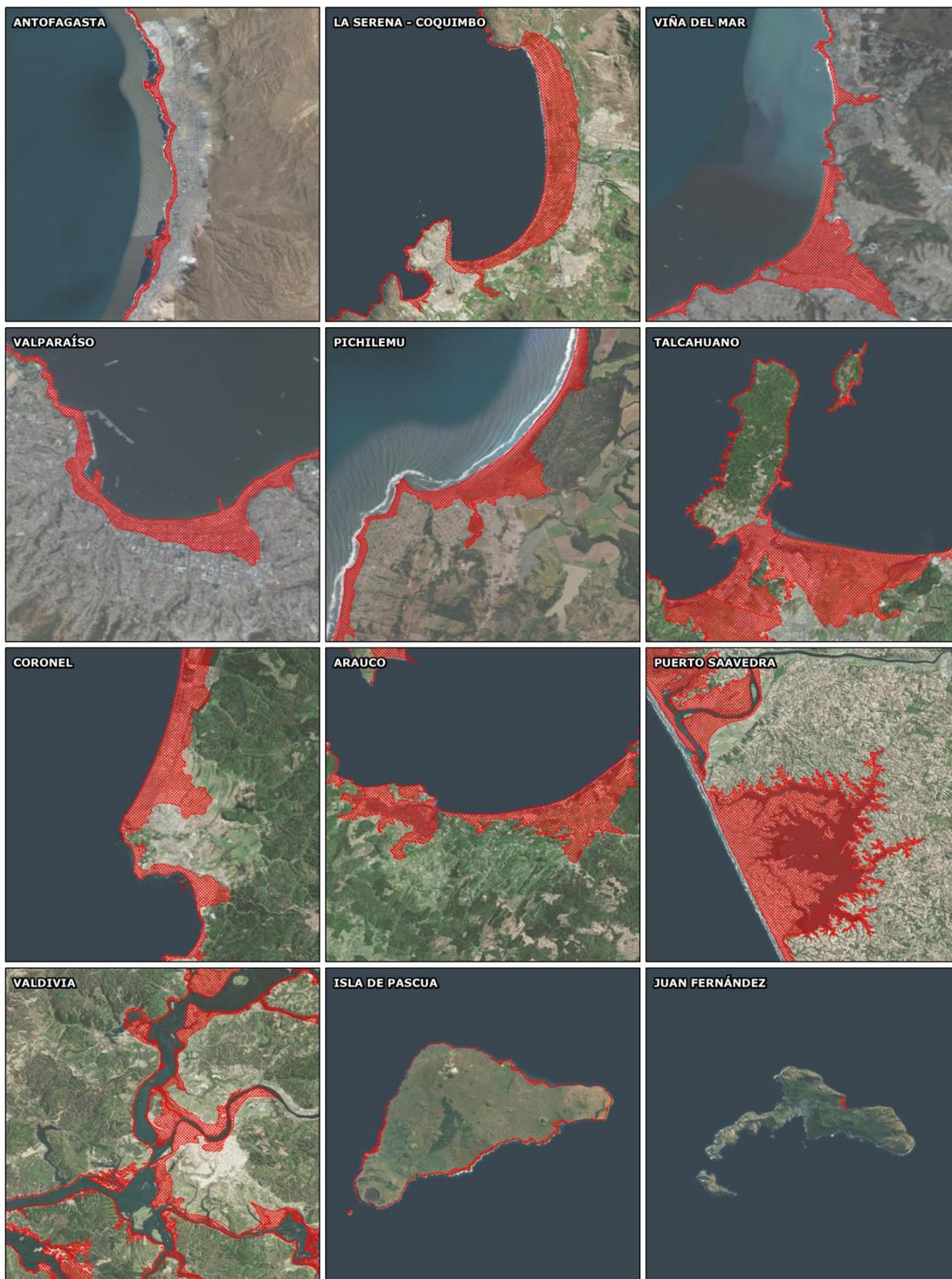


Figura 22. Área expuesta en Rapa Nui.

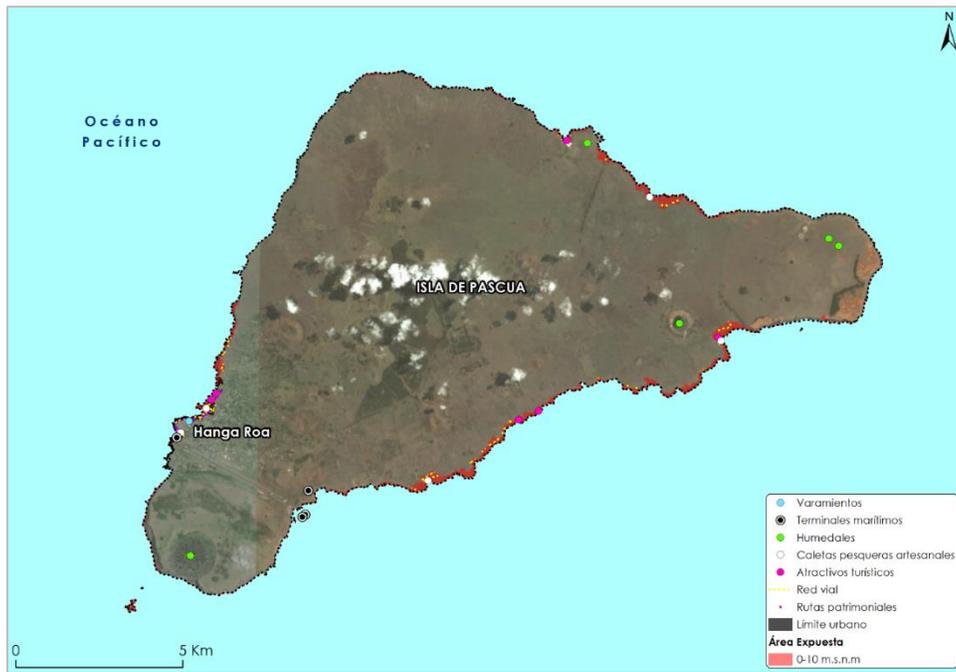


Figura 23. Área expuesta en la Isla Robinson Crusoe y la Isla Santa Clara, en el Archipiélago Juan Fernández²¹.



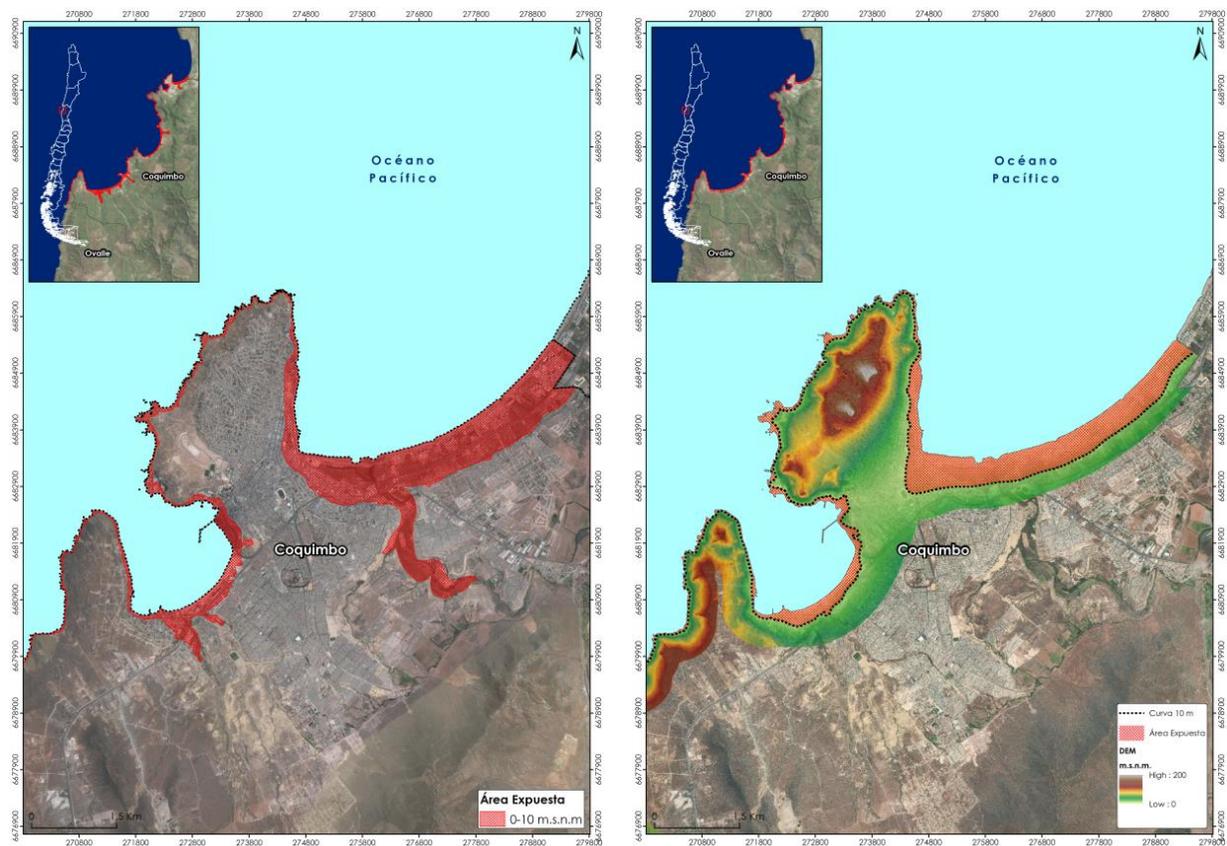
²¹ No se considera la Isla Alejandro Selkirk pues no se cuenta con una topografía de calidad para definir la costa de los 10 [msnm].

4.1.3.2 Integración de datos SHOA y mejoramiento del área expuesta en comunas prioritarias

A partir de los planos de borde costero entregados por el SHOA (Tabla 15), se extrajeron las cotas y curvas de nivel con objeto de mejorar la precisión del área expuesta identificada. Los archivos vectoriales extraídos se georeferenciaron según el huso al que pertenecen (18/19 S) y los valores altimétricos fueron ingresados de forma manual. Además, la ubicación de las cotas (punto x,y) también se revisó y corrigió de forma manual debido al desfase que presentaban en relación con las curvas de nivel, situación que podía generar errores en la elaboración de los modelos de elevación digital de alta resolución.

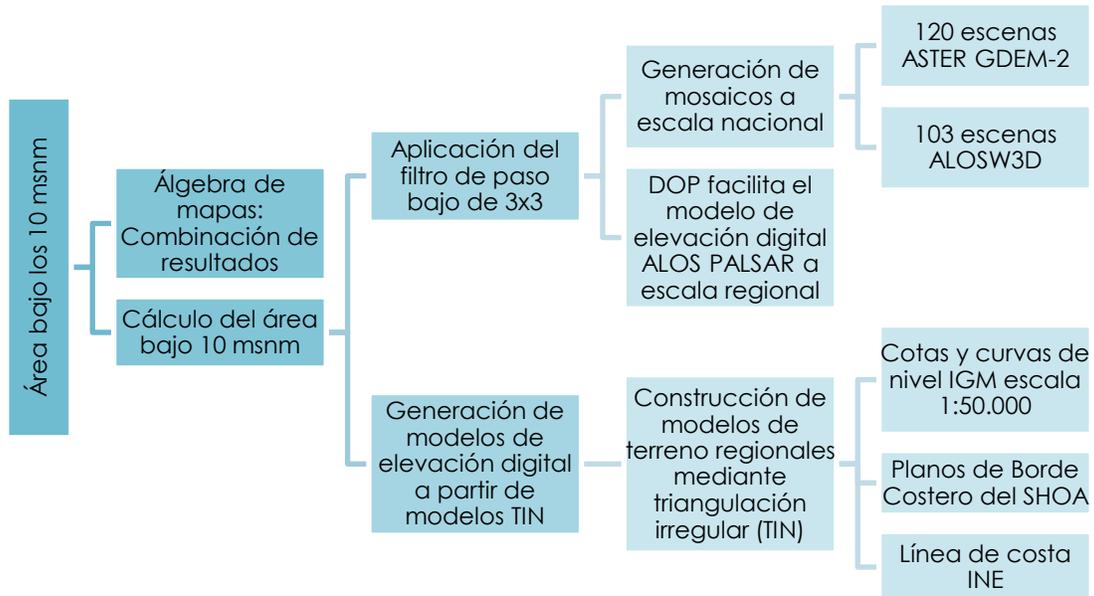
De esta manera, se elaboró un modelo de elevación digital de 1 [m] de resolución para la franja costera de las comunas críticas identificadas en este estudio, utilizando la línea de costa del INE como forzante (cota 0), las cotas y curvas de nivel del IGM y las extraídas desde los planos de borde costero del SHOA. Así, se obtuvo la curva de los 10 [m] para las comunas críticas identificadas en este estudio, exceptuando Isla de Pascua y Juan Fernández. Cabe destacar que el nivel de detalle obtenido permite calcular un área mucho más exacta respecto al área general descrita en el punto 4.1.3.1, tal y como se muestra en la Figura 24.

Figura 24. Área expuesta general calculada para Coquimbo [izquierda] y Ejemplo de DEM de 1 [m] de resolución junto con la curva de los 10 [m] calculada a partir de la integración de los planos de borde costero del SHOA [derecha].



Finalmente, la Figura 25 muestra el proceso general de procesamiento de datos para la obtención del área expuesta general y específica de las comunas consideradas en este estudio.

Figura 25. Esquema general del procesamiento de datos para la obtención del área expuesta general y específica.



2.1 RESULTADOS

2.1.1 Área Expuesta General y Específica

Se elaboró el área expuesta general para 106 comunas de Chile, incluyendo Isla de Pascua y Juan Fernández; mientras que el área expuesta específica se elaboró para 10 de las comunas críticas consideradas en este estudio, tal y como se muestra en la Tabla 17. Cabe destacar que cada área fue revisada y corregida de forma manual, con objeto de mejorar la delimitación a partir del juicio experto y evitar los errores mencionados en el punto 4.1.3.1.

En total se obtuvieron 15.752 km² de área expuesta para las comunas de Chile (incluyendo Rapa Nui y Juan Fernández), lo que representa el 4,05% del territorio nacional. En términos porcentuales, la comuna de Hualpén presenta el mayor porcentaje comunal expuesto [49,39%], seguido de las comunas de Talcahuano [47,4%], Puerto Saavedra [39,28%] y Maullín [34,28%]. Por el contrario, las comunas con menor porcentaje comunal expuesto corresponden a Copiapó [0,06%], Antofagasta [0,08%], Torres del Paine [0,1%], Camarones [0,1%] y Huará [0,1%].

Tabla 17: Áreas expuestas elaboradas para las comunas a partir de la altimetría satelital y a partir de planos de borde costero.

Región	Comuna costera	Área Expuesta Altimetría satelital [km ²]	Área Expuesta Planos Borde Costero [km ²]	% Comunal Expuesto
Arica y Parinacota	Arica	13,29		0,28
	Camarones	4,00		0,10
Tarapacá	Huara	10,71		0,10
	Iquique	44,84		1,96
Antofagasta	Tocopilla	24,78		0,61
	Mejillones	22,27		0,62
	Antofagasta	25,22	15,80	0,08
	Taltal	30,99		0,15
Atacama	Chañaral	21,73		0,38
	Caldera	47,34		1,29
	Copiapó	10,52		0,06
	Huasco	20,39		1,27
	Freirina	13,66		0,42
Coquimbo	La Higuera	29,49		0,71
	La Serena	29,24	8,90	1,54
	Coquimbo	35,61	20,86	2,50
	Ovalle	10,95		0,31
	Canela	7,38		0,34
	Los Vilos	15,38		0,83
Valparaíso	La Ligua	9,15		0,79
	Papudo	6,22		3,73
	Zapallar	3,83		1,33
	Puchuncaví	7,13		2,37
	Quintero	11,50		7,87
	Concón	4,73		6,17
	Viña Del Mar	5,92	6,02	4,91
	Valparaíso	3,64	4,16	1,15
	Casablanca	1,54		0,16
	Algarrobo	4,62		2,63
	El Quisco	1,54		3,03
	El Tabo	4,78		4,83
	Cartagena	2,69		1,10
	San Antonio	3,87		0,97

Región	Comuna costera	Área Expuesta Altimetría satelital [km ²]	Área Expuesta Planos Borde Costero [km ²]	% Comunal Expuesto
	Santo Domingo	36,66		6,90
Libertador General Bernardo O'Higgins	Navidad	2,79		0,93
	Litueche	6,81		1,10
	Pichilemu	13,37	8,75	1,87
	Paredones	2,91		0,51
Maule	Vichuquén	33,24		7,35
	Licantén	9,50		3,49
	Curepto	21,63		2,02
	Constitución	123,95		9,29
	Chanco	18,80		3,56
	Pelluhue	8,39		2,27
Ñuble	Cobquecura	14,87		2,58
	Treguaco	6,80		2,17
	Coelemu	12,86		3,74
Biobío	Tomé	6,40		1,29
	Penco	5,84		5,42
	Talcahuano	44,27	25,16	47,40
	Hualpén	22,56		49,39
	San Pedro De La Paz	25,78		28,07
	Coronel	36,42	16,65	13,31
	Lota	5,53		4,81
	Arauco	138,32	30,13	14,41
	Lebu	20,65		3,67
	Los Álamos	8,57		1,42
	Cañete	76,95		7,06
	Tirúa	22,16		3,52
La Araucanía	Carahue	78,65		5,88
	Puerto Saavedra	153,63	17,88	39,28
	Teodoro Schmidt	107,38		16,39
	Toltén	162,66		19,09
Los Ríos	Mariquina	5,14		0,40
	Valdivia	56,69	82,72	5,86
	Corral	16,97		2,35
	La Unión	6,80		0,32
Los Lagos	San Juan De La Costa	7,74		0,51

Región	Comuna costera	Área Expuesta Altimetría satelital [km ²]	Área Expuesta Planos Borde Costero [km ²]	% Comunal Expuesto
	Río Negro	4,29		0,34
	Purranque	2,87		0,20
	Fresia	2,79		0,22
	Los Muermos	26,97		2,20
	Mauilín	277,28		34,28
	Calbuco	92,87		15,76
	Puerto Montt	44,77		2,67
	Cochamó	18,45		0,47
	Hualaihué	54,84		1,89
	Chaitén	158,51		1,91
	Ancud	143,19		8,21
	Quemchi	41,40		9,37
	Dalcahue	8,26		0,67
	Castro	14,32		3,05
	Curaco De Vélez	3,04		3,82
	Quinchao	21,23		13,43
	Chonchi	61,89		4,52
	Puqueldón	4,63		4,81
	Queilén	21,83		6,59
	Quellón	123,48		3,68
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Guaitecas	57,47		9,07
	Cisnes	333,13		2,16
	Aysén	1.017,45		3,39
	Tortel	754,52		3,74
Magallanes y la Antártica Chilena	Natales	5.703,73		11,68
	San Gregorio	432,12		6,43
	Río Verde	399,60		4,36
	Punta Arenas	1.775,76		9,99
	Primavera	600,25		14,06
	Porvenir	281,69		3,85
	Timaukel	110,86		1,01
	Cabo De Hornos	1.278,23		8,11

Región	Comunas Insulares	Área Expuesta Altimetría satelital [km ²]	Área Expuesta Planos Borde Costero [km ²]	% Comunal Expuesto
Valparaíso	Isla De Pascua	3,59		1,46
	Juan Fernández ²²	53,77		0,20

Región	Comunas Insulares	Área Expuesta Altimetría satelital [km ²]	Área Expuesta Planos Borde Costero [km ²]	% Comunal Expuesto
Biobío	Concepción	0,49		0,22
Los lagos	Puerto Varas	7,04		0,17
Magallanes y la Antártica Chilena	Torres Del Paine	6,42		0,10
	Laguna Blanca	12,41		0,36

²² En Juan Fernández no se consideró la Isla Alejandro Selkirk pues no contar con información topográfica.

2.1.2 Longitud de Costa

Junto con el área expuesta, se obtuvieron las longitudes de la línea de costa a nivel comunal y regional, tal y como se muestra en la

Tabla 18. Para la obtención de estos valores, se utilizó la línea de costa del INE y se identificaron aquellas incongruencias a partir de juicio experto, entre ellas:

- Diferencias de escala en la digitalización de la línea de costa generan errores en el detalle de la digitalización. Esta situación en particular visibiliza la necesidad de contar con una línea de costa oficial para el territorio nacional, con un criterio único de digitalización.
- El establecimiento de la línea de costa se realiza en base a imágenes aéreas y/o satelitales que representan un momento dado en un tiempo determinado, por lo cual se omiten los cambios en el comportamiento de la marea lo cual, en zonas de comportamiento macromareal o mesomareal²³ como las ubicadas de Puerto Montt al Sur, puede significar decenas de metros.
- La incorporación de los ríos bajo el concepto de "costa" genera grandes tramos que se introducen en el territorio continental y que no necesariamente tienen relación con la costa, aumentando la longitud de costa de comunas específicas.

Es por ello que, para el cálculo de la longitud costera y el establecimiento del área expuesta, se eliminaron tramos de la línea de costa del INE, tal y como se muestra en la Figura 26.

²³ La clasificación de mareas según su rango se divide en Micromareal (rango menor a 2 metros), Mesomareal (rango de los 2 a los 4 metros) y Macromareal (rango superior a los 4 metros).

Figura 26. Línea de costa utilizada en este estudio [rojo] y tramos de línea de costa eliminados según juicio experto [amarillo] para [A] Constitución, [B] Concepción, [C] Valdivia y [D] San Antonio – Santo Domingo.

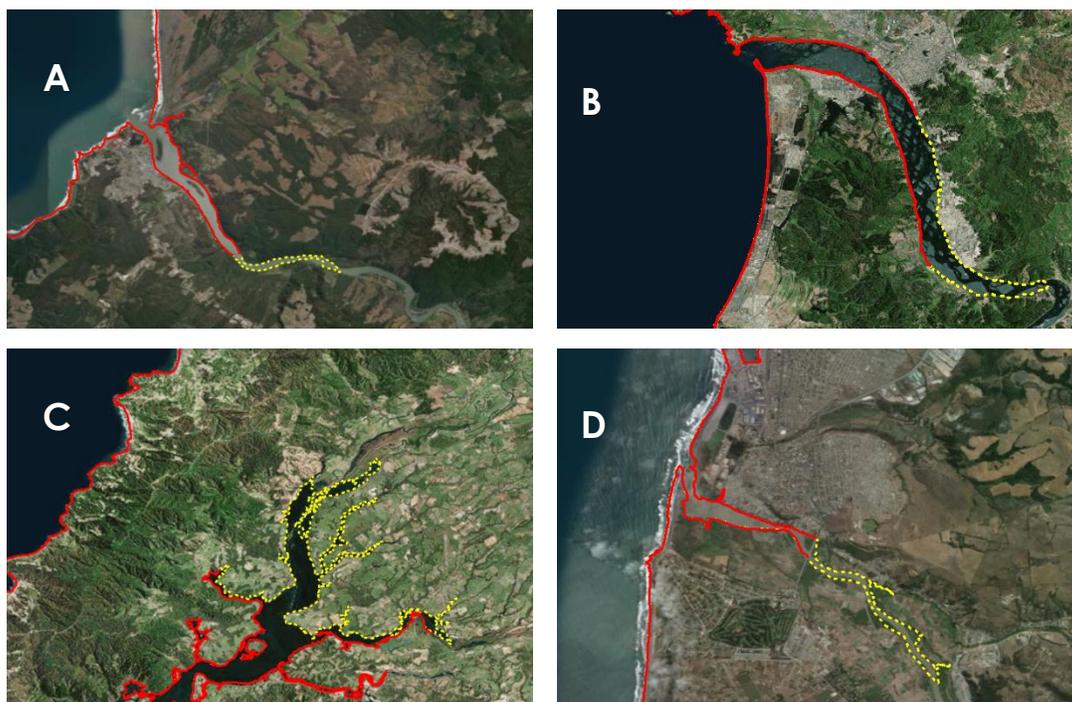


Tabla 18: Longitud de costa [km] obtenida del procesamiento de la línea de costa realizado en este estudio.

Región	Longitud línea de costa [km]
Arica y Parinacota	130
Tarapacá	411
Antofagasta	912
Atacama	725
Coquimbo	670
Valparaíso	660
Libertador General Bernardo O'higgins	128
Maule	251
Ñuble	60
Biobío	647
La Araucanía	203
Los Ríos	724
Los Lagos	4.859
Aysén Del General Carlos Ibáñez Del Campo	26.029
Magallanes Y De La Antártica Chilena	70.135
TOTAL	106.544

4.1.4 Modelo batimétrico

En esta sección se aborda la construcción del modelo topo-batimétrico que será de utilidad para i) la propagación de la estadística de oleaje desde aguas profundas a los sitios de interés y ii) la evaluación de la respuesta de playas ante el cambio climático. Se describe la metodología de ensamblaje de los modelos y se describen las bases de datos utilizadas en el análisis.

El proceso consiste en la recopilación de todas las topografías de playa²⁴ y batimetrías disponibles en forma libre, o mediante la autorización de los propietarios, en las costas de Chile ubicadas al norte del Canal Chacao. Cabe mencionar que, por restricciones de uso de algunas de estas bases de datos, en el Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado en el marco de este proyecto no se dispondrá del modelo topo-batimétrico sino solo los resultados que devengan de su uso.

La complicación de la tarea de ensamblaje radica en que las diferentes bases de datos no son homogéneas en cobertura, resolución y precisión espacial, en los datum de referencia altimétricos y planimétricos, en el sistema de coordenadas (e.g. UTM, geográficas o locales) y en el formato disponible (e.g. estructura de datos, tipo de archivos digitales o en papel). En general, los archivos recopilados corresponden a i) nubes de puntos para grandes extensiones y para localizaciones de detalle y ii) grilla de distintas dimensiones, que abarcan desde regiones a comunas. Rankeadas desde mayor a menor cobertura espacial, las bases de datos utilizadas son:

- 143 cartas náuticas que abarcan desde Arica a Puerto Williams, cuyo detalle se especifica en el Catálogo de cartas y publicaciones náuticas (SHOA, 2008).
- 100 grillas topográficas y batimétricas que abarcan desde Maitencillo a Ancud. La información fue proporcionada por MERIC²⁵.
- 10 bases de datos batimétricos en las puntas Cardonal, Curaumilla, Quintay, Galera, Lavapie, Lobos, Morguilla, Topocalma, Tralca y Tucapel. La información fue generada en el marco del proyecto Undimotriz CORFO INNOVA.
- 9 grillas batimetrías para la Región de Valparaíso, Quintero, Concón, Valparaíso, Viña del Mar y San Antonio. La información fue por el Prof. Mauricio Molina, de la Escuela de Ingeniería Civil Oceánica de la UV.
- 1 base de datos topográfica entre las playas Reñaca y Caleta Abarca, en la bahía de Valparaíso. La información fue proporcionada por la DOP.
- 1 base de datos batimétrica entre las playas Reñaca y Caleta Abarca, en la bahía de Valparaíso. La información fue proporcionada por la DOP.
- 1 base de datos batimétricos de playas en la bahía de Valparaíso, generada en el marco del proyecto Undimotriz CORFO INNOVA. La información fue proporcionada por

²⁴ Los datos topográficos utilizados para el análisis de playas no devienen del modelo de elevación digital desarrollado anteriormente en este capítulo, dado que sólo se restringen a pocas playas.

²⁵ www.meric.cl

el Prof. Manuel Contreras-López, de la UPLA.

- 6 planos topo-batimétricos de tres sectores ubicados en la Bahía de Valparaíso (Paseo Juan de Saavedra, Muelle Portales y Muelle Vergara). La información fue proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas.
- 1 bases de datos de batimetría de detalle en Playa El Sol, Viña del Mar. La información fue proporcionada por el Prof. Manuel Contreras-López, de la UPLA.

En una primera etapa se procedió a transformar todas las bases de datos al sistema de referencia WGS84, con formato de coordenadas geográficas y grados decimales. En una segunda etapa se compararon las cotas de puntos coincidentes espacialmente para diferentes bases de datos. Las mayores desviaciones observadas fueron del orden de ± 20 cm, por lo que se decidió no aplicar ningún tipo de procesamiento en origen. En una tercera etapa, se ensamblaron las batimetrías en un archivo consolidado. En un archivo adjunto²⁶ se detallan las características de cada base de datos, además del tratamiento recibido.

4.1.5 Referencias

CALTECH (2011). ASTER Global Digital Elevation Map Announcement. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer [en línea]. California, EEUU: Disponible en: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>.

Das, A., Agrawal, R. y Mohan, S., (2014). Topographic correction of ALOS-PALSAR images using InSAR-derived DEM Topographic correction of ALOS-PALSAR images using InSAR-derived DEM. Geocarto International [en línea], no. February, pp. 1–9. ISSN 1010-6049. DOI 10.1080/10106049.2014.883436. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2014.883436>.

ESRI (2018). ArcGIS for Desktop: ArcMap. ¿Cómo funciona un filtro? [en línea]. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-filter-works.htm>.

European Space Agency (2018a). Earth Observation Portal. ALOS (Advanced Land Observing Satellite) / Daichi [en línea]. [Consulta: 20 diciembre 2018]. Disponible en: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/alos#foot66%29>.

European Space Agency (2018b). Earth Observation Portal. Terra Mission (EOS/AM-1) [en línea]. [Consulta: 20 diciembre 2018]. Disponible en: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/terra>.

Gesch, D., Oimoen, M., Zhang, Z., Meyer, D., Danielson, J., Survey, U.S.G., Observation, E.R., Falls, S., Dakota, S., Falls, S., Dakota, S., Falls, S., Dakota, S., Cover, L. Y Aeronautics, U.S.N., (2012). Validation of the ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 over the Conterminous United States. . S.I.:

JAXA (2014). Satellites and Spacecraft. Advanced Land Observing Satellite "DAICHI" (ALOS) [en línea]. [Consulta: 20 diciembre 2018]. Disponible en: <http://global.jaxa.jp/projects/sat/alos/index.html>.

McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and urbanization*, 19(1), 17-37.

Rosenqvist, A., Shimada, M. 9 Watanabe, M. (2004). ALOS PALSAR: Technical outline and mission concepts. 4th International Symposium on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications [en

²⁶ CatastroTopoBatiChile.xlsx

línea]. Innsbruck, Austria: Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), pp. 1–7. Disponible en: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/kyoto/ref/ALOS_BioGeo-04.pdf.

Shimada, M., Isoguchi, O., Tadono, T. y Isono, K. (2010). PALSAR radiometric and geometric calibration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, pp. 3915–3932. DOI 10.1109/TGRS.2009.2023909.

SHOA (2008). Catálogo de cartas y publicaciones náuticas. SHOA Pub. 3000. Última actualización: 31 de julio de 2008.

Tachikawa, T., Kaku, M., Iwasaki, A., Gesch, D., Oimoen, M., Zhang, Z., Danielson, J., Krieger, T., Curtis, B., Haase, J., Abrams, M., Crippen, R. y Carabajal, C. (2011). ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of validation results. . S.I.:

Tadono, T., Shimada, M., Watanabe, M., Hashimoto, T. y Iwata, T. (2003). Calibration and validation of PRISM onboard ALOS. . S.I.:

Takaku, J., Futamura, N. y Iijima, T. (2004). High resolution DEM generation from ALOS PRISM data. 2004. S.I.: s.n. ISBN 0780387422.

4.2 BASES DE DATOS

4.2.1 Bases de datos solicitadas a los servicios

Entre los meses de diciembre de 2018 y marzo de 2019 se efectuaron requerimientos a las instituciones vinculadas al territorio costero. Los requerimientos se efectuaron vía oficios emanados de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente y mediante requerimientos vía Ley de Transparencia. La Tabla 19 presenta el listado de Instituciones y requerimientos solicitados en tanto que en el Anexo 5.1 se detalla el tipo de información recibida.

Tabla 19: Listado de Instituciones y requerimientos solicitados.

Institución	Requerimiento
Ministerio del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de humedales • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Áreas Protegidas • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Sitios Prioritarios • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Otras Categorías de Conservación • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Ecosistemas • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Especies Animales • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Especies Vegetales • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Recursos Hídricos • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Suelos • Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Bosque Nativo • Infraestructura Establecimientos Industriales • Equipamiento / Residuos • Monumentos Históricos • Zonas Típicas • Shapes SEA: Proyectos que tengan RCA
Dirección de Obras Portuarias	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura costera
Dirección de Vialidad	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura costera • Caletas Artesanales • Puentes
Ministerio de Bienes Nacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Rutas patrimoniales de Chile
Ministerio de Vivienda y Urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> • Área urbanas actualizadas
Subsecretaría para las Fuerzas Armadas	<ul style="list-style-type: none"> • Concesiones marítimas
SUBPESCA SERNAPESCA	<ul style="list-style-type: none"> • Número de pescadores artesanales inscritos por caleta, desagregado por sexo y actividad • Número de embarcaciones inscritas por caletas • Localización de la operación mensual flotas sardina, anchoveta, jurel y

Institución	Requerimiento
	<p>demersal entre 2009 y 2017</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de varamientos mensuales(especie, latitud y longitud) entre 2014 y 2017 • Series de tiempos mensuales de desembarque por caletas últimos 30 años • Series de tiempos mensuales de desembarque por puertos últimos 30 años • Localización de áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura(AAA) vigentes a lo largo del litoral, incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua • Localización de las concesiones de acuicultura vigentes a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua • Localización de áreas para acuicultura de pequeña escala (APE) a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua • Polígonos delimitación Áreas Marinas Protegidas vigentes • Polígono delimitación Área Marina Costera Protegida de Múltiple Uso (AMCP-UM) vigente • Localización de Áreas Marinas y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) más actualizada a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua • Pueblos Originarios ECMPO
ONEMI	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de riesgo
DIRECTEMAR	<ul style="list-style-type: none"> • Localización de las plantas de tratamiento de agua potable • Localización de tratamiento de aguas servidas aprobadas para descargue • Localización de tomas de agua de mar localizadas en el borde costero incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua • Localización de cables submarinos • Localización Concesiones Marinas vigentes
SHOA IGM	<ul style="list-style-type: none"> • Cotas a escala 1:50.000 ó 1:25.000 a nivel nacional • Curvas de nivel a escala 1:50.000 ó 1:25.000 a nivel nacional • Fotografías aéreas de vuelos bajos (escala 1:60.000) de la costa de la V región en especial proyecto de Borde Costero en formato jpg con resolución sobre 1200 dpi • Datos Cierre de Puertos y marejadas (fecha, localización, condición de cierre o restricción, altura, dirección período oleaje, intensidad, dirección del viento y observaciones. Período: enero 2008 – diciembre 2017 para todo el país, incluyendo Isla de Pascua, Juan Fernández
Servicio Sismológico Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Cotas de elevación de los instrumentos de medición ubicados en la costa
SISS	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura sanitaria nacional
INE	<ul style="list-style-type: none"> • Información CENSO 2017 desagregada por manzana censal
SERNATUR	<ul style="list-style-type: none"> • Micro-datos de encuesta nacional de viajes de los residentes en Chile • Micro-dato de la Encuesta Mensual de alojamientos turísticos • Estadísticas de Cruceros en Chile (posteriores al 2013) • Registro de actividad de embarcaciones menores dedicada al transporte y turismo

Institución	Requerimiento
Subsecretaría de Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa de uso de instalaciones portuarias • Cierre de puertos • Capacidad portuaria Nacional

4.2.2 Metodología para la elaboración de la Base de Datos de Exposición

Para la elaboración de la base de datos se exposición, se realizó una revisión y descarga de información oficial desde la página de IDE Chile²⁷. La información del Censo 2017 se descargó desde la página web oficial²⁸. La información faltante se solicitó de manera oficial a los servicios públicos a través del Ministerio del Medio Ambiente junto con una solicitud vía Ley de Transparencia (Tabla 19), con objeto de acelerar el proceso de obtención y procesamiento de información. Las bases de datos obtenidas se agruparon en las siguientes 6 categorías:

- **Población**
- **Infraestructura**
- **Equipamiento**
- **Economía**
- **Sistemas naturales**
- **Otros**

Cada base de datos se procesó de manera independiente según la metodología detallada en la Tabla 20, que consistió en cruzar los registros de cada base con el área expuesta bajo los 10 [msnm]. Una vez identificados los registros en el área expuesta, las bases fueron estandarizadas con objeto de que estas pudieran dialogar entre sí. Para ello, se ocupó el siguiente formato general:

- **Nombre:** corresponde al nombre del elemento que se está incorporando. En algunos casos, para facilitar el análisis, en este campo se consideró un identificador único para cada elemento.
- **Categoría:** corresponde al tipo de elemento que se está incorporando según las 6 categorías definidas con anterioridad.
- **Subcategoría:** corresponde a una subclasificación de las categorías definidas. Las subcategorías consideradas son:
 - Población:
 - Poblados costeros

²⁷ <http://www.ide.cl/>

²⁸ <http://www.censo2017.cl/>

- Límites urbanos
- Áreas urbanas
- Censo 2017.
- Infraestructura:
 - Transporte, redes viales y puentes.
 - Industria, instalaciones industriales.
 - Energía, termoeléctricas, subestaciones, almacén de combustibles, gaseoductos.
 - Agua, infraestructura sanitaria, emisarios, captación, plantas desaladoras, elevadoras.
 - Marítima: puertos, sitios, obras de protección, abrigo costeras, muelles, rampas, marinas, clubes de yates, faros, boyas, paseos costeros.
 - Instrumentos costeros: oceanográficos, mareógrafos, estaciones meteorológicas, estaciones DGA, acelerógrafos CSN.
- Equipamiento:
 - Bomberos.
 - Policía.
 - Salud.
 - Educación.
- Economía Local:
 - Turismo, que contempla Atractivos Turísticos, Monumento Histórico, Zonas Típicas, Inmuebles de conservación histórica, Zonas de conservación histórica, Zonas de interés turístico, Bienes Nacionales Protegidos y Rutas Patrimoniales.
 - Pesca y Acuicultura, AMERB, Áreas Apropriadas para la Acuicultura, Caletas Pesca Artesanal, Concesiones Acuicultura y Pueblos Originarios ECMPO.
- Sistemas Naturales
 - Playas.
 - Dunas.
 - Humedales costeros.
 - Áreas Protegida, pertenecientes al SNASPE, sitios Ramsar, áreas protegidas privadas, áreas de acceso protegido, áreas marinas protegidas, bienes nacionales protegidos, monumentos naturales, sitios estrategias regionales de conservación, sitios prioritarios.
 - Biodiversidad, Listado de especies, catastro bosque nativo, registro varamientos especímenes.

- Suelos, Formaciones vegetacionales Gajardo, pisos vegetacionales de Piscoff, desertificación, erodabilidad, erosividad
 - Otros:
 - Hitos geográficos, Límites comunales costeros, hitos geográficos relevantes
 - Riesgos naturales, catastro remoción en masa, cartas inundación tsunami, peligros volcánicos.
- **Geometría:** clasificación para definir la característica geométrica de la entidad, se consideran los tipos:
 - **Punto:** la entidad no tiene una extensión considerable y sólo interesa localizarla geográficamente, como es el caso de muelles, industrias, colegios, etc.
 - **Línea:** la entidad tiene una longitud que es importante considerar, como es el caso de la red vial.
 - **Área:** la entidad tiene una superficie que es importante, como es el caso de los límites de un área urbana. Un área protegida, etc.
- **Datos y Unidades:** Parámetros que definen la entidad. Se consideran:
 - **Área:** área en [km²] del polígono que ocupa el dato que se está incorporando. Este campo sólo se incorporó en aquellas bases de datos que provienen de información poligonal.
 - **Longitud:** longitud del elemento en [km] que ocupa el dato que se está incorporando. Este campo sólo se utilizó en entidades lineales, como la red vial o rutas patrimoniales.
 - **Radio:** radio en [km] del polígono que ocupa el dato que se está incorporando. Este campo sólo se incorporó en aquellas bases de datos que provienen de información poligonal.
- **Observación:** Campo para almacenar aclaraciones sobre un registro en particular.
- **Verificación:** corresponde a un campo binario que indica si el equipo consultor tiene algún tipo de verificación del elemento que se está incorporando [1] o no [0], ya sean fotografías, datos de campo, información bibliográfica, etc.
- **Fuente:** corresponde a la fuente de información que originó el dato que se está incorporando.
- **Latitud y longitud:** corresponde a las coordenadas geográficas del dato que se está incorporando, en datum WGS 84. En el caso de que se trate de una entidad lineal o poligonal, se utilizó el centroide del elemento para incorporarlo al catastro. Las

coordenadas geográficas se trabajaron con un máximo de 6 decimales, con objeto de garantizar una precisión de 1 [m].

- **Comuna**
- **Región**

Para completar la información, se utilizaron las referencias incluidas en la Tabla 21. Ello facilitó la localización de puertos, clubes de yates, cables submarinos y diversas estructuras costeras, entre otros. Estas entidades fueron estructuradas de la misma forma e incorporadas en la base de datos de exposición costera.

Como medidas de control de calidad, se utilizaron catastros levantados previamente para el caso de:

- Playas de las 15 comunas continentales de la región de Valparaíso y de Isla de Pascua (Rangel et al., 2018)
- Humedales de las regiones de Valparaíso y Coquimbo (Contreras et al., 2017)
- Equipamiento municipal para las comunas Valparaíso, Viña del Mar y Concón (Contreras-López et al., 2018).

Por último, durante las campañas de terreno realizadas durante octubre 2018 a marzo 2019, se identificaron y georreferenciaron estructuras de control (colegios, puentes, postas, atractivos turísticos, caletas de pescadores, obras costeras) en cerca de 40 comunas costeras.

Tabla 20. Metodología utilizada en el procesamiento de la información que conforma el catastro de exposición.

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
Población	Censo 2017	INE [2018]	<p>Manzanas censales en formato polígono vectorial, separadas por región y georreferenciadas en sistema de coordenadas SIRGAS 2000.</p> <p>Corresponde a los datos de población y vivienda consolidados por el INE a partir del Censo del año 2017.</p>	<p>En primera instancia, se descargaron las bases de datos del Censo desde la página web del INE [http://www.censo2017.cl/] y se agruparon los datos regionales correspondientes a las manzanas censales en una sola base de datos a nivel nacional. Este proceso se realizó tanto con los datos preliminares (Agosto 2017) [Informe N°1] como con los finales entregados por el INE (Diciembre 2018) [Informe N°2], donde las principales diferencias radican en la inclusión de las manzanas rurales e indeterminadas [a partir del Informe N°2 de este estudio] y en la implementación de la nueva DPA que incorpora la Región del Ñuble. Una vez unificadas las manzanas censales, se re proyectaron al sistema de coordenadas geográfica con objeto de unificar todas las bases de datos.</p> <p>La base de datos resultante agrupa las manzanas urbanas, rurales y aquellas que no poseen información. Esta base de datos nacional se cruzó con el área expuesta y se seleccionaron aquellas manzanas que se interceptan con esta área, ya sea en una parte como en su totalidad. Cabe destacar que, con objeto de mantener el secreto estadístico, aquellas manzanas que poseen menos de 3 habitantes se encuentran unidas a otras que tienen mayor cantidad de población (conformando las manzanas indeterminadas), por lo que en algunos casos al realizar el cruce de información entre las manzanas censales y el área expuesta se seleccionaron manzanas que se encuentran fuera del área expuesta. En estos casos, se separaron las manzanas que se encontraban como archivo multiparte y se eliminaron aquellas que se encontraban duplicadas.</p> <p>Finalmente, para cada manzana censal seleccionada se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área total de la manzana [km²] y el radio [km]. De esta manera, se obtuvo una extensa base de datos que contempla los siguientes campos de información:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Campos de Identificación: Categoría, Región, Provincia, Comuna, Distrito Censal, Área, Localidad, Entidad, ID Manzana. - Campos de Población: N° de personas, N° de hombres, N° de mujeres, Rangos etarios [0-5, 6-14, 15-64, 65 o más años], N° de inmigrantes, N° de personas que se identifica con algún pueblo originario. - Campos de vivienda: Viviendas particulares, viviendas colectivas, viviendas particulares ocupadas con moradores presentes, total de viviendas, cantidad de hogares. - Tipos de vivienda: casa, departamento en edificio, vivienda tradicional indígena, pieza en casa antigua o conventillo, mediagua, móvil u otro tipo de vivienda particular. - Materialidad de la vivienda: hormigón armado, albañilería, tabiquería,

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
				<p>adobe, materiales precarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Materialidad del techo de la vivienda: tejas, losa de hormigón, plantas metálicas de zinc, fonolita o plancha de fieltro embreado, paja, coirón o caña, materiales precarios, techo sin cubierta. - Materialidad del piso de la vivienda: parquet, piso flotante, cerámico, madera, alfombra, flexit, cubrepiso u otro; sobre radier o vigas de madera, radier sin revestimiento, baldosa de cemento, capa de cemento sobre tierra, tierra. - Estado de la materialidad: aceptable, recuperable o irrecuperable. - Acceso a agua potable: red pública, pozo o noria, camión aljibe, río, vertiente, estero, canal, lago, etc. - Georeferenciación: latitud, longitud (centroide de la manzana censal), área [km2] y radio [km].
	Áreas Urbanas	MINVU [2017]	<p>Polígonos vectoriales separados por área urbana. Sin proyección.</p> <p>Corresponde a las áreas urbanas consolidadas en la actualidad, medidas a través de fotografía aérea o imágenes satelitales.</p>	<p>En primera instancia, se proyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, con objeto de sistematizar todas las bases de datos al mismo sistema de coordenadas y se estandarizó la base de datos al formato general establecido. Una vez reproyectadas las capas de información, se recortó el área que se encontraba al interior del área expuesta como una capa adicional. Las áreas obtenidas fueron agrupadas según región y comuna, y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área [km2] y el radio [km].</p>
	Límites Urbanos PRC	MINVU [2018]	<p>Polígonos vectoriales separados por área urbana. Sin proyección.</p> <p>Corresponde a los límites urbanos establecidos en los instrumentos de Planificación Territorial.</p>	<p>Cabe destacar que las áreas urbanas consolidadas no necesariamente coinciden con los límites urbanos de los instrumentos de planificación, debido al crecimiento informal de los centros urbanos y a lo desactualizado de algunos instrumentos.</p>
Infraestructura	Puentes	DOP [2018]	<p>Puntos vectoriales.</p> <p>Corresponde a todos los puentes registrados en la infraestructura de red vial.</p>	<p>En primer lugar, se reproyectó la base de datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84 y se estandarizó la base de datos según el formato general establecido. Luego se cruzó la base de datos con el área expuesta y se extrajeron los puentes que se encuentran en su interior. Con objeto de complementar la base de datos, se recorrió la costa de Chile utilizando ArcGis y Google Earth a escala 1:5.000, y mediante identificación visual se agregaron puentes que no se encontraban en la base de datos original, como puentes urbanos o pasos sobre nivel, específicamente en las comunas de La Serena, Coquimbo, Viña del Mar, Valparaíso, San Antonio, Penco, Talcahuano, Concepción, San Pedro de La Paz, Arauco y Valdivia. Cabe destacar que, para el análisis, los puentes se consideraron como puntos, por lo que no se incluyó la longitud del puente dentro del análisis.</p>

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
	Red Vial Nacional	INE [2017] MOP [2015]	<p>Líneas vectoriales georeferenciadas en el sistema de coordenadas SIRGAS 2000.</p> <p>Corresponde a líneas vectoriales que representan la red vial nacional, urbana y rural, que comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Red vial principal y secundaria. - Avenidas. - Pasos bajo y sobre nivel. - Calles. - Caminos. - Carreteras. - Huellas. - Pasajes. - Caminos peatonales. - Caminos privados. - Senderos. 	<p>Se compararon las bases de datos del INE y MOP con objeto de identificar aquella que posee un registro más actualizado de las vías. La base de datos del MOP sólo presenta las vías troncales y colectoras principales, sin incorporar el trazado urbano de las ciudades. Por el contrario, la base de datos del INE presenta la totalidad de la red vial, incluyendo caminos principales y secundarios, calles, caminos, huellas, etc. De esta manera, se determinó que, para efectos de este estudio, se utilizará la base de datos del INE para realizar los análisis.</p> <p>En primer lugar, se unificó la base de datos en una sola capa de información, puesto que los archivos originales se encuentran separados por región. La base de datos unificada se re proyectó al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84, y se sistematizó la base de datos según el formato general establecido. Luego, se cruzó la base de datos obtenida con el área expuesta y se extrajeron los tramos que se encuentran en su interior. Para cada tramo se calculó el punto [latitud, longitud] inicial y final, junto con la longitud del tramo en km. Cabe destacar que la base de datos del INE no posee un identificador único para cada tramo de la red vial nacional [a diferencia de la base de datos del MOP, el INE no incorpora el ROL de la vía], por lo que actualmente se encuentra en discusión la creación de un ID único que permita separar las vías en el análisis. Debido a que la red vial se fragmenta con el cruce del área expuesta, cada tramo es considerado como un elemento independiente, sumando 81.616 elementos, lo que explica el crecimiento exponencial que ha tenido el inventario de exposición.</p>
	<p>Establecimientos Industriales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - E.I. Químicos. - E.I. RETC. - Hidrocarburos. - Termoeléctricas. <p>-Subestaciones SIC-SING.</p>	MMA [2019] MINENERGIA [2018-2019]	<p>Puntos vectoriales.</p> <p>Corresponde al registro llevado por el MMA y el Ministerio de Energía respecto a los establecimientos de carácter industrial que se encuentran a lo largo del país, el cual considera infraestructura relacionada con la energía, acopio de sustancias peligrosas, entre otros. Cabe destacar que este registro, especialmente en los equipamientos industriales químicos, presenta un gran vacío en Chile central, evidenciándose en la ausencia de infraestructura en áreas industriales como</p>	<p>En primer lugar, se re proyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84 y se estandarizó la base de datos según el formato general establecido. Luego se cruzaron las bases de datos con el área expuesta y se extrajeron los puntos que se encuentran en su interior. Para el análisis, la información se integró en formato de punto vectorial, por lo que no considera el área de la infraestructura que se está incorporando.</p>

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
			Quintero.	
	Tratamiento de Residuos Industriales	MMA [2019]	Puntos vectoriales. Corresponde a todos los lugares registrados por el SEIA del MMA donde se procesan o depositan residuos industriales.	En primera instancia se re proyectaron los datos al sistema de coordenadas geográfica, datum WGS 84, y se estandarizó la base de datos según el formato general establecido. Luego, los puntos obtenidos se cruzaron con el área expuesta y se seleccionaron aquellos que se encontraban en su interior. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
	Infraestructura Sanitaria SISS: - Emisario Submarino. - Planta elevadora AP y AS. - Planta de tratamiento AP y AS. - Puntos de captación.	SISS [2019]	Puntos vectoriales y planilla Excel con coordenadas [x,y] en formato grado decimal. Corresponde a la base de datos del SISS respecto a la infraestructura sanitaria del país. Cabe destacar que, respecto a los emisarios submarinos, esta base sólo contempla aquellos emisarios epicontinentales. Los puntos de captación y emisarios marinos fueron solicitados a la Directemar, sin embargo, no fueron entregados.	En primer lugar, se espacializaron las bases de datos entregadas por la SISS, puesto que los datos se encontraban en archivo Excel. Los puntos a nivel nacional se espacializaron utilizando el sistema de coordenadas UTM, datum WGS84, Huso 18 o 19 según corresponda y se corrigieron aquellas ubicaciones que se encontraban erróneas [problemas de tipeo, coordenadas X e Y invertidas, puntos que se encontraban fuera de los límites político administrativos, entre otros.], para posteriormente ser re proyectados al sistema de coordenadas geográfica. Los datos obtenidos se estandarizaron según el formato general establecido y los puntos resultantes se cruzaron con el área expuesta, seleccionando sólo aquellos que se encontraban en su interior. Para su procesamiento, se consideró esta base de datos como punto vectorial.
	Infraestructura Costera: - Astilleros. - Borde Costero. - Terminales Marítimos. - Puertos.	DOP [2017] ULTRAMAR [2018] Derrotero de la Costa de Chile [2014].	Puntos vectoriales y referencias web. Corresponde a la infraestructura costera vinculada a la navegación y/o protección costera.	En primera instancia se revisó la base de datos de la DOP y se separaron los datos a partir del tipo de infraestructura. Los datos obtenidos se completaron mediante búsqueda en otras bases de datos, registros propios de los investigadores, el derrotero de la costa de Chile (SHOA) e interpretación visual en Google Earth. Esta base de datos, más robusta, se estandarizó según el formato general establecido y fue re proyectada al sistema de coordenadas geográfica. Cabe destacar que, por encontrarse directamente vinculada al borde costero, esta base de datos no se cruzó con el área expuesta puesto que, dadas sus características, se asume que todos los elementos se encuentran expuestos. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
	Instrumentos de medición costeros: - Acelerógrafos. - Multiparamétricos. - Estaciones	CSN [2018] DGA [2018] Servicio Meteorológico de la Armada	Archivo Excel con el listado de instrumentos y coordenadas [x,y] en grados decimales. Puntos vectoriales con la localización de las estaciones	1. BDD DGA: En primera instancia se re proyectaron las bases de datos de la DGA al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84, y se estandarizo la información según el formato general establecido. Luego, las capas de información obtenidas se cruzaron con el área expuesta y se seleccionaron aquellos puntos que se encontraban en su interior.

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
	meteorológicas. - Mareógrafos. - Estaciones de calidad de agua. - Nodos de vigilancia de aguas.	[2018] Directemar [2018]	DGA. Corresponde a todos los instrumentos de medición existentes en la zona costera, tanto atmosférico, oceanográficos, como sísmicos.	<p>2. BDD CSN: Primero se georeferenciaron los puntos de localización de acelerógrafos y multiparamétricos entregados por el CSN [en formato Excel] utilizando el sistema de coordenadas geográfico, datum WGS 84. Luego se estandarizo la información al formato general establecido y se cruzó con el área expuesta, con objeto de extraer aquellos puntos instrumentales que se encuentran en su interior.</p> <p>3. Estaciones Meteorológicas: Primero se georeferenciaron los puntos de localización de las estaciones meteorológicas utilizando el sistema de coordenadas geográfico, datum WGS 84. Luego se estandarizo la información al formato general establecido y se cruzó con el área expuesta, con objeto de extraer aquellos puntos instrumentales que se encuentran en su interior.</p> <p>4. Mareógrafos: se georeferenciaron los puntos de localización de los mareógrafos y estaciones de medición del nivel del mar, se estandarizaron en el formato general establecido y se incorporaron al inventario. Cabe destacar que, por su naturaleza, esta base de datos no se cruzó con el área expuesta.</p>
Equipamiento	Bomberos: - Compañías de bomberos. - Cuerpos de bomberos.	Junta Nacional de Cuerpos de Bomberos de Chile [2017]	Puntos vectoriales descargados desde IDE Chile.	La base de datos de Equipamiento, en general, consiste de las edificaciones asociadas a servicios públicos comunales básicos, tales como bomberos, carabineros y servicios de salud. En primera instancia, se descargaron las bases de datos desde la página web de IDE Chile [http://www.ide.cl/] y se re proyectaron al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Luego se estandarizaron las bases de datos según el formato general establecido y los puntos resultantes se cruzaron con el área expuesta, con objeto de extraer sólo aquellos puntos que se encuentran en su interior. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
	Cuarteles de carabineros	Carabineros de Chile [2018]	Puntos vectoriales descargados desde IDE Chile.	
	Servicios de Salud: - S.S. PRAIS. - S.S. públicos primarios [consultorios]. - S.S. públicos primarios [postas rurales]. - S.S. secundarios. - S.S. terciarios [hospitales].	MINSAL [2018]	Puntos vectoriales descargados desde IDE Chile.	
	Establecimientos Educativos: - Establecimientos educacionales. - Jardines Infantiles JUNJI. - Jardines Infantiles	MINEDUC [2018]	Puntos vectoriales descargados desde IDE Chile y planilla excel descargada desde la página de MINEDUC con coordenadas [x,y] de los establecimientos educacionales año 2018.	
				En primera instancia se descargaron las bases de datos de Jardines Infantiles desde la página de IDE Chile [http://www.ide.cl/] y se descargó el Directorio de Establecimientos Educativos año 2018 desde la página de datos del MINEDUC [http://datos.mineduc.cl/dashboards/19731/bases-de-datos-directorio-de-establecimientos-educacionales/]. Este inventario incorpora tanto establecimientos municipales, subvencionados, como privados. La base

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
	INTEGRA.			de datos de Establecimientos Educacionales se georeferenció a partir de las coordenadas de Latitud y Longitud que posee la base de datos original y se corrigieron algunas ubicaciones que presentaban errores. En el caso de aquellos establecimientos que no tienen coordenadas, se buscó su localización a partir de la descripción que presenta la base original y aquellos que no pudieron ser georeferenciados fueron descartados (3418 elementos sin georeferenciación). Posteriormente, las bases de datos fueron reproyectadas al sistema de coordenadas geográfica, datum WGS 84, y se estandarizaron según el formato general establecido. Los puntos resultantes se cruzaron con el área expuesta y se seleccionaron aquellos que se encontraban en su interior. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
Economía	Atractivos Turísticos	SERNATUR [2018]	Puntos vectoriales descargados desde IDE Chile.	En primera instancia, se descargaron las bases de datos desde la página web de IDE Chile [http://www.ide.cl/] y se reproyectaron al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Luego se estandarizaron las bases de datos según el formato general establecido y los puntos resultantes se cruzaron con el área expuesta, con objeto de extraer sólo aquellos puntos que se encuentran en su interior. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
	Monumentos Históricos	CMN [2014]	Archivo vectorial de puntos.	
	Inmuebles de Conservación Histórica [ICH]	MINVU [2016]	Archivo vectorial de puntos.	
	Bienes Nacionales Protegidos	MMA [2018]	Archivo vectorial de puntos.	
	Zonas Típicas	CMN [2014]	Polígonos vectoriales.	En primera instancia, se reproyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, con objeto de sistematizar todas las bases de datos al mismo sistema de coordenadas y se estandarizó la base de datos al formato general establecido. Una vez reproyectadas las capas de información, se recortó el área que se encontraba al interior del área expuesta como una capa adicional. Las áreas obtenidas fueron agrupadas según región y comuna, y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área [km ²] y el radio [km].
	Zonas de Conservación Histórica [ZCH]	MINVU [2016]	Polígonos vectoriales.	
	Zonas de Interés Turístico [ZOIT]	SUBTURISMO [2018]	Polígonos vectoriales.	
	Rutas Patrimoniales	MBN [2013]	Archivo vectorial de líneas separado por ruta.	En primera instancia, se reproyectó la base de datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Luego se cruzaron las rutas patrimoniales con el área expuesta y se extrajeron los tramos que se encuentran en su interior. Los tramos resultantes se estandarizaron según el formato general establecido y se calcularon las coordenadas [latitud, longitud] de los puntos de inicio y final para cada tramo, junto con la longitud total [km] de éste. Cabe destacar que, en aquellas rutas que durante su trazado incorporaron vías oficiales, se puede estar duplicando un dato

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
				correspondiente a la red vial.
	Caletas Pesqueras Artesanales	SERNAPESCA [2017] Google Earth [2018]	Archivo vectorial de puntos.	<p>En primera instancia se tomó la base de datos de "Caletas Pesqueras declaradas año 2017" y se re proyectaron en el sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Se estandarizó la base según el formato general establecido. Luego se completaron los registros a partir de las siguientes bases de datos entregadas por SERNAPESCA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N° de pescadores artesanales inscritos por caleta y desagregados por sexo y actividad. - N° de embarcaciones inscritas por caleta. <p>Posteriormente se recorrió la costa de Chile en Google Earth a escala 1:5.000 con objeto de incluir aquellas caletas de pescadores que no se encontraban en la base de datos y que se encontraban en el derrotero de la costa de Chile. Una vez completada la base, se elaboró un identificador único con objeto de individualizar cada caleta en el posterior análisis y, a partir de la información de las bases de datos señaladas con anterioridad, se generaron los siguientes campos de información utilizando, además, interpretación visual de imágenes aéreas en Google Earth: Tipo de caleta [urbano/rural]; presencia de obras de abrigo, muelle o rampa; facilidades en tierra; abrigo natural; n° de pescadores; n° de embarcaciones; n° recolectores [hombres, mujeres, total y %]; n° armadores [hombres, mujeres, total y %]; n° buzos [hombres, mujeres, total y %]; n° pescadores [hombres, mujeres, total y %]; n° de hombres por caleta; n° de mujeres por caleta.</p> <p>Cabe destacar que esta base de datos no se cruzó con el área expuesta puesto que, dada la ubicación de las caletas, se asume que todas se encuentran expuestas al aumento del nivel del mar. Sólo se eliminaron dos caletas, dado que se encuentran en lagos interiores del territorio continental: caleta de pescadores Isla Huapi y Chaiguaco. Estas entidades fueron consideradas como puntos.</p>
	Áreas Apropriadas para la Acuicultura [AAA]	SUBPESCA [2019]	Líneas vectoriales.	<p>En primera instancia, se re proyectó la base de datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Se asume que esta base de datos, por su ubicación, se encuentra totalmente expuesta al aumento del nivel del mar, por lo que se incorporaron todos sus elementos sin cruzar con el área expuesta. La base de datos se sistematizó según el formato general establecido y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud] y longitud total [km], teniendo la salvedad que en el caso de esta base de datos sólo se entregó una de las caras</p>

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
				que componen el AAA, por no que no fue posible calcular área ni radio de los polígonos.
	AMERB's	SUBPESCA [2019]	Polígonos vectoriales.	En primera instancia, se re proyectaron estas bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Para estas bases de datos se asumió que, dada su localización, se encuentran completamente expuestas al aumento del nivel del mar, por lo que se consideró la totalidad de sus elementos sin cruzarlas con el área expuesta. Posteriormente se sistematizó la base de datos según el formato general establecido y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], área [km2] y radio [km] de cada polígono.
	Concesiones de Acuicultura	SUBPESCA [2019]	Polígonos vectoriales.	
	Pueblos Originarios ECMPO	SUBPESCA [2019]	Polígonos vectoriales.	
Biodiversidad	Dunas	CORFO [1966] IGM [2004] Castro [2015] Google Earth [2019]	Registros bibliográficos.	<p>En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica y se georeferenciaron las dunas catastradas en los siguientes estudios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CORFO [1966]. Inventario de dunas en Chile (29°48' - 41°50' Lat. Sur). Instituto de Investigación de Recursos Naturales CORFO, Publicación N°4. Santiago de Chile. - IGM [2004]. Las dunas de las costas de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago de Chile. - Castro [2015]. Geografía de las dunas costeras de Chile: Instrumentos y pautas para su manejo integrado. Ediciones UC, Santiago de Chile. <p>Con posterioridad, se recorrió la costa de Chile en Google Earth a escala 1:5.000 con objeto de complementar el catastro realizado con anterioridad. La base de datos resultante se sistematizó según el formato general establecido y se re proyectó al sistema de coordenadas geográfica, datum WGS 84. Estas entidades fueron consideradas como puntos.</p>
	Playas	Derrotero de la costa de Chile [2014]. Google Earth [2019]	Puntos vectoriales.	En primera instancia se georeferenciaron las playas que se encuentran en el derrotero de la costa de Chile y, con posterioridad, se recorrió la costa de Chile en Google Earth, escala 1:5.000, georeferenciando aquellas playas que no habían sido incorporadas. Luego se sistematizó la base de datos según el formato general establecido y se incorporó al inventario general de exposición. Cabe destacar que, por su naturaleza, esta base de datos no se cruzó con el área expuesta puesto que se encuentra expuesta en su totalidad.

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
	Humedales	MMA [2015] Google Earth [2019]	Polígonos vectoriales.	En primera instancia, se cruzó el Inventario Nacional de Humedales del año 2015 con el área expuesta y se recortaron aquellas áreas que se encuentran en su interior. Cabe destacar que el inventario considera todos los cuerpos de agua como humedales, por lo que la base de datos resultante debió filtrarse eliminando registros de piscinas, lagos, lagunas, tranques, entre otros. Luego se calculó el centroide de los polígonos resultantes [latitud, longitud] y se verificó de forma manual su ubicación en Google Earth. Además, en el mismo Google Earth se recorrió la costa de Chile a escala 1:5.000 [o menos] con objeto de complementar el catastro de humedales. La base de datos resultante se sistematizó según el formato general establecido. Estas entidades fueron consideradas como puntos.
	Patrimonio Ambiental: - Áreas Protegidas - Áreas Marinas Protegidas. - Monumentos Naturales. - Parque Marino. - Parque Nacional. - Reserva Marina. - Reserva Nacional. - Santuarios de la Naturaleza. - Otras categorías de conservación: Bienes nacionales protegidos, Reservas de la biósfera, Sitios RAMSAR y Áreas Protegidas Privadas.	SINIA Territorial: MMA [2018]	Polígonos vectoriales. Corresponde a la base de datos del SNASPE junto con otras categorías de conservación, como sitios Ramsar y áreas de protección privada.	En primera instancia, se re proyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, con objeto de sistematizar todas las bases de datos al mismo sistema de coordenadas y se estandarizó la base de datos al formato general establecido. Una vez re proyectadas las capas de información, se recortó el área que se encontraba al interior del área expuesta como una capa adicional. Las áreas obtenidas fueron agrupadas según región y comuna, y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área [km ²] y el radio [km]. En el caso de las Áreas Marinas Protegidas, Parque Marino y Reserva Marina, estas bases de datos no se cruzaron con el área expuesta puesto que, dada su localización, se asume que la totalidad de estos elementos se encuentran expuestos al aumento del nivel del mar.
	Desertificación	SINIA Territorial: MMA [2018]	Polígonos vectoriales. Corresponden a bases de datos referenciales que no han sido consolidadas entre sí, por lo que se consideran como elementos independientes que representan una característica del área incorporada en el inventario.	
	Erosividad	SINIA Territorial: MMA [2018]		
	Erodabilidad	SINIA Territorial: MMA [2018]		
	Formaciones Vegetacionales de	SINIA Territorial: MMA [2018]	Polígonos vectoriales. Corresponde a bases de datos	

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
	Gajardo		referenciales. No se cruzaron con el catastro de bosque nativo.	
	Pisos Vegetacionales de Pliscoff	SINIA Territorial: MMA [2018]		
	Listado de especies.	SINIA Territorial: MMA [2018]	Puntos vectoriales.	<p>En primera instancia se re proyectaron los datos al sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84. Luego se estandarizó la base de datos según el formato general establecido y los puntos resultantes se cruzaron con el área expuesta, con objeto de extraer sólo aquellos puntos que se encuentran en su interior. De esta manera, se obtuvieron los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arbusto: 21. - Cactus: 9. - Helechos: 44. - Hierbas: 4. - Insectos: 4. - Mamíferos: 2. - Árboles: 9.
	Sitios Prioritarios: - Sitios ERB. - Sitios Ley 19.300	SINIA Territorial: MMA [2018]	Polígonos vectoriales.	<p>En primera instancia, se re proyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, con objeto de sistematizar todas las bases de datos al mismo sistema de coordenadas y se estandarizó la base de datos al formato general establecido. Una vez re proyectadas las capas de información, se recortó el área que se encontraba al interior del área expuesta como una capa adicional. Las áreas obtenidas fueron agrupadas según región y comuna, y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área [km²] y el radio [km].</p>
	Catastro de Bosque Nativo	MMA [2018]	Polígonos vectoriales.	
	Varamientos	SERNAPESCA [2018]	Puntos vectoriales.	<p>Utilizando los registros de varamientos ocurridos entre 2009 y 2018 entregados por SERNAPESCA, se elaboró una base de datos georeferenciada en sistema de coordenadas geográficas, datum WGS 84, para aquellos registros que poseen coordenadas o algún tipo de referencia. Para aquellos registros que sólo indicaban la localidad donde ocurrió el varamiento, éste se localizó en la playa principal de la localidad [o aquella más cercana], con objeto de incorporarla al catastro. La base de datos resultante se sistematizó según el formato general establecido y para el análisis se incorporaron la totalidad de los elementos que la componen, puesto que dada su localización no es necesario cruzar esta información con el área expuesta. Esta base de datos se elabora con el número de individuos varados y no se analizan especies. Estas entidades fueron consideradas como puntos.</p>

Categoría	Base de datos	Fuente [Año]	Insumo inicial	Metodología de procesamiento
Otros	Áreas de riesgo: - Remoción en masa. - Peligros Volcánicos. - Inundaciones.	ONEMI [2019] SHOA [2018]	Polígonos vectoriales.	En primera instancia, se re proyectaron las bases de datos al sistema de coordenadas geográficas, con objeto de sistematizar todas las bases de datos al mismo sistema de coordenadas y se estandarizó la base de datos al formato general establecido. Una vez re proyectadas las capas de información, se recortó el área que se encontraba al interior del área expuesta como una capa adicional. Las áreas obtenidas fueron agrupadas según región y comuna, y se calcularon las coordenadas del centroide [latitud, longitud], el área [km2] y el radio [km].

Tabla 21: Fuentes de información para estructuras costeras.

Ítem	Organismo Responsable	Dirección URL
Puertos	Cámara Marítima y Portuaria de Chile A.G	http://www.camport.cl/sitio/mapa-portuario-2/
	Dirección de Obras Portuarias	http://www.dop.cl/
	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante	https://www.directemar.cl
	Ultramar Agencia Marítima	http://www.ultramar.cl/
Clubes de yates	Club de yates Valdivia	http://www.cyv.cl/
	Club Náutico Reloncaví	http://www.nauticoreloncavi.com/pags/cont_pre.html
	Club Naval de Deportes Náuticos	http://www.clubdeportesnauticos.cl/
	Marina del Sur Puerto Montt	http://www.marinadelsur.cl/
	Marina Oxxean	http://www.marinaoxxean.cl/
Caletas de pesca artesanal	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/caletas-pesqueras-de-chile
Cables submarinos	Submarine Cable Maps	https://www.submarinecablemap.com/
Energía	Comisión Nacional de Energía	http://energiamaps.cne.cl/
	Coordinador Eléctrico Nacional	https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/centrales
Sistemas de sedición	Centros de Estudios Avanzados en Zonas Áridas	http://www.ceazamet.cl/
	Dirección Meteorológica de Chile	http://www.meteochile.cl
	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	http://www.shoa.cl

La base de datos final consta de 174.746 registros, cuya descomposición por categorías para cada uno de los 98 tipos de entidades se muestra en la Tabla 22. Este catastro es suficientemente completo y detallado para los propósitos de este estudio. Sin embargo, en el futuro podría ser complementado con antecedentes adicionales, según lo identificados en los 3 talleres realizados:

- En **Infraestructura**, incorporando la localización de relaves mineros costeros, la red ferroviaria, puentes urbanos y peatonales, red de comunicaciones, pequeñas industrias, comercio, entre otros. En las estructuras marítimas se podría agregar el sistema de señalización para el tráfico marítimo.
- En **equipamiento**, educación superior, dependencias municipales, servicios públicos.
- En **biodiversidad**, el Atlas de Aves nidificantes y otras fuentes de información para la distribución de diferentes especies.

La Figura 27 muestra la distribución espacial de los registros catastrados. No todos estos registros fueron incorporados finalmente en el estudio de exposición y vulnerabilidad. Ejemplos de entidades son los hitos geográficos como los límites administrativos comunales, la instrumentación costera, los registros asociados a riesgos naturales no fueron incorporados (Tabla 22).

De esta forma, el estudio de índices de exposición incorpora finalmente 18.376 entradas, repartidas en 76 tipos de entidades diferentes.

Figura 27: Distribución espacial de los registros de la base de datos de entidades bajo los 10 [msnm] en Chile. a) todos los registros. b) Los considerados en el índice de exposición.

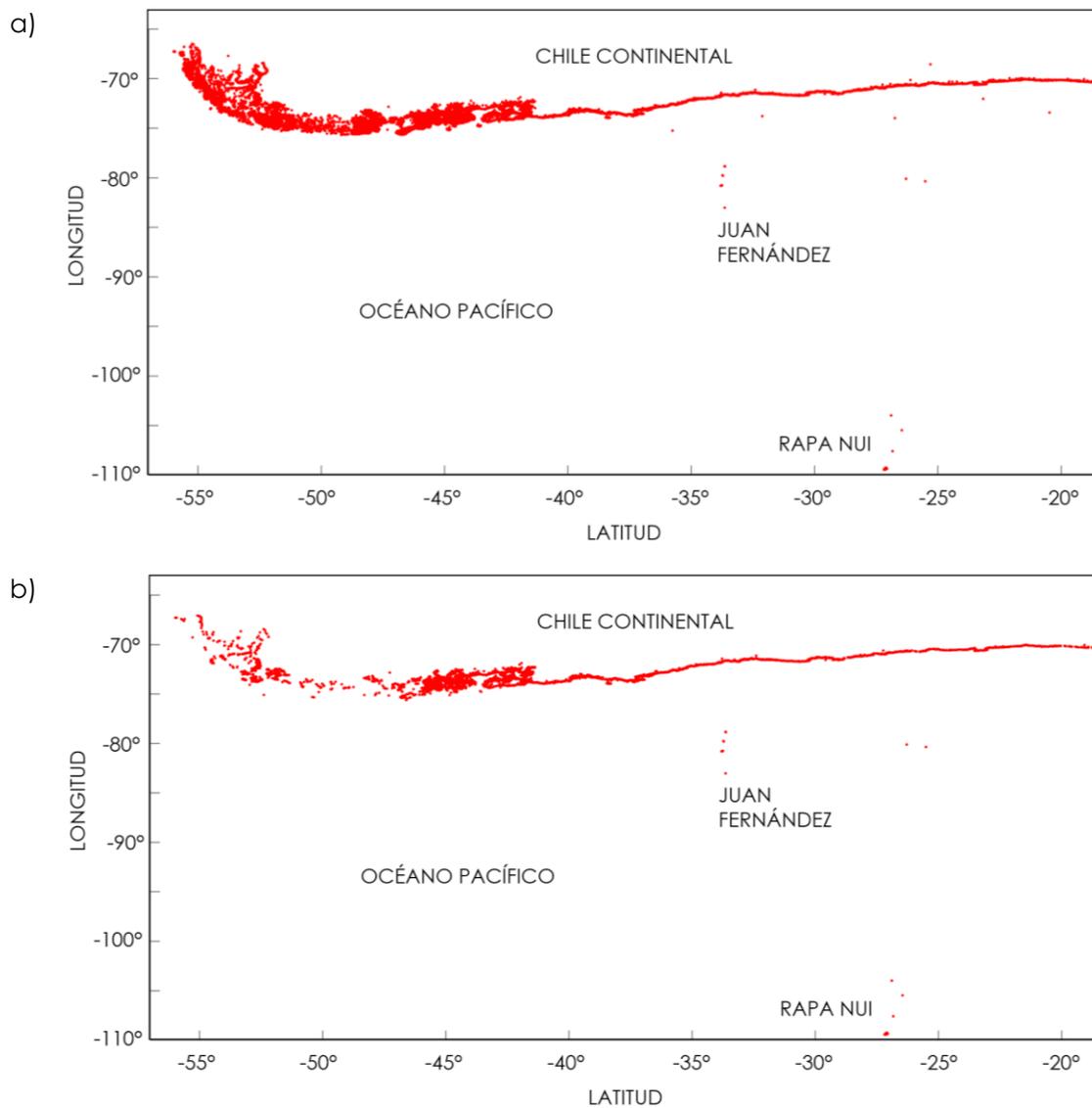


Tabla 22: Total de entidades catastradas en este estudio.

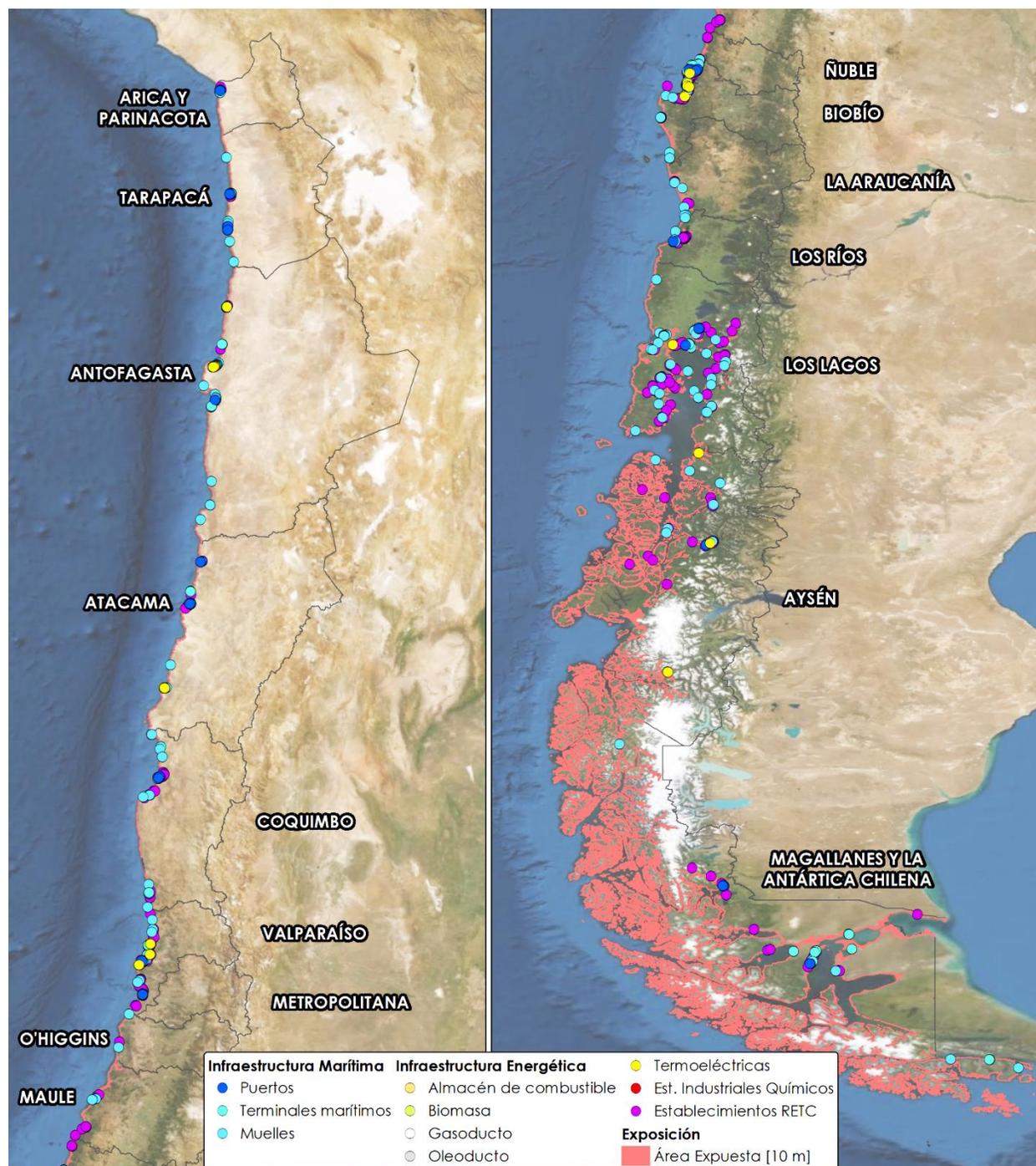
Categoría	Subcategoría	Entidades	Cantidad	Atributo Geométrico	Índice Exposición	Número de Entidades
Población	Poblados	Poblados costeros	477	Punto	Si	1
	Límites Urbanos	Límites urbanos	118	Área	Si	1
	Áreas Urbanas	Áreas urbanas consolidadas	26	Área	Si	1
	Censo 2017	Manzanas Censales Urbanas y Rurales	11234	Punto	No	2
Infraestructura	Transporte	Puentes	470	Punto	Si	1
		Red vial	81616	Línea	No	1
	Industria	Establecimientos Industriales Químicos	35	Punto	Si	1
		Establecimientos Registro Emisiones y Transferencia de Contaminantes	1033	Punto	Si	1
		Instalación Tratamientos de Residuos	10	Punto	Si	1
	Energía	Hidrocarburos: Almacén de combustible, Biomasa, Gaseoducto, oleoducto	45	Punto	Si	4
		Termoeléctricas	24	Punto	Si	1
		Subestaciones eléctricas	47	Punto	Si	1
	Agua	Infraestructura Sanitaria (SISS): Planta Tratamiento AP, Planta Tratamiento AS, Planta Elevadora AP, Planta Elevadora AS, Punto de Captación, Emisario	499	Punto	Si	6
		Plantas Desaladoras	20	Punto	Si	1
	Marítimo	Cables Submarinos	20	Punto	Si	1
		Astilleros y varaderos	13	Punto	Si	2
		Catastro Borde Costero: Muelle, rampla, paseo costero, embarcadero, defensa costera, borde costero	475	Punto	Si	6
		Terminales Marítimos estatales, privados, boyas	171	Punto	Si	3

Categoría	Subcategoría	Entidades	Cantidad	Atributo Geométrico	Índice Exposición	Número de Entidades
		Puertos Privados y Estatales	26	Punto	Si	2
		Faros	2	Punto	Si	1
		Clubes marinos: Cendyr Náuticos, clubes de Yates, clubes náuticos	21	Punto	Si	3
		Marinas	4	Punto	Si	1
	Instrumentos costeros	Acelerógrafos CSN	34	Punto	No	1
		Multiparámetros CSN	4	Punto	No	1
		Estación calidad de agua	25	Punto	No	1
		Estaciones Meteorológicas	60	Punto	No	1
		Boyas DART	5	Punto	No	1
		Estaciones Nivel del Mar SHOA	43	Punto	No	1
	Equipamiento	Bomberos	Compañías de Bomberos	102	Punto	Si
Cuerpos de Bombero			23	Punto	Si	1
Policía		Carabineros	65	Punto	Si	1
Educación		Establecimientos Educativos	645	Punto	Si	1
		Jardines Infantiles INTEGRA	56	Punto	Si	1
		Jardines Infantiles JUNJI	119	Punto	Si	1
Salud		Centros de Salud	1	Punto	Si	1
		Atención Secundaria	6	Punto	Si	1
		Consultorios	71	Punto	Si	1
		Hospitales	13	Punto	Si	1
	Postas Rurales	97	Punto	Si	1	

Categoría	Subcategoría	Entidades	Cantidad	Atributo Geométrico	Índice Exposición	Número de Entidades
Economía Local	Turismo	Atractivos Turísticos	755	Punto	Si	1
		Monumento Histórico	138	Punto	Si	1
		Zonas Típicas	25	Punto	Si	1
		Inmuebles de conservación histórica	222	Punto	Si	1
		Zonas de conservación histórica	15	Punto	Si	1
		Zonas de interés turístico	15	Punto	Si	1
		Bienes Nacionales Protegidos	22	Punto	Si	1
		Rutas Patrimoniales	1885	Línea	No	1
	Pesca y Acuicultura	AMERB	1358	Área	Si	1
		Áreas Apropriadas para la Acuicultura	1383	Área	Si	1
		Caletas Pesca Artesanal	546	Punto	Si	1
		Concesiones Acuicultura	5300	Área	Si	1
		Pueblos Originarios ECMPO	129	Área	Si	1
	Sistemas Naturales	Dunas	Dunas	256	Punto	Si
Humedales		Humedales	1692	Punto	Si	1
Playas		Playas	1172	Punto	Si	1
Áreas Protegidas		Áreas Protegidas SNASPE	81	Área	Si	1
		Otras Categorías de Conservación sitios Ramsar, áreas protegidas privadas, áreas de acceso protegido, áreas marinas protegidas, bienes nacionales protegidos, monumentos naturales, otros	312	Área	Si	7
		Sitios Prioritarios para la Conservación: sitios estrategias regionales de conservación, sitios prioritarios	128	Área	Si	2

Categoría	Subcategoría	Entidades	Cantidad	Atributo Geométrico	Índice Exposición	Número de Entidades
	Suelos	Formaciones Vegetacionales Gajardo		Área	No	1
		Pisos Vegetacionales de Piscoff		Área	No	1
		Desertificación	11531	Área	No	1
		Erodabilidad	6536	Área	No	1
		Erosividad	7447	Área	No	1
	Biodiversidad	Listado de Especies	93	Punto	Si	1
		Catastro Bosque Nativo	29744	Área	No	1
		Varamientos	3872	Punto	No	1
Otros	Hitos	Hitos geográficos: Límites comunales costeros, Hitos geográficos relevantes	53	Punto	No	2
	Riesgos Naturales	Catastro Remoción en Masa	157	Punto	No	1
		Inundación SHOA	72	Área	No	1
		Peligros Volcánicos	2052	Área	No	1
Total registros en la base			174746			98
Total registros considerados en índice			18376			76

Figura 28: Ejemplo del inventario de exposición para la categoría de Infraestructura en Chile continental. Específicamente entidades asociadas a infraestructura marítima y energética.



4.3 SISTEMA SOCIAL

En este apartado se aborda la descripción demográfica de la costa chilena sobre la base de diferentes bases de datos independientes.

4.3.1 Población total agregada cada 2° de latitud

La población los 100 municipios costeros continentales (la división administrativa más pequeña del país) se obtuvo de los censos de 1982, 1992, 2002, 2012 y 2017, disponibles en el Instituto Nacional de Estadística (INE). En una primera instancia, la población se agrupó cada 2° de latitud utilizando el área, el centroide y asumiendo una distribución homogénea de la población en cada municipio²⁹. Las tendencias anuales m_j para cada punto de evaluación j se estimaron mediante el método de mínimos cuadrados

$$m_j = \frac{\sum_{i=1}^N [(t_i - \bar{t})(y_{i,j} - \bar{y}_j)]}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}, \quad (1)$$

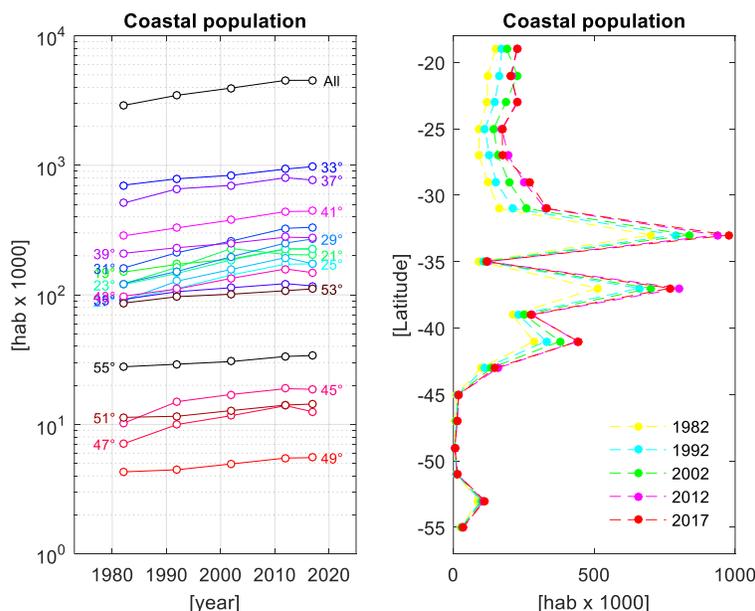
donde t_i es el año en el que se registró una cantidad $y_{i,j}$ en el punto de evaluación j , y la barra denota el valor medio de esa cantidad durante un período de N años.

La Figura 29 muestra la población costera de los municipios costeros agrupados latitudinalmente cada 2°, obtenida a partir de los censos comprendidos entre 1982 y 2017. Entre los factores naturales presentes en nuestra geografía, el clima juega un papel importante, que marca tres zonas poblacionales. A nivel agregado, el censo de 2017 indica que la población de Chile alcanzó los 17,6 millones de habitantes, mientras que la población que vive en los 100 municipios costeros representó el 26%, sumando 4,5 millones de habitantes ("Todos" en Figura 30, izquierda).

La costa de la zona norte (18°S~30°S) está escasamente habitada, con la excepción de ciudades con 150 a 300 mil habitantes como Arica, Iquique, Antofagasta y La Serena-Coquimbo. Considerando los territorios interiores, esta zona alberga menos de un 9% de la población del país. Los asentamientos urbanos se han vinculado a la actividad minera, la cual dio origen a poblaciones que se establecieron en torno a los yacimientos ubicados al interior, pero que en los últimos decenios se han desplazado hacia ciudades costeras. En esta zona se encuentran además pequeñas caletas de pescadores y mariscadores, en condiciones precarias y sin equipamiento para sus operaciones.

²⁹ En etapas posteriores del estudio, se efectúa un análisis de la población a nivel comunal y regional ubicada en las zonas costeras de baja elevación (LE CZ, Low Elevation Coastal Zones), definida como el área contigua a lo largo de la costa a menos de 10 [msnm] (McGranahan et al., 2007).

Figura 29: Población de municipios costeros agrupados latitudinalmente cada 2° y población total de municipios costeros para los censos de 1982, 1992, 2002, 2012 y 2017.



La mayor disponibilidad de recursos naturales y las mejores condiciones climáticas de la zona central (30°S~42°S), han contribuido a una mayor diversidad de la actividad económica, resultando en una ocupación más intensiva y diversa del territorio. Esta zona abarca gran parte de la población costera en las grandes áreas metropolitanas de Quintero – Valparaíso - San Antonio (~33°S) y Concepción (~37°S), con casi 1 millón de personas cada una, y ciudades más pequeñas como Puerto Montt (41°S) y Valdivia. Las áreas restantes en las costas expuestas ubicadas al norte del Canal Chacao (41°45') presentan entre 110 y 340 mil habitantes. Si se considera el territorio continental, esta región abarca el 91% de la población del país.

La parte más meridional del país (42°S~55°S) es casi inhóspita debido a las duras condiciones climáticas y la compleja geomorfología caracterizada por los fiordos. Esta zona presenta formaciones vegetales en sectores casi impenetrables, de difícil manejo y suelos poco aptos para la agricultura, lo que dificulta su explotación y limita el asentamiento permanente de la población. La excepción es la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, conocida como la Patagonia Chilena, en donde se da una ganadería ovina a gran escala y una explotación petrolera de orden menor. Estas características hacen que la población se encuentre dispersa en pequeños núcleos, y solo Coihaique y Punta Arenas constituyan centros urbanos de consideración. En su conjunto, esta zona solo alcanza al 1,7% de la población nacional.

4.3.2 Crecimiento poblacional agregada cada 2° de latitud

Para evaluar el crecimiento relativo de cada punto de evaluación cada 2° de latitud respecto a la media del país, se calculó el parámetro

$$m_{r,j} = \left(\frac{m_j}{p_j} - \frac{m}{p} \right) \times 100, \quad (2)$$

donde m_j y p_j son la pendiente y la población de cada punto de evaluación cada 2° , m es la pendiente calculada con (1) para la población total de municipios costeros a nivel nacional y

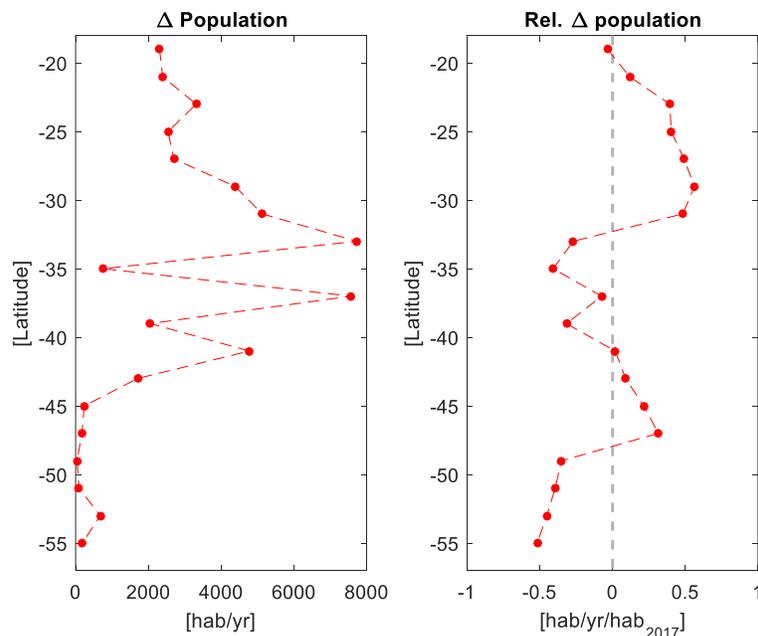
$$p = \sum_{i=1}^M p_i \quad (3)$$

es la población costera en todo el país, sumada en puntos de evaluación M . Los valores positivos (negativos) de $m_{r,j}$ representan, por lo tanto, un mayor (menor) crecimiento respecto al nacional.

La Figura 30 (izquierda) muestra que la tasa de cambio anual en la población es positiva, pero con una variabilidad significativa en todo el país. Debido a la mayor base de comparación, las tasas son mayores en las áreas metropolitanas. La Figura 30 (derecha) muestra la diferencia entre las tasas anuales de cambio de población en cada latitud con respecto a la tasa nacional. Los valores positivos en las estaciones del norte (21° a 31°) y en el mar interior chileno (41° a 47°) indican que estas regiones están creciendo más rápido que el país, probablemente impulsadas por actividades mineras y acuícolas en dichas regiones.

Todas estas cifras, sin embargo, no brindan detalles sobre la distribución de la población que vive en zonas costeras de baja elevación (LECZ, Low Elevation Coastal Zones), definida como el área contigua a lo largo de la costa a menos de 10 [msnm] (McGranahan et al., 2007).

Figura 30: Tasa anual de variación de la población (izquierda). Tendencia anual de la población cada dos grados relativa a la tendencia anual nacional (derecha), donde los valores positivos implican que las tendencias son más grandes que la tendencia nacional y viceversa.



4.3.3 Distribución urbana y rural de zonas bajo los 10 [msnm]

Las estimaciones de la población urbana, rural y total, así como el área total bajo los 10 [msnm] están disponibles a nivel de país para 1990, 2000 y 2010 en CIESIN (2013)³⁰. Esta base de datos se basa en datos de elevación obtenidas de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con una resolución de 90 [m]. Las limitaciones de estos datos y métodos de procesamiento se discuten en CIESIN (2013).

Las cifras en la Tabla 23 indican que, en 2010, 214.863 habitantes vivían bajo los 10 [msnm], lo que corresponde al 1,24% de la población. De estos, 71,3% correspondió a zonas urbanas y 28,3% a zonas rurales. La población chilena habitando bajo los 10 [msnm] también es menor que para el mundo y América Latina, donde representan el 10% y el 6%, respectivamente. Entre 1990 y 2010, la población en estas zonas aumentó en un 30,4% y la densidad creció de 21 a 27 [hab/km²]. Estas cifras históricas y la predicción para 2100 son consistentes con las tendencias globales que muestran rápidos incrementos en la población costera y el consiguiente aumento del riesgo de desastres relacionados con el cambio climático (Church et al., 2013).

Tabla 23: Población y densidad ubicadas bajo los 10 [msnm] en 1990, 2000 y 2010, además de proyecciones en 2100. La data fue extraída de CIESIN (2013).

Tipo	Población				Densidad	
	Año	LECZ [hab]	Total [hab]	LECZ / Total [%]	LECZ [hab/km ²]	Total [hab/km ²]
Total	1.990	164.725	13.171.967	1,25 %	21	18
	2.000	189.054	15.403.485	1,23 %	24	21
	2.010	214.863	17.269.525	1,24 %	27	24
	2.100	330.022	29.503.039	1,12 %	42	41
Urbana	1.990	113.632	5.750.094	1,98 %	738	478
	2.000	132.645	6.962.873	1,91 %	861	579
	2.010	153.190	8.041.294	1,91 %	995	669
	2.100	238.005	12.368.161	1,92 %	1.545	1.028
Rural	1.990	51.093	7.421.873	0,69 %	7	10
	2.000	56.409	8.440.612	0,67 %	7	12
	2.010	61.673	9.228.231	0,67 %	8	13
	2.100	92.017	17.134.878	0,54 %	12	24

³⁰ En el Sistema de Información Geográfico contemplado para la entrega final del estudio se efectúa un análisis detallado de la población, obtenida de la información censal del INE.

4.3.4 Extensión territorial bajo los 10 [msnm]

Las estimaciones de CIESIN (2013) muestran que el área bajo los 10 [msnm] en Chile cubre 7.865 [km²] y representa el 1,09% del territorio (Tabla 24). El porcentaje de tierra en el área bajo los 10 [msnm] es mucho más pequeño que para el Mundo y América Latina, hecho que se explica por las terrazas costeras comparativamente altas que resultan de la actividad tectónica en nuestro país.

La estimación de CIESIN (2013) fue efectuada mediante técnicas de percepción remota, sin contar con verificación local. Por ende, esta información debe considerarse como preliminar.

Tabla 24: Extensión territorial en zonas urbanas y rurales ubicadas bajo los 10 [msnm]. Se incluye la comparación con estadísticas de América Latina y el Mundo. La data fue extraída de CIESIN (2013).

Tipo	Chile			América Latina	Mundo ^(b)
	LECZ [km ²]	Total [km ²]	LECZ / Total [%]	LECZ / Total [%]	LECZ / Total [%]
Total	7.865	721.447	1,09 %	2 %	2 %
Urbana	154	12.028	1,28 %	7 %	8 %
Rural	7.711	709.419	1,09 %	-	-

(a) La superficie de Chile es 2.006.096 km² (INE, 2016) incluyendo el territorio insular y la Antártica. Excluyendo la Antártica el territorio cubre 755.838 km².

(b) McGranahan et al. (2007).

4.3.5 Análisis a nivel de manzanas censales 2017

Utilizando la información proporcionada por el CENSO 2017 a nivel de manzanas censales (INE, 2018), se cruzó el emplazamiento de cada manzana censal con el DEM, seleccionando todas aquellas manzanas que se encuentran bajo los 10 [msnm] o aquellas que son cruzadas por dicha cota. Para cada manzana censal, se obtuvo la siguiente información:

Habitantes

- Número de personas
- Composición por género (número de hombres y mujeres)
- Composición etaria (0 a 5 años, 6 a 14 años, 15 a 64 años, 65 años o más)
- Número de inmigrantes
- Número de personas que se identifica con algún pueblo originario

Viviendas

- Número viviendas particulares
- Número viviendas colectivas
- Número de viviendas particulares ocupadas con moradores presentes
- Total de viviendas
- Cantidad de hogares

Es importante aclarar que el INE, clasifica las manzanas censales en cuatro tipologías (INE 2018):

- Manzanas urbanas, que de acuerdo con su densidad de población y edificaciones pueden coincidir con manzanas físicas reales
- Manzanas rurales, áreas extensas que se definen en función de la capacidad de los censistas en cubrirlas y por lo tanto su tamaño depende de la conectividad.
- Manzanas sin moradores, donde no fue posible por lo tanto conseguir información (Manzanas sin información).
- Manzanas indeterminadas³¹, aquellas manzanas con menos de 3 [hab] y que, para resguardar el secreto estadístico, fueron integradas con otras manzanas (las que pueden estar eventualmente afuera del área expuesta bajo los 10 m).

Debido a que el criterio del INE usado para integrar las manzanas indeterminadas con otras no necesariamente coincide con el criterio de seleccionar las manzanas que se encuentran a menos de 10 [msnm], esto genera una distorsión en los totales (por ejemplo, en algunos casos no coincide la suma de hombres y mujeres con el total de la población). Las manzanas indeterminadas (171). Se encontraron 1.127 Manzanas Sin información, las que también fueron eliminadas, quedando finalmente 11.236 Manzanas con datos de población y vivienda, de las cuales, 2.526 (22,48%) corresponde a manzanas rurales y 8.710 (77,52%) son manzanas urbanas.

Para cada comuna costera se procedió a sumar el total de manzanas urbanas y rurales, obteniendo así los siguientes parámetros para la población que se encuentra viviendo bajo la cota de los 10 [msnm]:

- Total de habitantes
- Porcentaje de hombres y mujeres
- Porcentaje de rangos etario

³¹ Solo en las comunas de Camarones y Torres del Paine, la totalidad de las manzanas costeras fueron clasificadas como indeterminadas por el INE, por lo que se optó por omitir los cálculos del porcentaje de hombres/mujeres y rangos etarios.

4.3.5.1 Análisis a nivel nacional

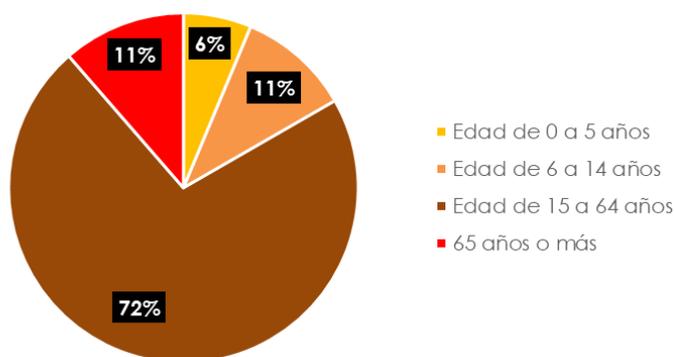
A nivel nacional, un total de 972.623 personas se encuentran viviendo bajo los 10 [msnm] (5,53% de la población nacional)³². Este número contrasta con las estimaciones anteriores:

- 26% estimado a partir de la población de los 100 municipios costeros, debido a que no necesariamente los habitantes de estas comunas viven en localidades bajas.
- 1,24% estimado a partir de la luminosidad detectable por percepción remota (CIESIN, 2010).

Sin embargo, se puede concluir que la población viviendo bajo 10 [msnm] es menor que para el mundo y América Latina, donde representan el 10% y el 6%, respectivamente.

A nivel nacional, de los habitantes de comunas costeras que viven bajo los 10 [msnm], el 49,72% son hombres y el 50,28 son mujeres y presentan la composición etaria ilustrada en la Figura 31. Se observa que mayoritariamente se trata de adultos en edad laboral. Con respecto al número de personas que se identifica con algún pueblo originario y viven bajo los 10 [msnm], ascienden a 154.599 (15,89% de los habitantes costeros en el área expuesta), mientras que la población de inmigrantes alcanza a 18.672 (1,92%).

Figura 31: Composición etaria de la población bajo los 10 [msnm].



Se identificaron bajo la cota de 10 [msnm] un total de 482.122 viviendas (7,42% del total nacional), de las cuales 479.780 (99,51%) corresponde a viviendas particulares y 2.342 (0,49%) a viviendas colectivas. Del total de viviendas particulares, solo 321.744 (67,06%) se encontraban con moradores presentes en el momento del censo, identificándose un total de 327.847 hogares diferentes, con una composición promedio de 2,97 personas por hogar. En la Tabla 25 se muestra la composición de las viviendas particulares según su tipo.

³² En el informe 2 la población viviendo bajo los 10 [msnm] se estimó en 553.959 (3,15%), obtenida a partir de modelos de elevación digital obtenidos de satélites. Para este informe, se contó con planos de borde costero proporcionados por el SHOA que permitieron refinar el cálculo.

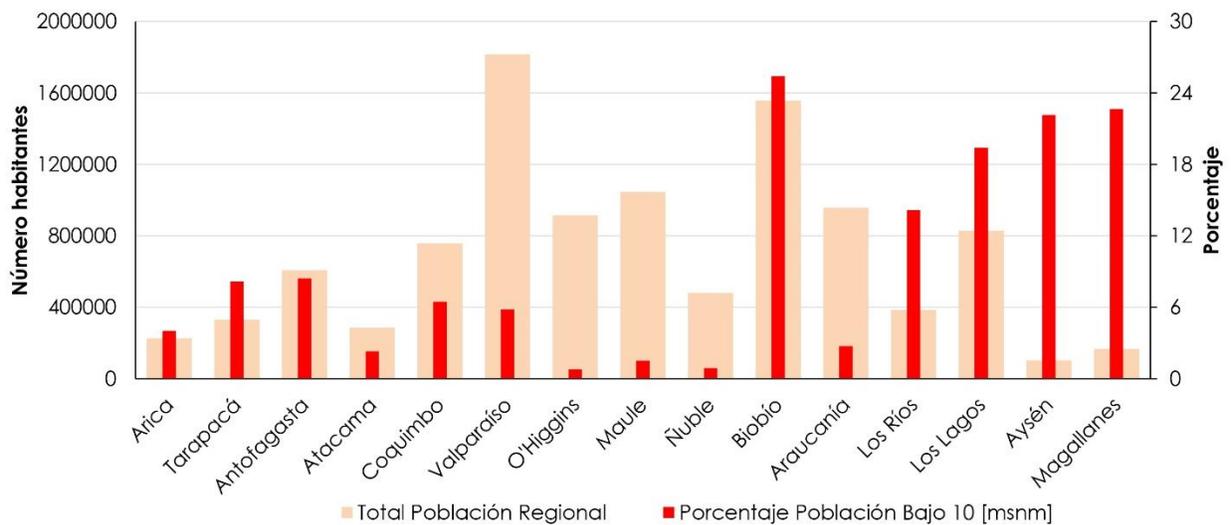
Tabla 25: Composición Viviendas particulares según su tipo.

Tipo de Vivienda Particular	Número Total	Porcentaje
Casa	364.904	76,06
Departamento en edificio	99.401	20,72
Vivienda tradicional indígena (ruka, pae pae u otro)	211	0,04
Pieza en casa antigua o conventillo	1.918	0,40
Mediagua, mejora, rancho o choza	9.671	2,02
Móvil (carpa, casa rodante o similar)	361	0,08
Otro tipo de vivienda particular	3.314	0,69
Total	479.780	100,01

4.3.5.2 Análisis a nivel regional

A nivel regional se aprecia un gradiente latitudinal en el porcentaje de la población que habita zonas bajo los 10 [msnm]. En la zona norte del país, el porcentaje de la población que habita sectores costeros bajos es mucho menor que en la zona sur (Figura 32). Sin embargo, la zona central concentra los menores porcentajes de habitantes que viven bajo los 10 [msnm]. Se aprecia que en cinco regiones del país la población costera es notoriamente inferior al resto (Atacama, O'Higgins, Maule, Ñuble, Araucanía). La región del Biobío destaca porque además de concentrar un tamaño de población importante, más del 25% de su población viva bajo los 10 metros.

Figura 32: Total población regional y porcentaje de población viviendo bajo los 10 [msnm].



En la Figura 33 y Figura 34 se muestran las composiciones por género y etarias por región, respectivamente, de la población viviendo en zonas bajo los 10 [msnm]. Para la composición por género, se observa que en la zona norte las regiones de Arica, Antofagasta y Atacama tienen una población masculina levemente superior con respecto a la media nacional. En cuanto a la composición etaria, la proporción de adultos mayores es ligeramente superior en la zona central con respecto al resto del país.

Figura 33: Composición por género de comunas costeras agrupadas por región de población viviendo bajo los 10 [msnm].

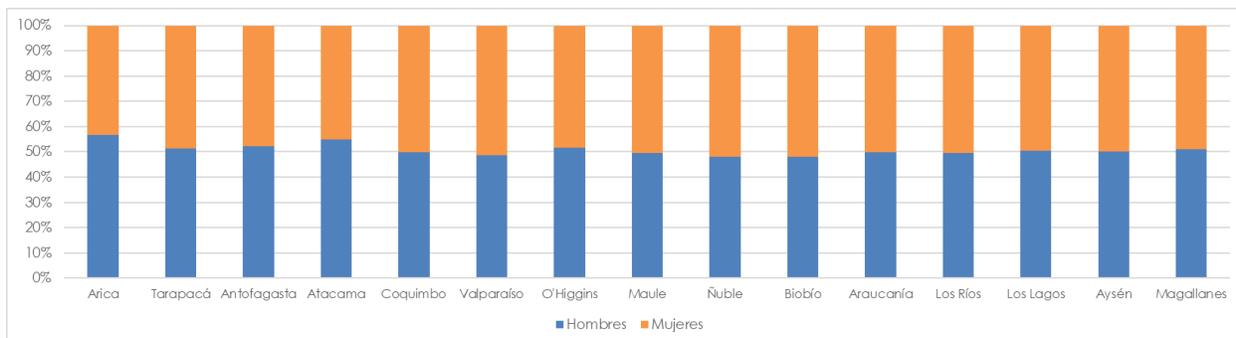
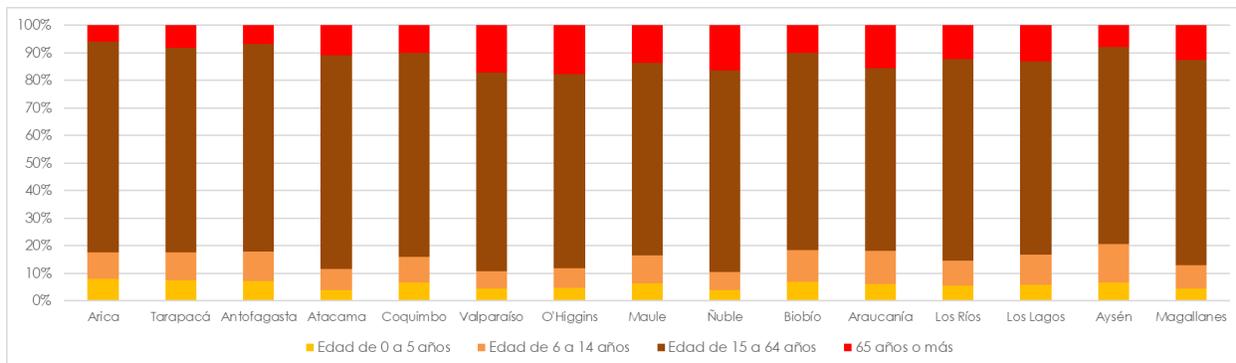
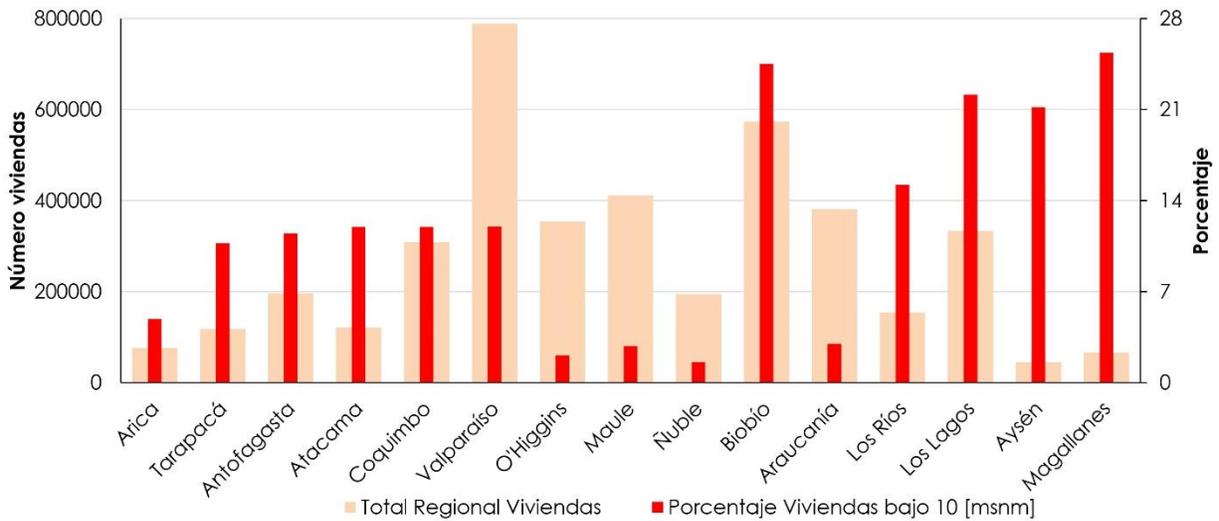


Figura 34: Composición etaria de comunas costeras agrupadas por región de población viviendo bajo los 10 [msnm].



En la Figura 35 se muestra el total de viviendas por región y los respectivos porcentajes de viviendas que se encuentran bajo los 10 [msnm]. Hay similitudes con respecto a la distribución regional de la población costera (Figura 32), pero se aprecia que el porcentaje de viviendas en zonas bajas es mucho más homogéneo en el norte del país. Al mismo tiempo los porcentajes de viviendas en el área expuesta son mayores que la población que las habita, lo que puede ser un indicador de la cantidad de viviendas de veraneo o segundas viviendas existentes en la costa.

Figura 35: Total viviendas por región y porcentaje de viviendas bajo los 10 [msnm].



Al revisar las tipologías de construcción (Figura 36 a Figura 39), resalta el hecho de que, en la mayoría de las regiones, las viviendas particulares son casas. En la zona norte, sin embargo, las viviendas particulares en departamentos tienden a ser más frecuentes bajo los 10 [msnm] (Arica y Tarapacá). En las regiones de Antofagasta, Coquimbo y Valparaíso, las casas y departamentos tienen frecuencias similares. Viviendas particulares con tipologías precarias (mediaguas, chozas y similares), se encuentran con porcentajes menores en casi todas las regiones. Sin embargo, se debe destacar el caso de la región de Atacama, donde alrededor del 18,9% de las viviendas particulares bajo la cota de los 10 [msnm], son mediaguas, varias de las cuales se tratan de asentamientos irregulares.

Figura 36: Distribución tipologías de construcción regiones de Arica, Tarapacá, Antofagasta y Atacama.

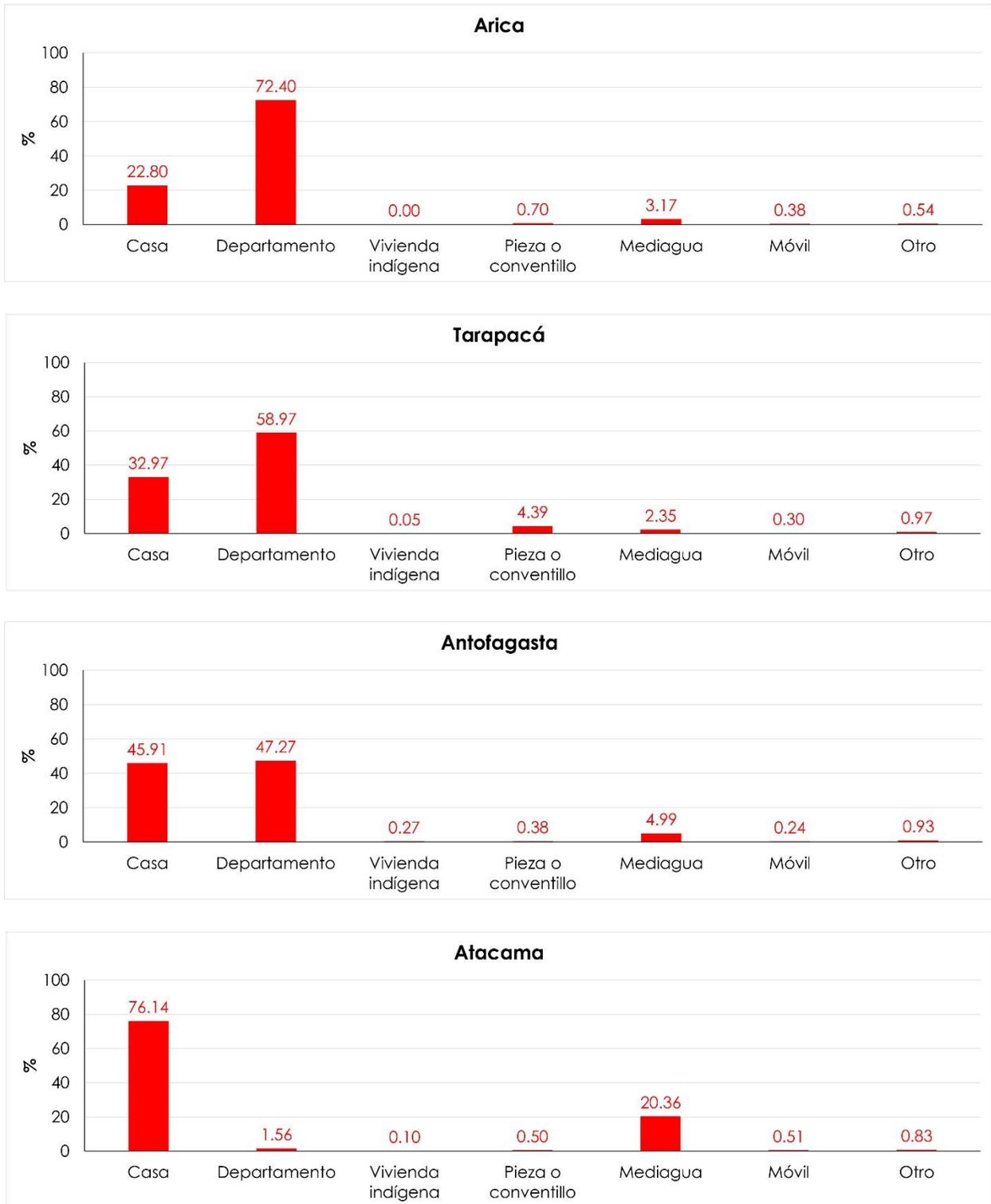


Figura 37: Distribución tipologías de construcción regiones de Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Maule.

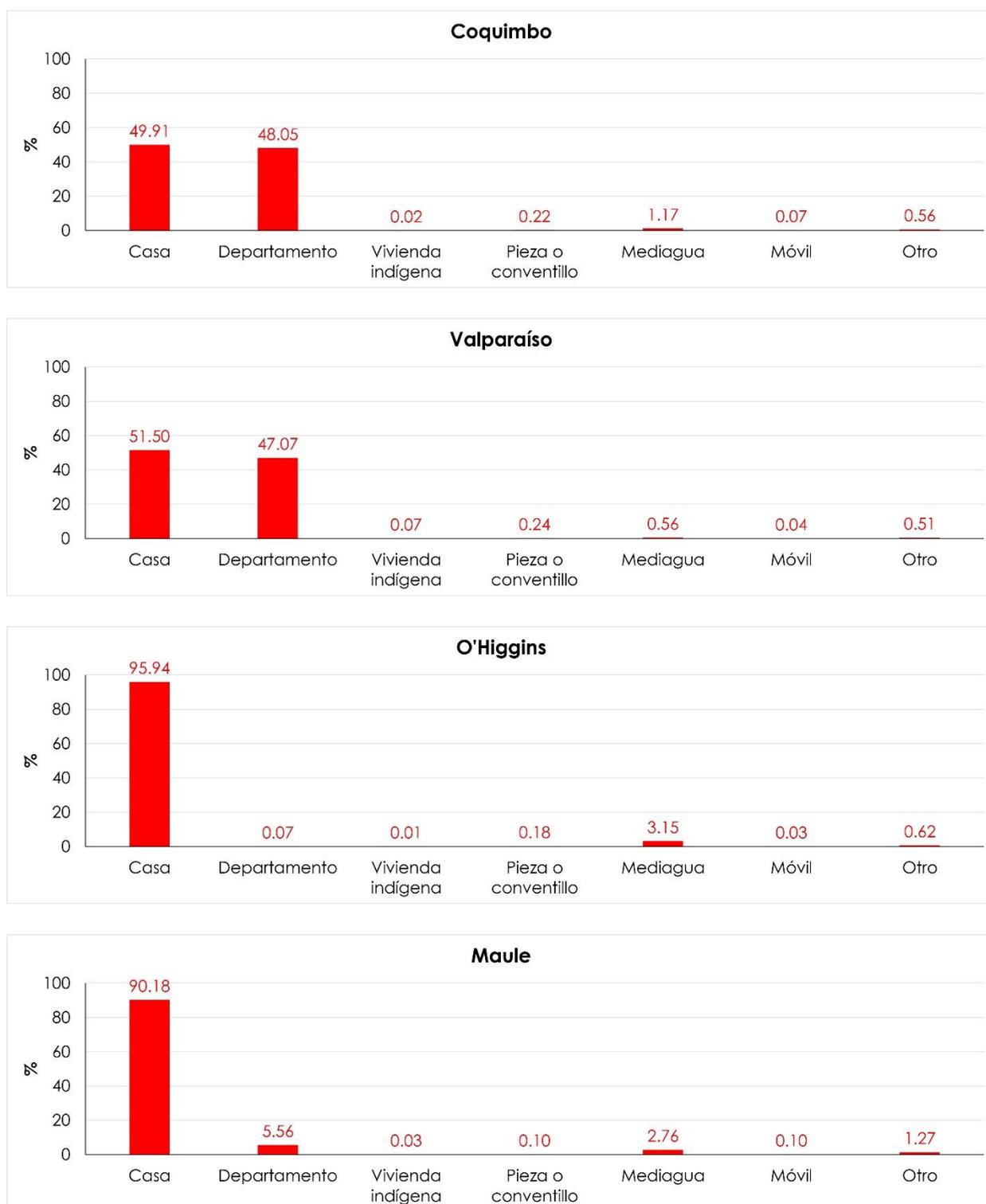


Figura 38: Distribución tipologías de construcción regiones de Ñuble, Biobío, Araucanía y Los Ríos.

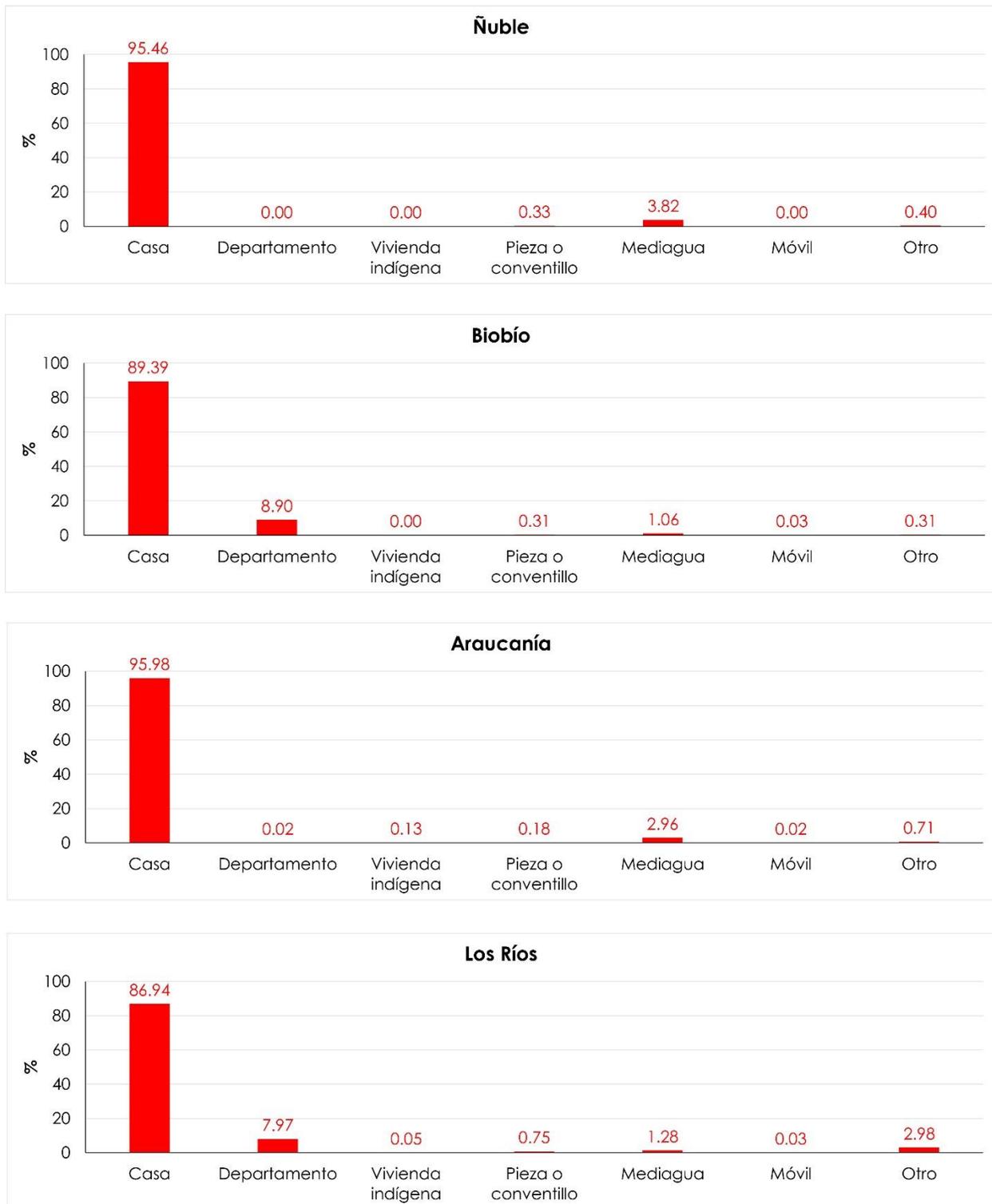
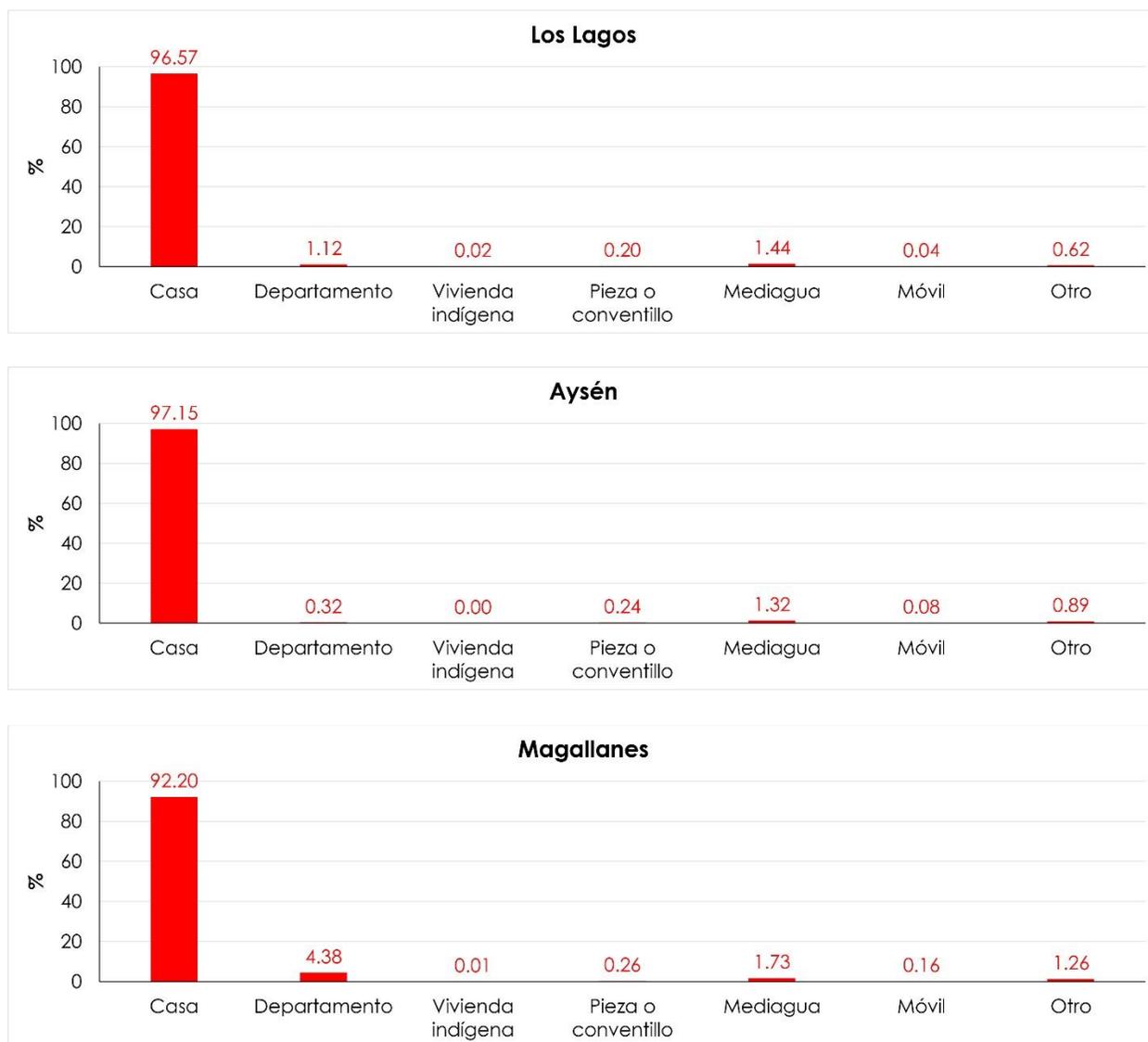


Figura 39: Distribución tipologías de construcción regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.



4.3.5.3 Análisis a nivel comunal

El análisis a nivel comunal (Figura 40 y Figura 41) permite identificar varias situaciones:

- El porcentaje de población costera viviendo en áreas bajas tiende a disminuir de sur a norte.
- En la comuna de Tortel (Aysén), prácticamente el 100% de la población vive a menos de 10 [msnm].
- Las comunas de Cobquecura, Vichuquén, Navidad, La Higuera y Chañaral tienen porcentajes de población en áreas bajas bastante más elevados que lo esperable de acuerdo con las comunas de su entorno.
- Entre las comunas de mayor población, Valparaíso y Viña del Mar tienen una fracción menor de población viviendo en áreas bajas. Ello contrasta con Talcahuano, donde el porcentaje supera el 21%.

Al comparar la composición por género (Figura 42 y Figura 43) se aprecia que, en las comunas del extremo sur y norte del país, existe una mayor proporción de hombres habitando en sectores bajos. Esto es muy notorio en la región de Magallanes.

De la misma forma, la composición etaria (Figura 44 y Figura 45) muestra que el porcentaje de jóvenes y adultos en edad laboral (15 a 64 años), es notoriamente mayor en los extremos del país. Probablemente esto se explica, por las actividades económicas que se desarrollan en estas localidades.

En la Tabla 26 se muestran los resultados obtenidos para cada comuna costera.

Con respecto a la tipología de vivienda particular (Figura 46 y Figura 47), se aprecia que en la gran mayoría de las comunas dominan las casas. Sin embargo, en la zona centro norte del país, especialmente las comunas de: Algarrobo, Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Papudo, La Serena, Antofagasta, Iquique y Arica, son los departamentos la tipología más dominante en las viviendas particulares bajo los 10 m. Viviendas tradicionales de los pueblos indígenas, solo aparecen en forma significativa en las comunas de Taltal e Isla de Pascua. Por último en la zona norte aparecen tipologías precarias (mediaguas, chozas), sin embargo destacan en esta tipología las comunas de Curepto y Navidad en la zona central y Timaukel en el extremo austral del país.

Figura 40: Porcentaje de población que habita en zonas bajo los 10 [msnm] en comunas costeras. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

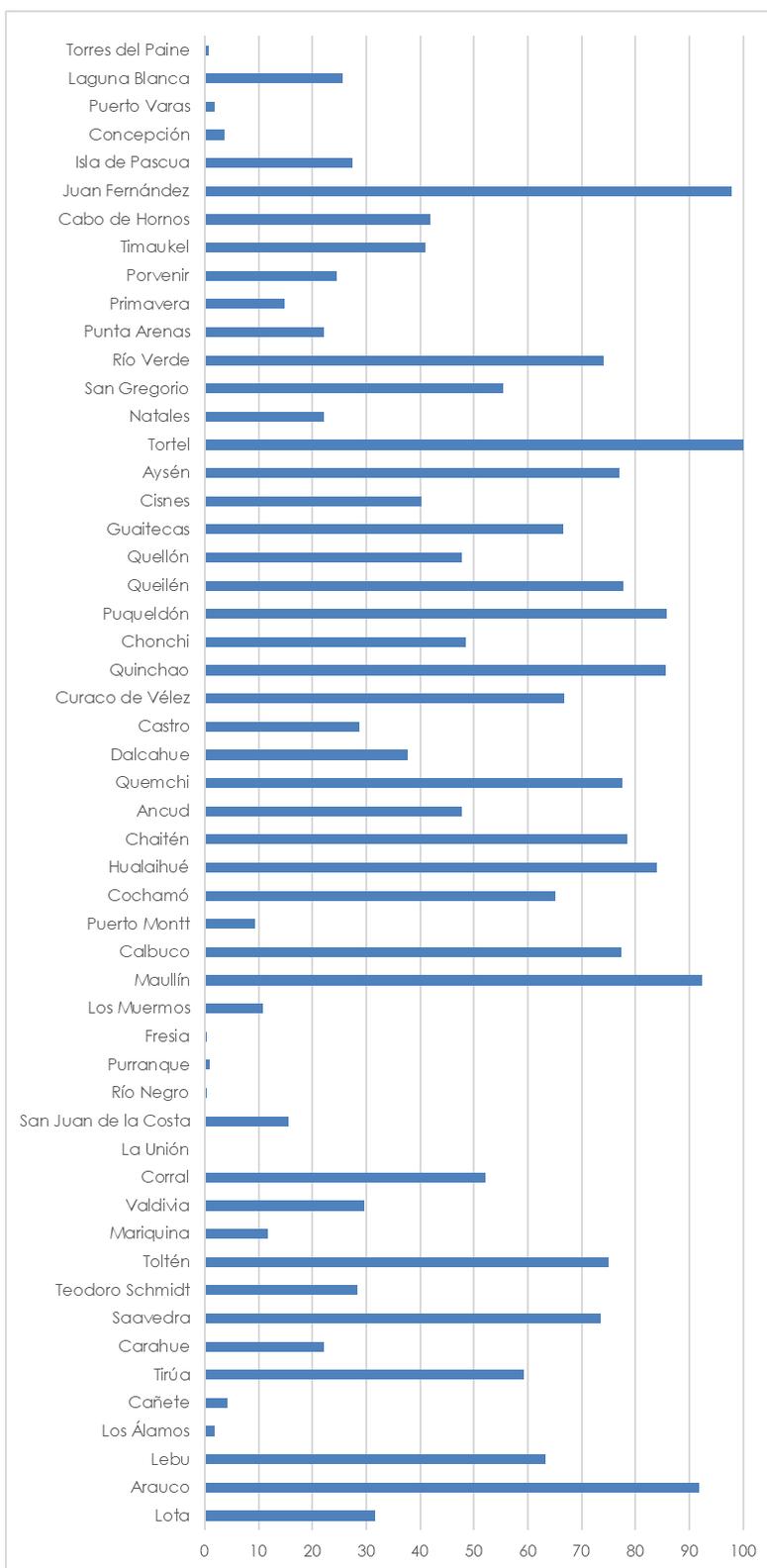


Figura 41: Porcentaje de población que habita en zonas bajo los 10 [msnm] en comunas costeras. Las comunas están ordenadas de sur a norte (continuación).

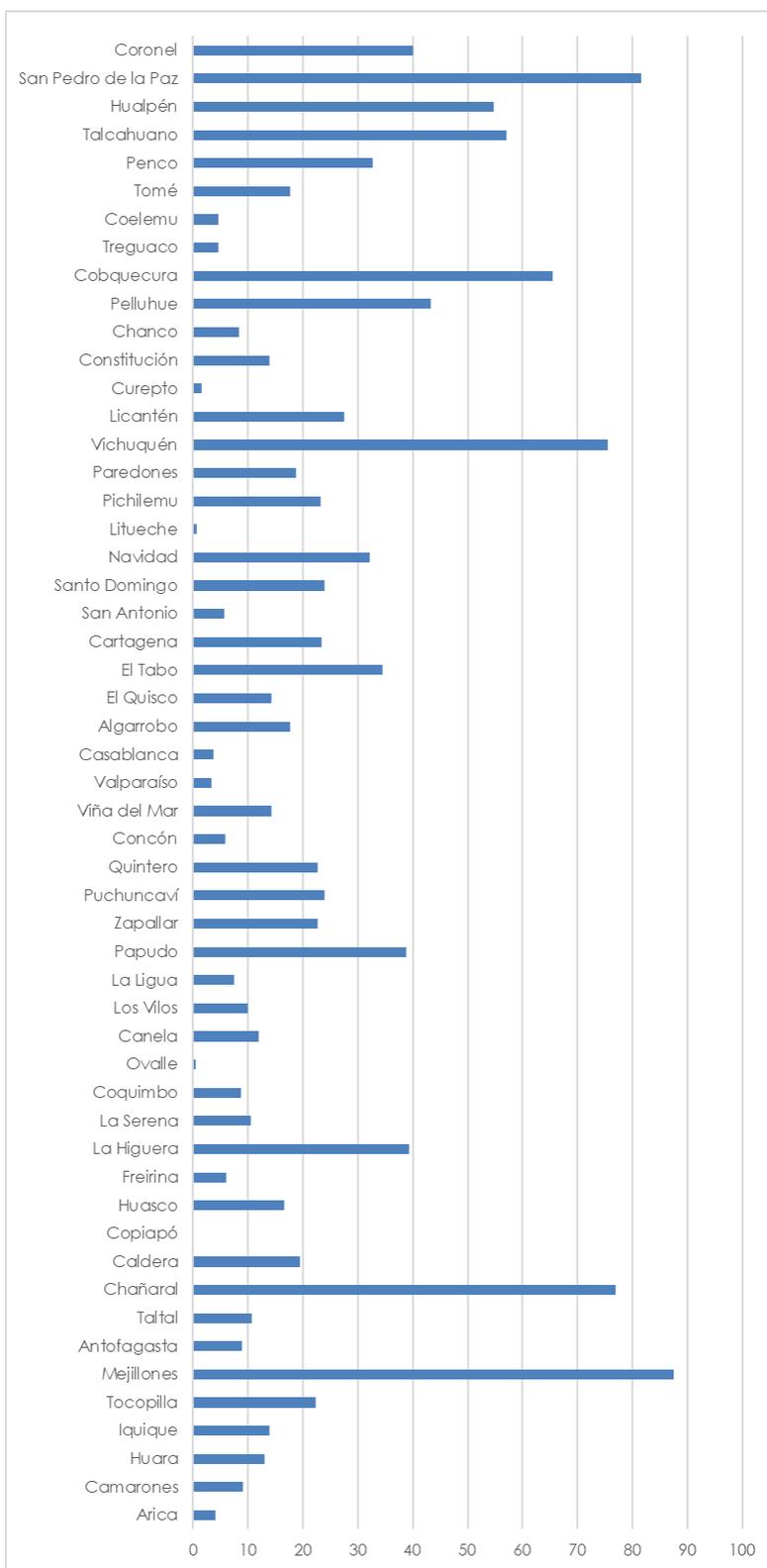


Figura 42: Composición por género de población, en porcentaje, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

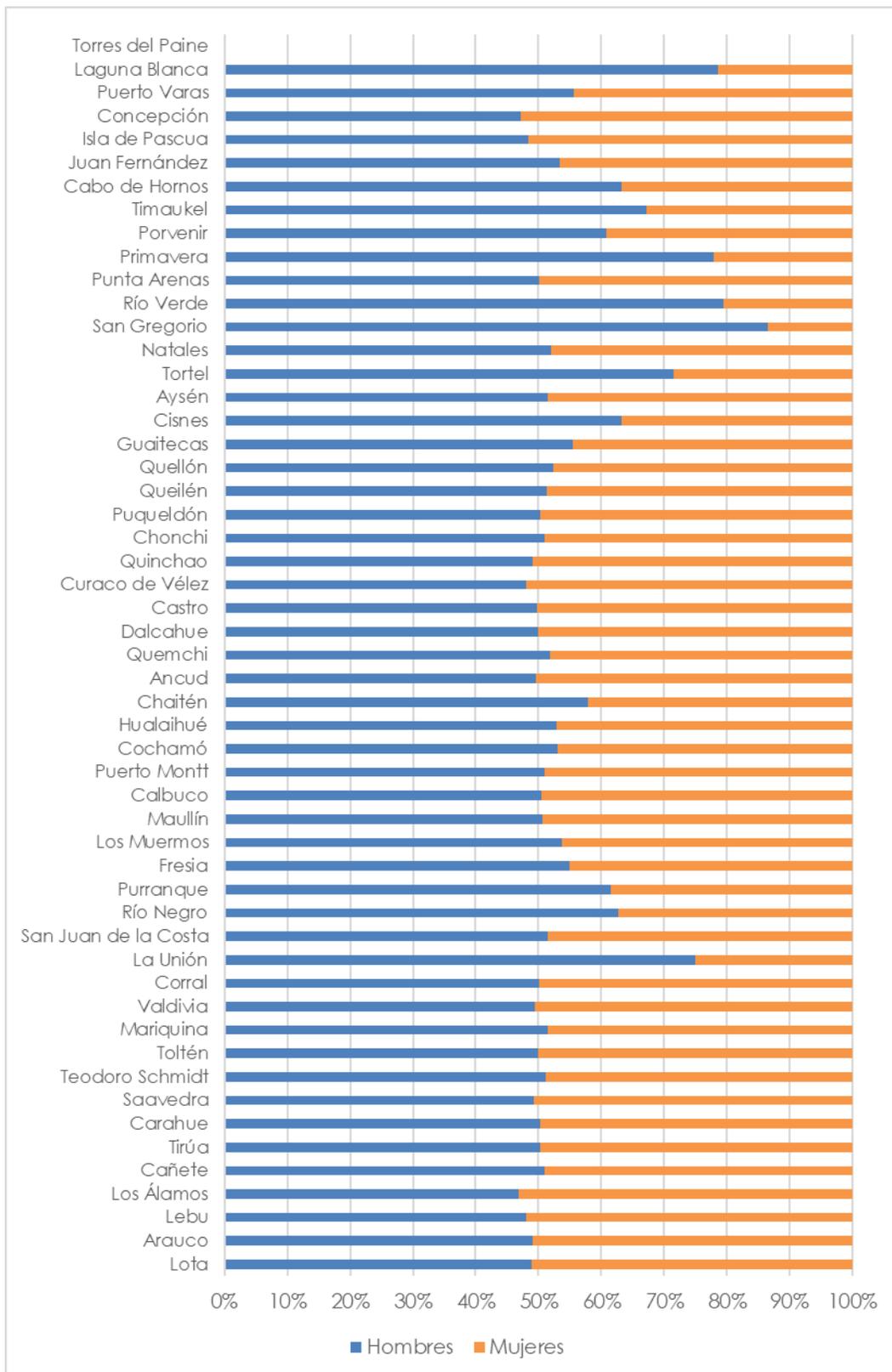


Figura 43: Composición por género de población, en porcentaje, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm] (continuación).

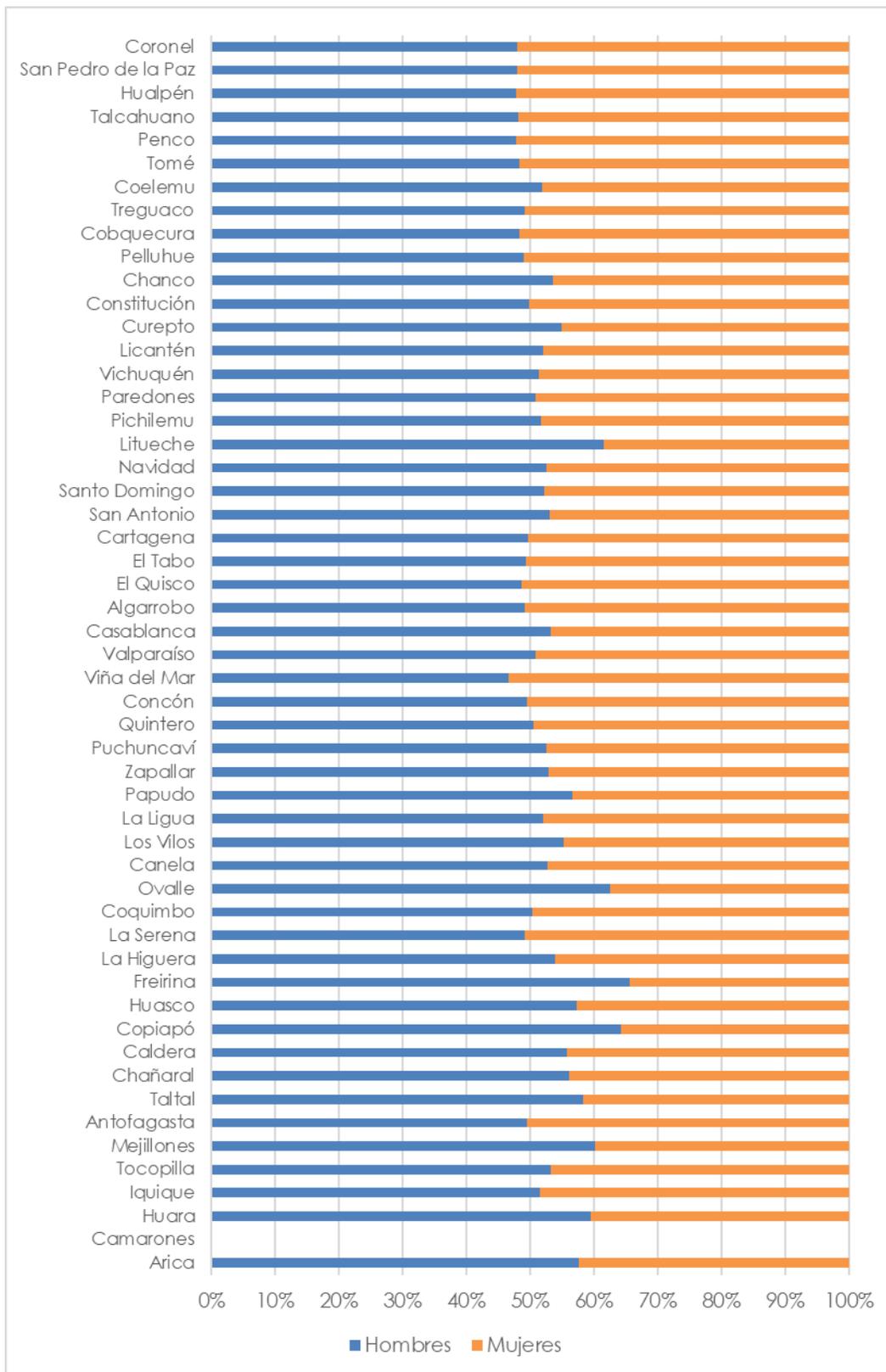


Figura 44: Composición etaria de población, en porcentaje, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

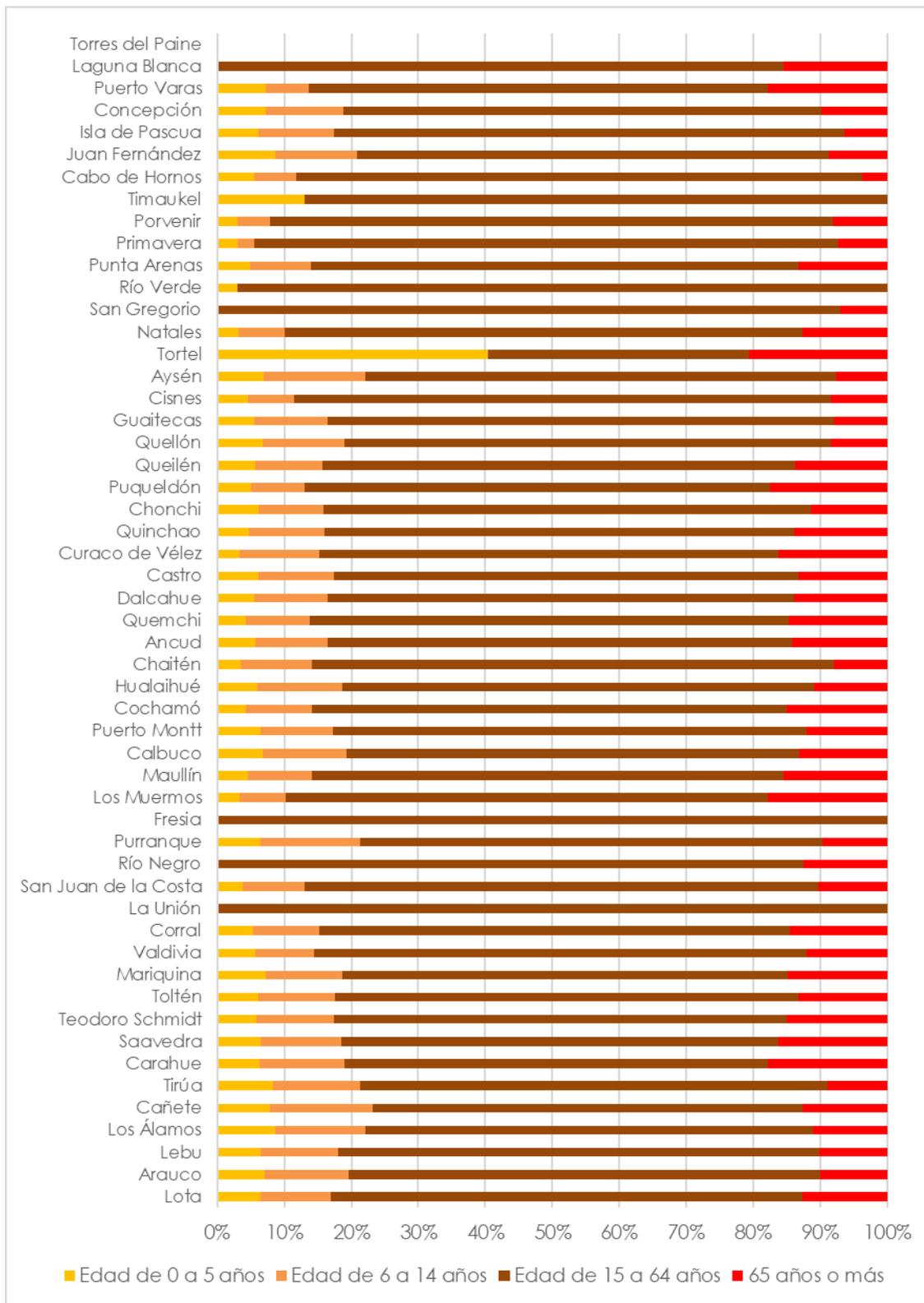


Figura 45: Composición etaria de población, en porcentaje, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm] (continuación).

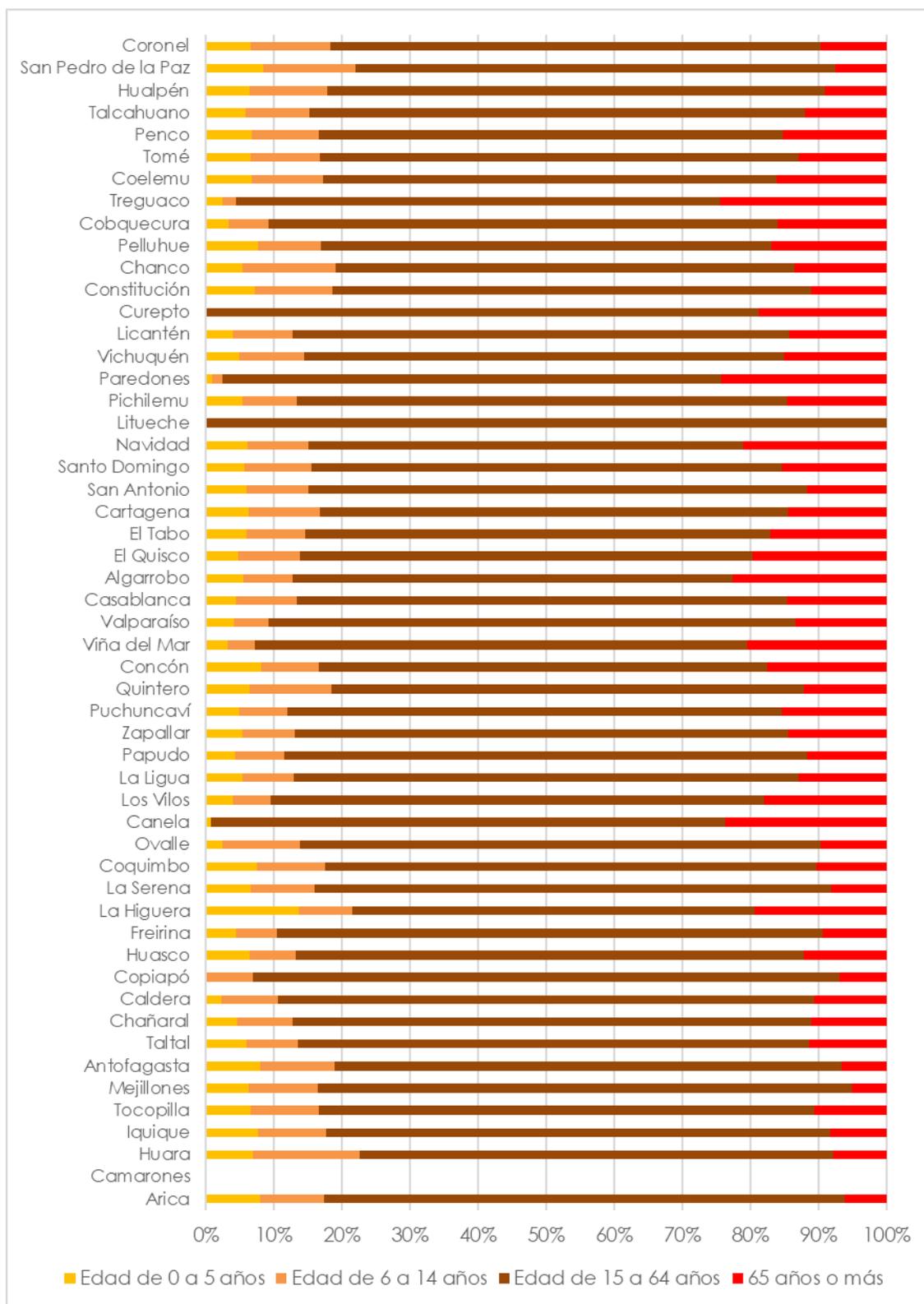


Figura 46: Distribución comunal de tipologías de viviendas particulares mostradas de sur a norte.

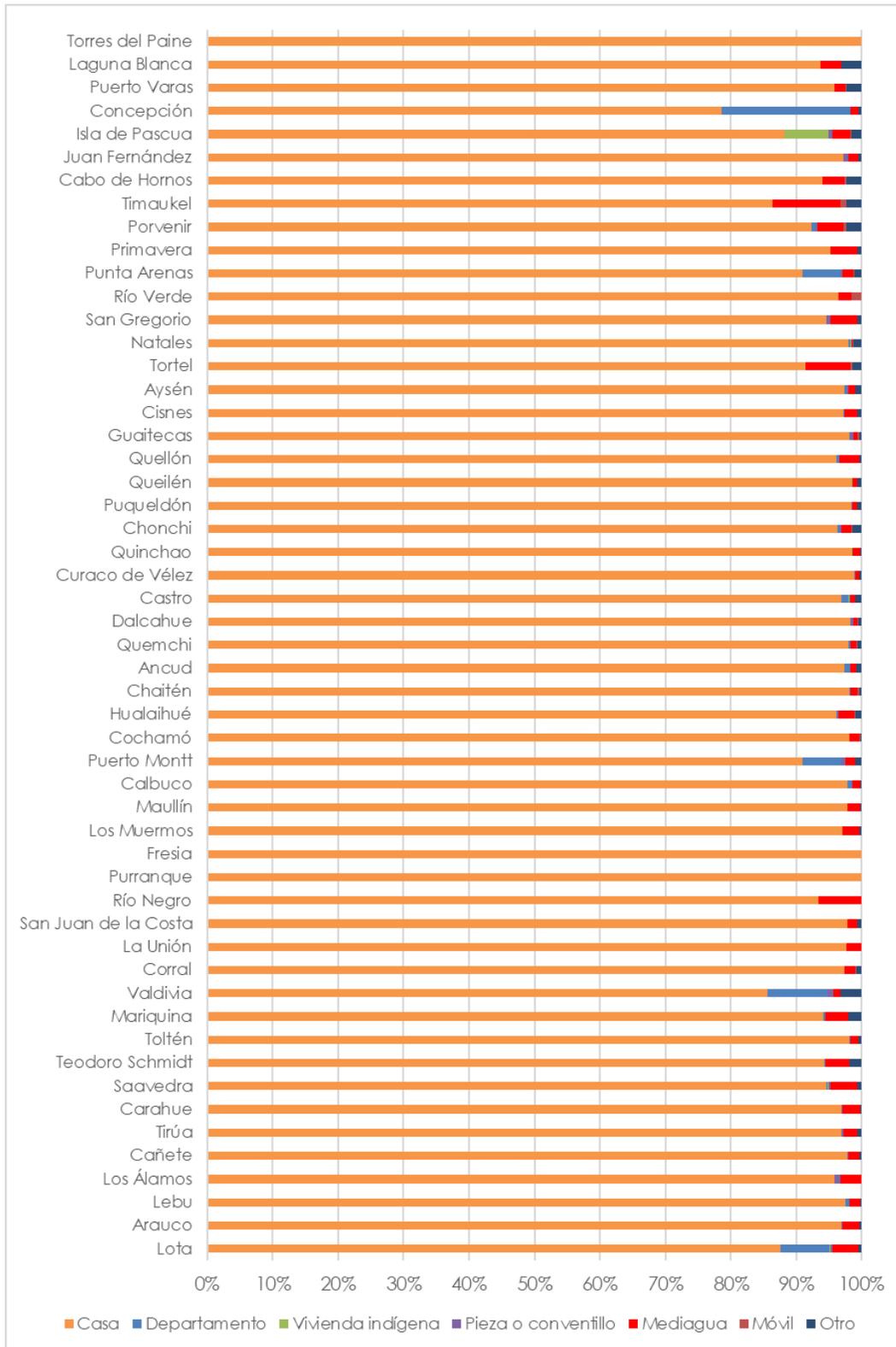


Figura 47: Distribución comunal de tipologías de viviendas particulares (continuación).

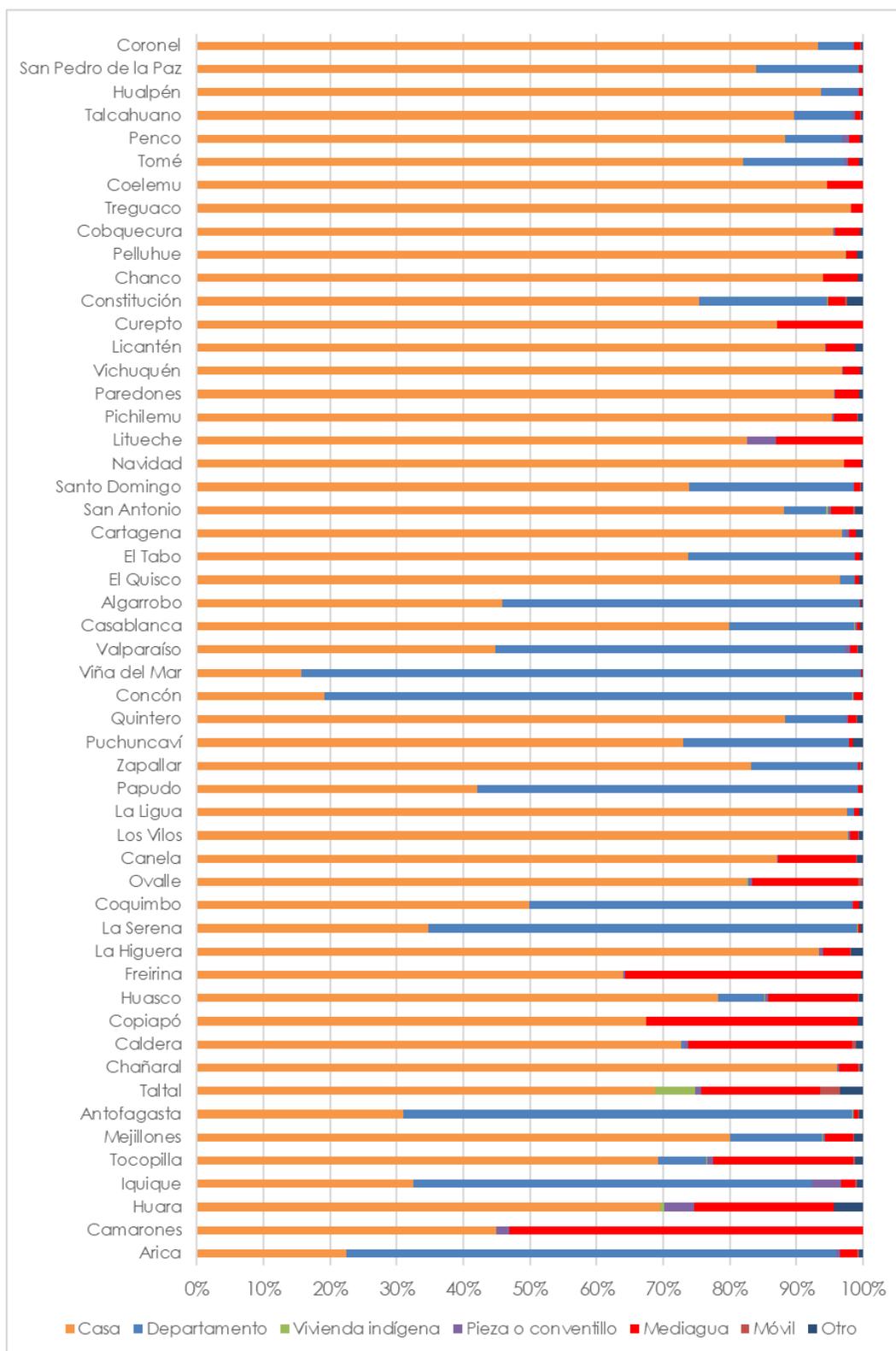


Tabla 26: Composición de habitantes que viven en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

Región	Comuna	Población Comunal 2017	Población bajo 10 [msnm]	% población bajo 10 [msnm]	Hombres	Mujeres	Edad 0 a 5 años	Edad 6 a 14 años	Edad 15-64 años	Edad 65+ años
Arica y Parinacota	Arica	221364	8966	4,05	57,53	42,47	7,92	9,48	76,54	6,06
	Camarones	1255	115	9,16						
Tarapacá	Huara	2730	355	13	59,47	40,53	6,96	15,65	69,57	7,83
	Iquique	191468	26586	13,89	51,47	48,53	7,6	10,09	74,08	8,22
Antofagasta	Tocopilla	25168	5599	22,25	53,27	46,73	6,55	10,07	72,82	10,56
	Mejillones	13467	11791	87,55	60,12	39,88	6,24	10,26	78,46	5,04
	Antofagasta	361873	32340	8,94	49,51	50,49	7,95	10,95	74,58	6,52
	Taltal	13317	1423	10,69	58,35	41,65	5,96	7,53	75,22	11,29
Atacama	Chañaral	1219	938	76,95	56,09	43,91	4,64	8,18	76,19	10,99
	Caldera	17662	3450	19,53	55,66	44,34	2,33	8,27	78,76	10,64
	Copiapó	153937	87	0,06	64,15	35,85	0	6,9	86,21	6,9
	Huasco	10149	1679	16,54	57,29	42,71	6,43	6,77	74,75	12,05
	Freirina	7041	428	6,08	65,62	34,38	4,38	6,03	80,27	9,32
Coquimbo	La Higuera	4241	1669	39,35	53,82	46,18	13,69	7,78	59,23	19,29
	La Serena	221054	23442	10,6	49,19	50,81	6,52	9,41	76,01	8,06
	Coquimbo	227730	19951	8,76	50,35	49,65	7,44	10,04	72,23	10,29
	Ovalle	111272	565	0,51	62,55	37,45	2,47	11,32	76,54	9,67
	Canela	9093	1090	11,99	52,66	47,34	0,73	0	75,55	23,72
	Los Vilos	21382	2124	9,93	55,25	44,75	3,97	5,61	72,45	17,98
Valparaíso	La Ligua	35390	2632	7,44	52,01	47,99	5,3	7,66	74,22	12,82
	Papudo	6356	2464	38,77	56,56	43,44	4,23	7,23	76,91	11,63
	Zapallar	7339	1661	22,63	52,93	47,07	5,31	7,71	72,58	14,4
	Puchuncaví	18546	4455	24,02	52,45	47,55	4,85	7,18	72,57	15,4
	Quintero	31923	7266	22,76	50,44	49,56	6,41	12,1	69,34	12,15
	Concón	42152	2486	5,9	49,53	50,47	8,15	8,39	65,89	17,57

Región	Comuna	Población Comunal 2017	Población bajo 10 [msnm]	% población bajo 10 [msnm]	Hombres	Mujeres	Edad 0 a 5 años	Edad 6 a 14 años	Edad 15-64 años	Edad 65+ años
	Viña del Mar	334248	48028	14,37	46,57	53,43	3,17	4,01	72,34	20,49
	Valparaíso	296655	10221	3,45	50,76	49,24	4,08	5,12	77,41	13,39
	Casablanca	26867	1001	3,73	53,27	46,73	4,47	8,83	72,13	14,57
	Algarrobo	13817	2441	17,67	49,18	50,82	5,56	7,26	64,61	22,58
	El Quisco	15955	2287	14,33	48,69	51,31	4,77	9,12	66,39	19,73
	El Tabo	13286	4579	34,46	49,36	50,64	5,95	8,66	68,31	17,08
	Cartagena	22738	5328	23,43	49,71	50,29	6,34	10,46	68,81	14,38
	San Antonio	91350	5201	5,69	53,03	46,97	5,91	9,21	73,16	11,72
	Santo Domingo	10900	2601	23,86	52,13	47,87	5,67	9,86	69,1	15,37
Libertador General Bernardo O'Higgins	Navidad	6641	2134	32,13	52,53	47,47	6,12	8,89	63,98	21,01
	Litueche	6294	39	0,62	61,54	38,46	0	0	100	0
	Pichilemu	16394	3806	23,22	51,69	48,31	5,43	7,87	72,18	14,51
	Paredones	6188	1161	18,76	50,9	49,1	0,9	1,5	73,32	24,27
Maule	Vichuquén	4322	3265	75,54	51,32	48,68	4,92	9,57	70,48	15,03
	Licantén	6653	1830	27,51	52,03	47,97	4,05	8,68	73,06	14,21
	Curepto	9448	142	1,5	54,93	45,07	0	0	81,25	18,75
	Constitución	46068	6433	13,96	49,89	50,11	7,25	11,37	70,31	11,07
	Chanco	8928	755	8,46	53,49	46,51	5,44	13,59	67,53	13,45
	Pelluhue	7571	3279	43,31	49,01	50,99	7,61	9,22	66,23	16,93
Ñuble	Cobquecura	5012	3284	65,52	48,36	51,64	3,35	5,9	74,81	15,94
	Treguaco	5401	246	4,55	49,19	50,81	2,44	1,95	71,22	24,39
	Coelemu	15995	734	4,59	51,91	48,09	6,68	10,51	66,62	16,19
Biobío	Tomé	54946	9711	17,67	48,24	51,76	6,59	10,14	70,39	12,88
	Penco	47367	15535	32,8	47,86	52,14	6,75	9,84	68,16	15,25
	Talcahuano	151749	86538	57,03	48,13	51,87	5,85	9,39	72,86	11,89
	Hualpén	91773	50156	54,65	47,76	52,24	6,5	11,38	73,05	9,06

Región	Comuna	Población Comunal 2017	Población bajo 10 [msnm]	% población bajo 10 [msnm]	Hombres	Mujeres	Edad 0 a 5 años	Edad 6 a 14 años	Edad 15-64 años	Edad 65+ años
	San Pedro de la Paz	131808	107531	81,58	47,93	52,07	8,43	13,56	70,58	7,43
	Coronel	116262	46498	39,99	47,98	52,02	6,66	11,59	72,06	9,69
	Lota	43535	13769	31,63	48,83	51,17	6,4	10,53	70,46	12,61
	Arauco	36257	33276	91,78	48,99	51,01	7,05	12,54	70,43	9,97
	Lebu	25522	16172	63,36	48,1	51,9	6,41	11,69	71,79	10,11
	Los Álamos	21035	372	1,77	46,77	53,23	8,6	13,44	66,94	11,02
	Cañete	34537	1473	4,26	50,98	49,02	7,86	15,38	64,21	12,55
	Tirúa	10417	6169	59,22	50,23	49,77	8,26	13,07	69,88	8,79
Araucanía	Carahue	24533	5415	22,07	50,31	49,69	6,31	12,64	63,32	17,72
	Puerto Saavedra	12450	9148	73,48	49,21	50,79	6,47	12,1	65,27	16,16
	Teodoro Schmidt	15045	4282	28,46	51,19	48,81	5,89	11,5	67,68	14,93
	Toltén	9722	7297	75,06	49,93	50,07	6,19	11,41	69,2	13,2
Los Ríos	Mariquina	21278	2507	11,78	51,54	48,46	7,17	11,46	66,55	14,81
	Valdivia	166080	49157	29,6	49,35	50,65	5,67	8,82	73,61	11,91
	Corral	5302	2766	52,17	50,02	49,98	5,4	9,78	70,32	14,49
	La Unión	38036	36	0,09	75	25	0	0	100	0
Los Lagos	San Juan de la Costa	7512	1170	15,58	51,42	48,58	3,81	9,18	76,7	10,31
	Río Negro	14085	67	0,48	62,69	37,31	0	0	87,5	12,5
	Purranque	20369	195	0,96	61,54	38,46	6,38	14,89	69,15	9,57
	Fresia	12261	40	0,33	55	45	0	0	100	0
	Los Muermos	17068	1858	10,89	53,66	46,34	3,34	6,8	72,1	17,77
	Mauñín	14216	13139	92,42	50,59	49,41	4,63	9,48	70,39	15,51
	Calbuco	33985	26272	77,3	50,43	49,57	6,7	12,6	67,66	13,04
	Puerto Montt	245902	22916	9,32	50,9	49,1	6,4	10,9	70,75	11,94
	Cochamó	4023	2618	65,08	53,12	46,88	4,3	9,84	70,91	14,95
Hualaihué	8994	7549	83,93	52,9	47,1	6,01	12,63	70,48	10,89	

Región	Comuna	Población Comunal 2017	Población bajo 10 [msnm]	% población bajo 10 [msnm]	Hombres	Mujeres	Edad 0 a 5 años	Edad 6 a 14 años	Edad 15-64 años	Edad 65+ años
	Chaitén	5071	3982	78,52	57,92	42,08	3,53	10,56	77,99	7,91
	Ancud	38991	18598	47,7	49,62	50,38	5,73	10,74	69,41	14,12
	Quemchi	8352	6480	77,59	51,76	48,24	4,22	9,58	71,6	14,6
	Dalcahue	13762	5198	37,77	49,93	50,07	5,58	10,83	69,8	13,79
	Castro	43807	12571	28,7	49,7	50,3	6,09	11,31	69,3	13,31
	Curaco de Vélez	3829	2554	66,7	48,08	51,92	3,36	11,84	68,53	16,27
	Quinchao	8088	6918	85,53	49,11	50,89	4,7	11,25	70,18	13,88
	Chonchi	14858	7217	48,57	50,95	49,05	6,2	9,71	72,8	11,29
	Puqueldón	3921	3367	85,87	50,28	49,72	4,99	8,04	69,49	17,48
	Queilén	5385	4190	77,81	51,34	48,66	5,73	9,91	70,64	13,72
	Quellón	27192	12999	47,8	52,33	47,67	6,68	12,29	72,57	8,45
Aysén	Guaitecas	1843	1228	66,63	55,37	44,63	5,58	10,88	75,69	7,86
	Cisnes	6517	2620	40,2	63,15	36,85	4,55	6,88	80,14	8,43
	Aysén	23959	18467	77,08	51,49	48,51	6,9	15,25	70,23	7,62
	Tortel	523	523	100	71,43	28,57	40,46	0	38,93	20,61
Magallanes	Natales	21477	4756	22,14	51,99	48,01	3,18	6,88	77,25	12,69
	San Gregorio	799	443	55,44	86,55	13,45	0	0	93,07	6,93
	Río Verde	617	457	74,07	79,47	20,53	3,01	0	96,99	0
	Punta Arenas	131592	29117	22,13	50,1	49,9	4,95	9,02	72,86	13,17
	Primavera	1158	171	14,77	77,93	22,07	3,03	2,42	87,27	7,27
	Porvenir	6801	1667	24,51	60,73	39,27	3,02	4,91	83,99	8,08
	Timaukel	405	166	40,99	67,2	32,8	13,08	0	86,92	0
	Cabo de Hornos	2063	864	41,88	63,29	36,71	5,51	6,18	84,54	3,76

4.4 INFRAESTRUCTURA COSTERA

4.4.1 Análisis a nivel agregado

Se catastraron un total de 84.702 entidades, cuya desagregación es mostrada en la Tabla 27. De estas, 81.616 corresponden a tramos de la red vial que se encuentran bajo los 10 [msnm]. Debido a que no fue posible identificar a qué entidad vial corresponde cada tramo³³, estos no fueron considerados directamente en el análisis. Solo como referencia se, calculó la suma total de [km] por comuna que se encuentran en la zona expuesta bajo los 10 [msnm].

En la Figura 48 se muestra la cantidad de entidades por región, excluyendo red vial y la instrumentación. Se observa que las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Los Lagos concentran la mayor cantidad de infraestructura, mientras que las regiones de O'Higgins y Ñuble poseen la menor cantidad de este tipo de infraestructura en todo el país.

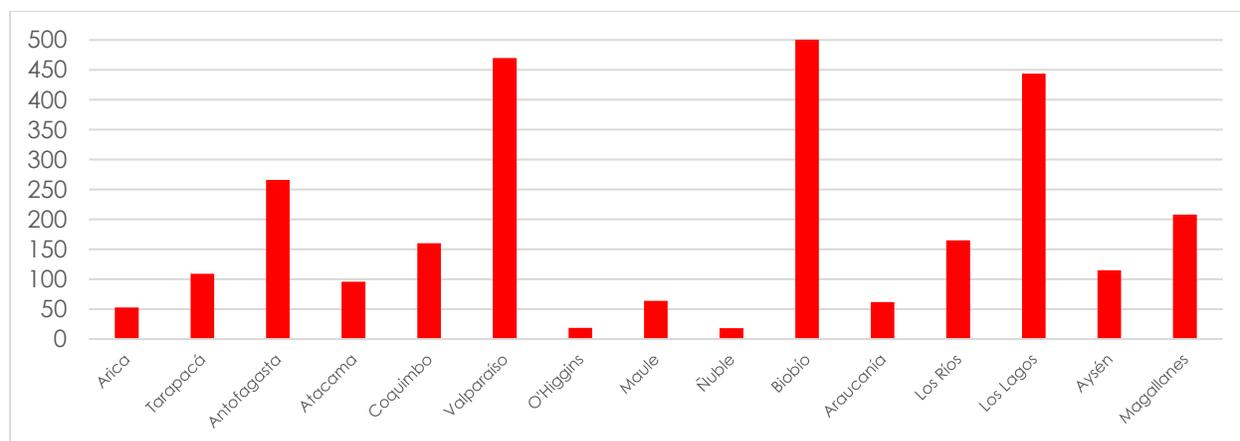
Tabla 27: Distribución de tipos de entidades de infraestructura costera, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

Clasificación	Tipo entidad	Número
Transporte	Puentes	470
	Red vial (puntos de la red bajo 10 msnm)	81.616
Industria	Establecimientos Industriales Químicos	35
	Establecimientos Registro Emisiones y Transferencia de Contaminantes	1.033
	Instalaciones de tratamiento de residuos	10
Energía	Biomasa	2
	Oleoductos	10
	Gasoductos	15
	Almacenes de combustible	18
	Termoeléctricas cercanas a la costa	24
	Subestaciones	47
Agua	Emisarios submarinos	22
	Puntos de Captación	66
	Plantas desaladoras	20
Instalaciones navales, Puertos y Obras costeras	Plantas de tratamiento aguas servidas	17
	Plantas de tratamiento agua potable	14
	Plantas elevadora aguas servidas	290
	Plantas elevadora agua potable	90
	Cables submarinos	20

³³ Las huellas, pasajes y otros caminos menores no cuentan con un identificador en las bases de datos originales lo que imposibilita esta identificación en la actualidad.

Clasificación	Tipo entidad	Número
	Astilleros	10
	Varaderos	3
	Obras de borde costero	49
	Defensa costera	116
	Embarcaderos	4
	Muelles	235
	Paseos Costeros	3
	Rampas	68
	Terminales estatales	71
	Terminales privados	74
	Boyas	26
	Puertos estatales	12
	Puertos privados	14
	Faros	2
	Club de yates, Club Náutico o CENDYR náutico	21
	Marinas y puertos deportivos	4
Instrumentos costeros	Acelerógrafos CSN	34
	Multiparámetros CSN	4
	Estación calidad de agua	25
	Estaciones Meteorológicas	60
	Boyas DART	5
	Estaciones Nivel del Mar SHOA	43

Figura 48: Distribución regional de infraestructura costera, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].



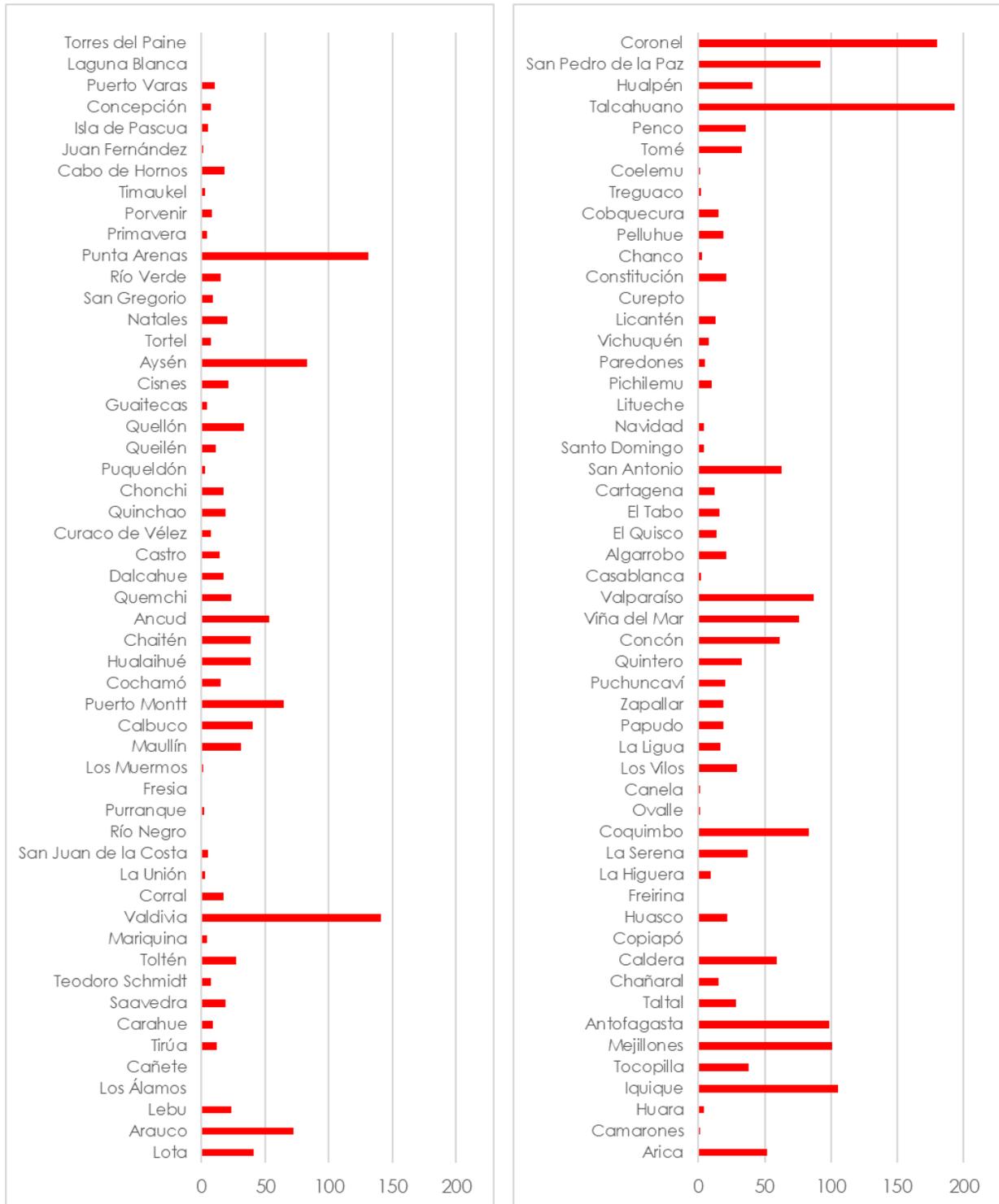
Al verificar la distribución comunal de la infraestructura presente en el área expuesta (Figura 49), se constata que 7 comunas resaltan por poseer más de 100 unidades de infraestructura en sus costas. Estas comunas son

- Iquique
- Mejillones
- Antofagasta
- Talcahuano
- Coronel
- Valdivia
- Punta Arenas

De esta forma aparecen comunas de las regiones de Tarapacá, Los Ríos y Magallanes, que no se encuentran reflejadas en el análisis a nivel regional. Ninguna comuna de las regiones de Valparaíso y Los Lagos, superan las 100 unidades, pero dentro de las comunas de estas regiones, varias tienen una gran cantidad de entidades de infraestructura costera.

Por otro lado, las 10 comunas de Copiapó, Freirina, Litueche, Curepto, Los Álamos, Cañete, Río Negro, Fresia, Laguna Blanca y Torres del Paines, resaltan por no tener ninguna unidad de infraestructura costera en su litoral.

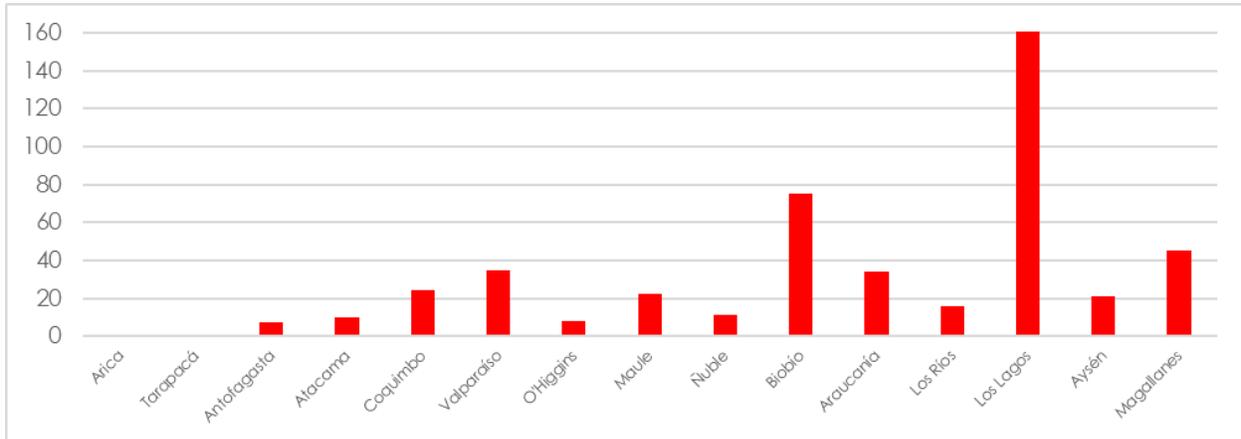
Figura 49: Distribución comunal de infraestructura costera, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



4.4.2 Infraestructura vial

Con respecto a las redes de transporte terrestres, solo se consideraron los puentes y las redes viales. Existen 438 puentes localizados en vías costeras bajo los 10 [msnm], cuya distribución regional es mostrada en la Figura 50. Se aprecia que, en la región de Los Lagos, se localiza la mayor cantidad de puentes. En la Figura 51 se muestran los puentes a nivel comunal.

Figura 50: Distribución regional de puentes, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].



Además, existen 81.616 tramos de redes viales que se encuentran bajo los 10 [msnm], que representan un total de 9.512 [km], entre los que se cuenta, en número de tramos:

- Avenidas 8.600
- Bajo nivel 52
- Calle 20.899
- Camino 15.384
- Carretera 2.251
- Escalas 90
- Huellas 12.857
- Pasajes 9.504
- Peatonal 446
- Principal 1.877
- Privado 1.429
- Secundario 6.011
- Senderos 1.600
- Sobrenivel 27

En la Figura 52 y Figura 56 se muestra el número de tramos viales encontrados en el área expuesta bajo los 10 [msnm] a nivel regional y comunal, respectivamente. En la Figura 53 y Figura 57 se ilustra la suma de [km] que representan estos tramos. Se observa que las regiones del Biobío y Los Lagos concentran la mayor cantidad de tramos, pero Los Lagos y Magallanes destacan por la suma de [km] expuestas. La Figura 54 y Figura 55 muestran algunos ejemplos.

Figura 51: Distribución comunal de puentes, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

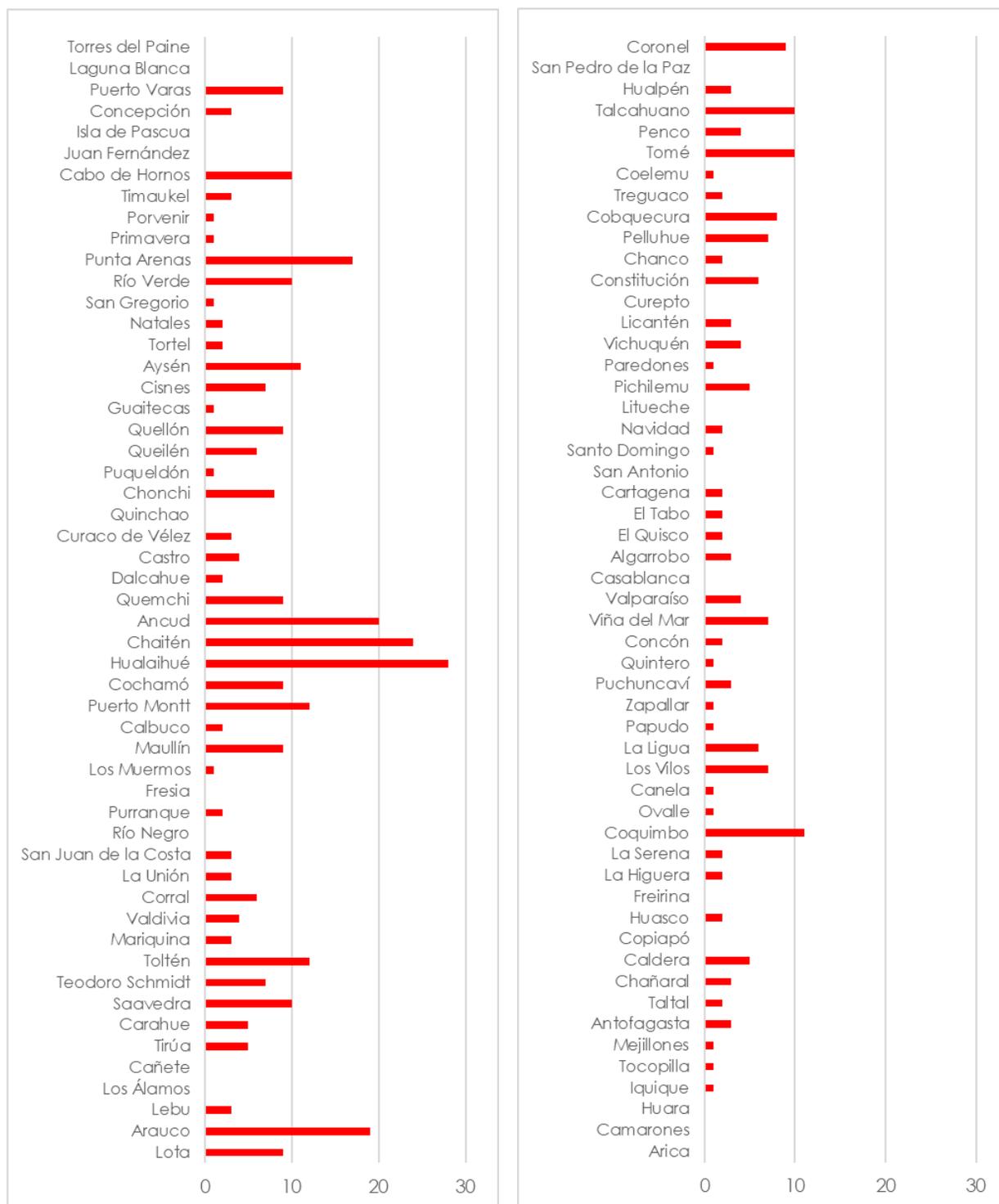


Figura 52: Distribución regional de tramos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

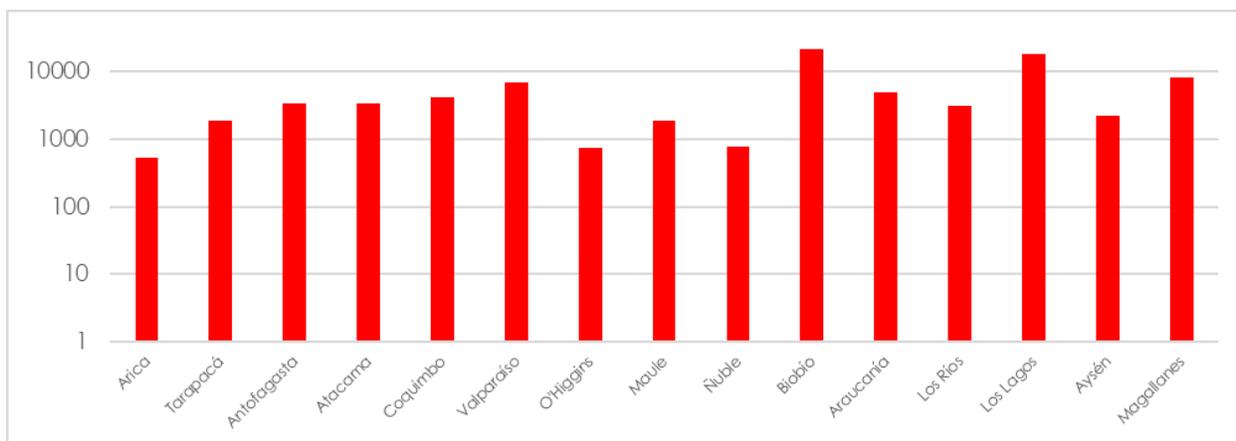


Figura 53: Distribución regional de la suma de [km] de la red vial encontrados en el área expuesta, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

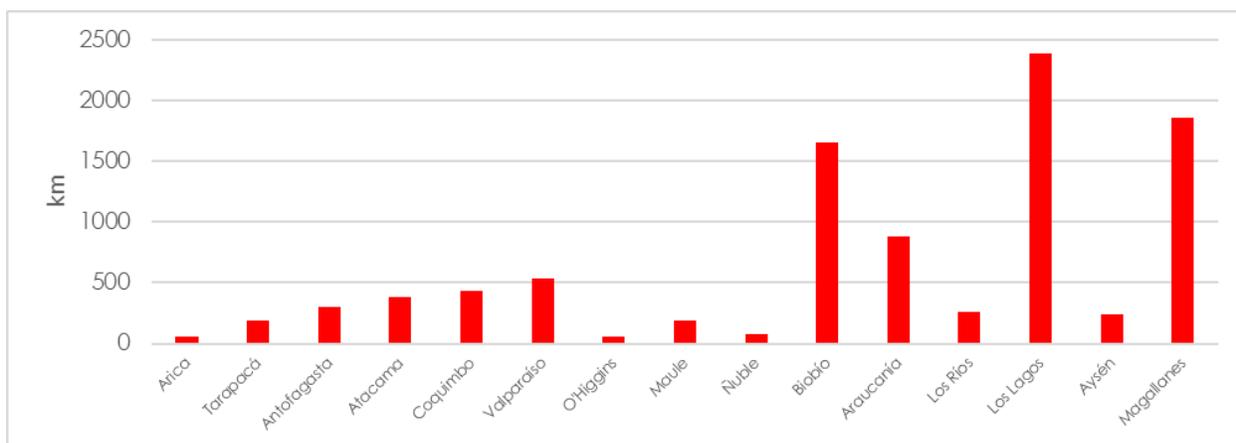


Figura 54: Ejemplos de caminos costeros ubicados bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.



Figura 55: Ejemplos de caminos costeros ubicados bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.

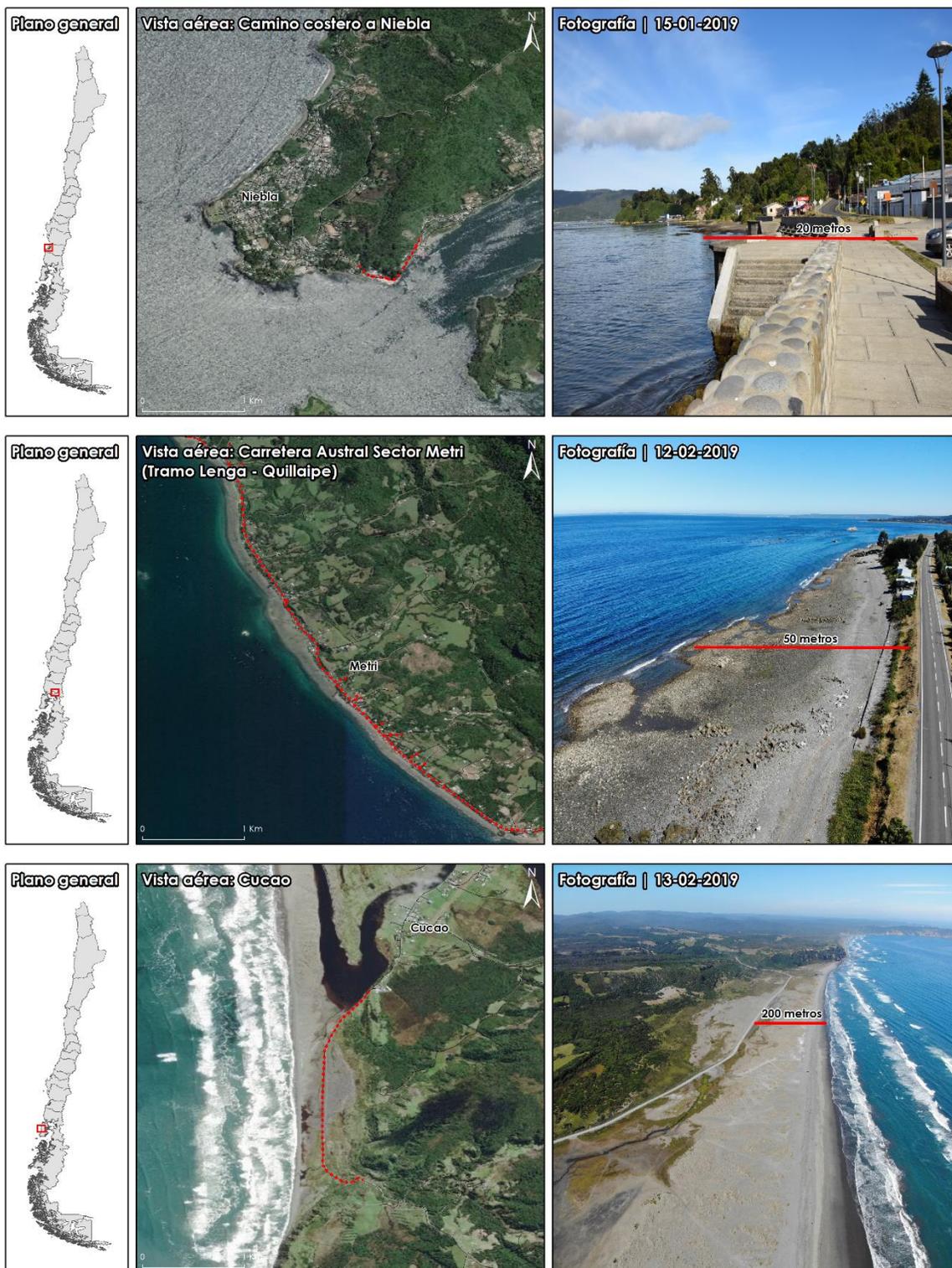


Figura 56: Distribución comunal de tramos de redes viales, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

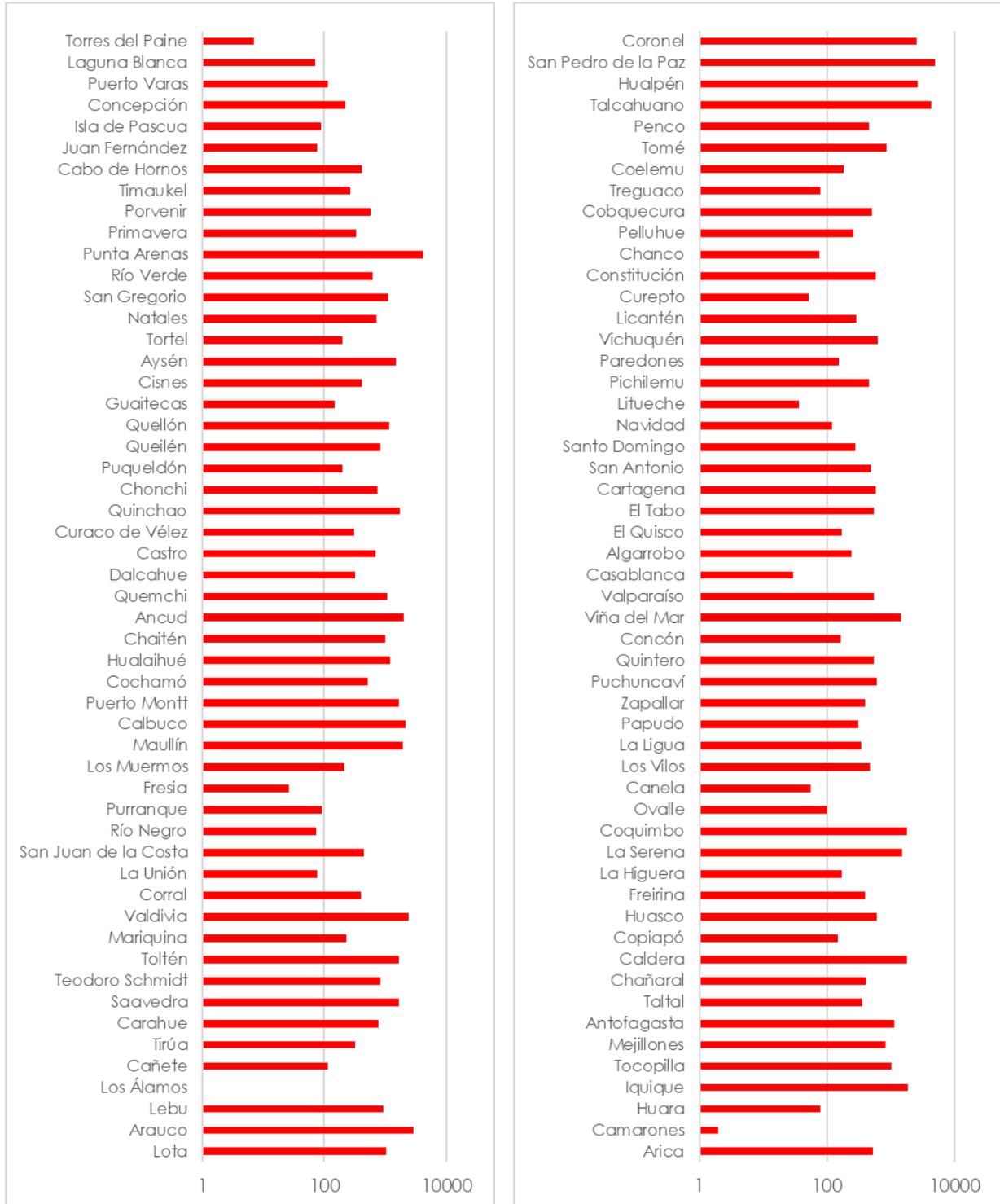
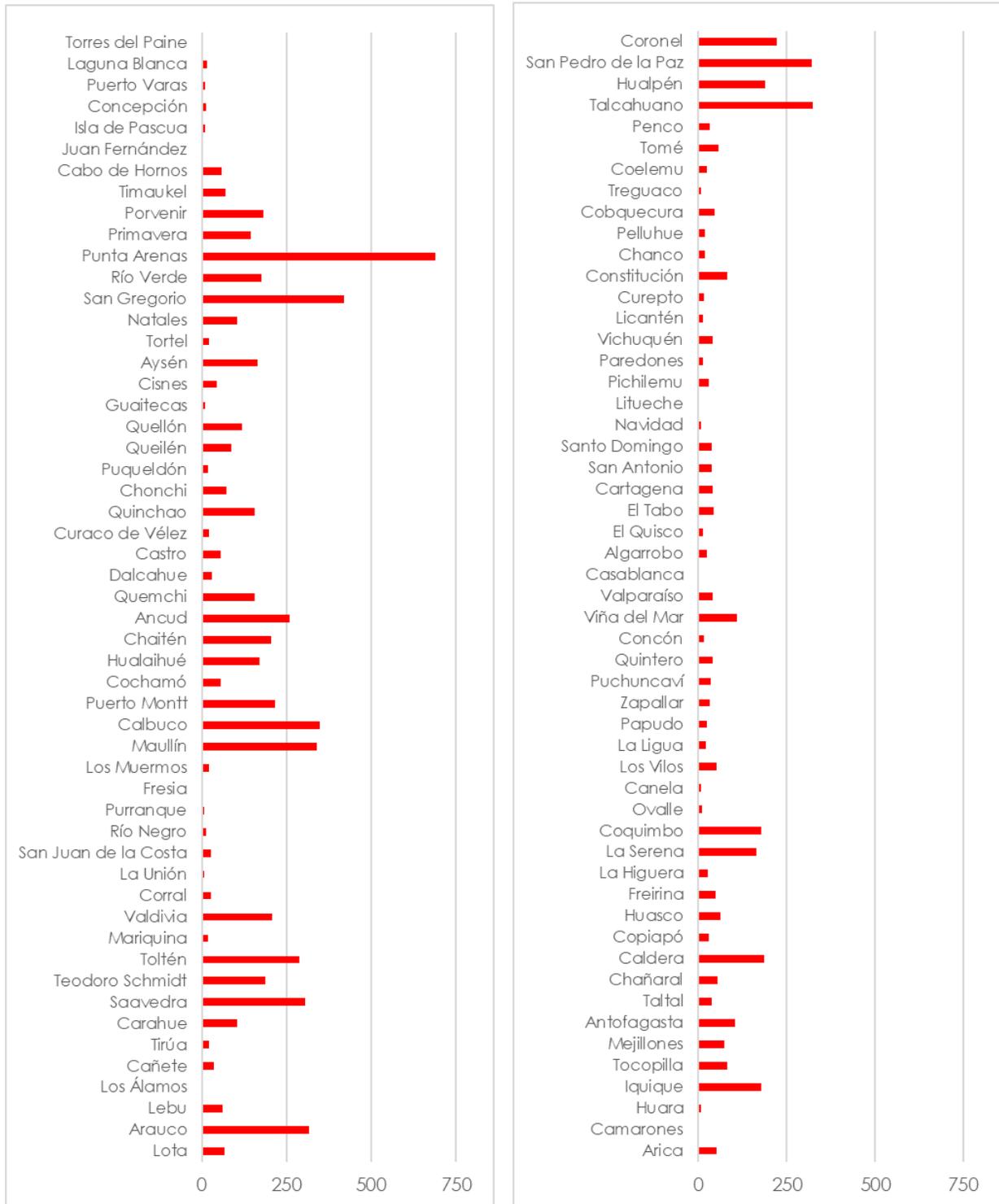


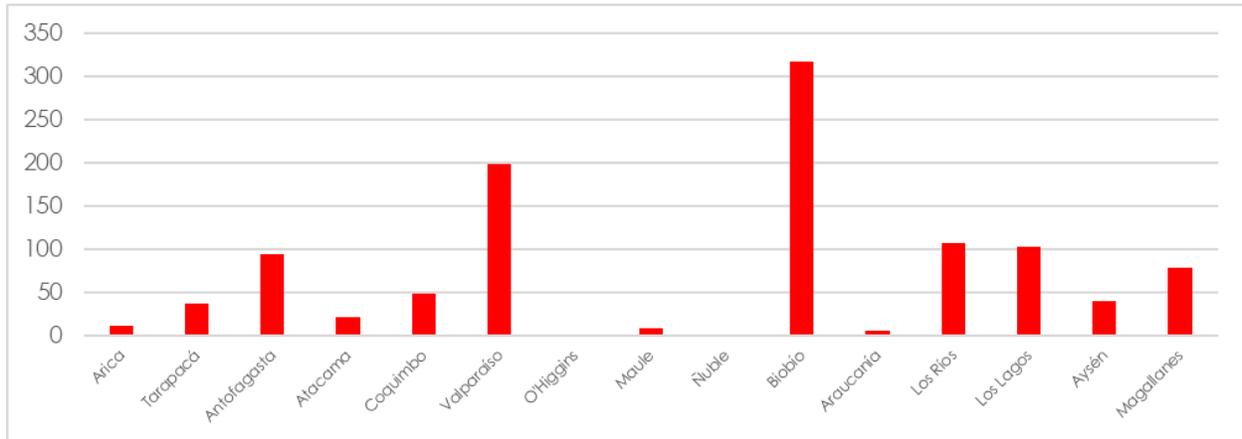
Figura 57: Distribución comunal de la suma en [km] de redes viales, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares)



4.4.3 Infraestructura industrial

Las entidades analizadas incluyen a Establecimientos Industriales Químicos³⁴, Establecimientos Registro Emisiones y Transferencia de Contaminantes³⁵, e Instalación Tratamientos de Residuos. La cantidad de estas entidades en el área expuesta bajo los 10 [msnm] fueron 1.078. En la Figura 58 se muestra la distribución por regiones de estas entidades. Se observa que la región del Biobío concentra más del 30% de este tipo de instalaciones, mientras que la región de O'Higgins y el Ñuble carecen de ellas.

Figura 58: Distribución regional de entidades de infraestructura industrial, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].



Al revisar el detalle, los establecimientos industriales químicos se distribuyen en los extremos norte y sur del país, concentrándose especialmente en la Región de Antofagasta (Figura 59). Por otra parte, se encontraron 1.033 establecimientos del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, cuya distribución regional (Figura 60), muestra que las regiones del Biobío y Valparaíso concentran la mayor cantidad de este tipo de instalaciones. Las regiones de O'Higgins y el Maule carecen de este tipo de establecimiento. Por último, la distribución de instalaciones de establecimientos de tratamiento de residuos, muestra que ellos se concentran en el sur del país, especialmente en la región de Los Ríos (Figura 61). En la Figura 62 a Figura 65 se muestran las distribuciones por comuna para la totalidad de los establecimientos industriales y separadamente, los Establecimientos Industriales Químicos, Establecimientos Registro Emisiones y Transferencia de Contaminantes, e Instalación Tratamientos de Residuos.

³⁴ En el catastro entregado por el MMA, no se encontraban establecimientos en Quintero ni Coronel.

³⁵ El Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) es un catálogo o base de datos que contiene información sobre las emisiones y transferencias al medio ambiente de sustancias químicas potencialmente dañinas. Es una base de datos accesible al público, destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son emitidos al entorno, generados por actividades industriales o no industriales y transferidos para su valorización o eliminación (Artículo 1 del D.S. N° 1/2013, Ministerio del Medio Ambiente). El libre acceso a la información es una característica central del RETC, y contribuye a la prevención y reducción de la contaminación ambiental. Fuente: <http://www.retc.cl/que-es-un-retc/>.

Figura 59: Distribución regional de establecimientos industriales químicos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

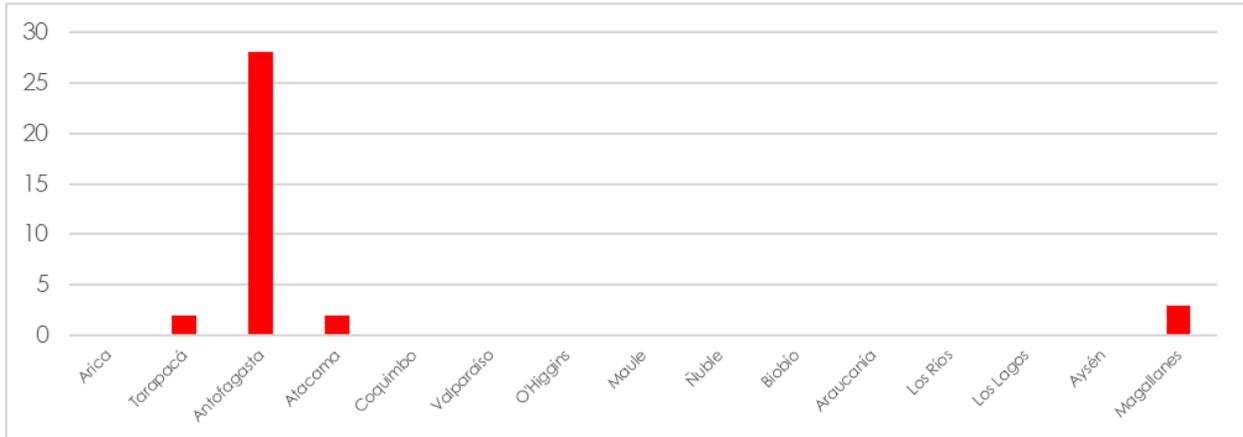


Figura 60: Distribución regional de establecimientos del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

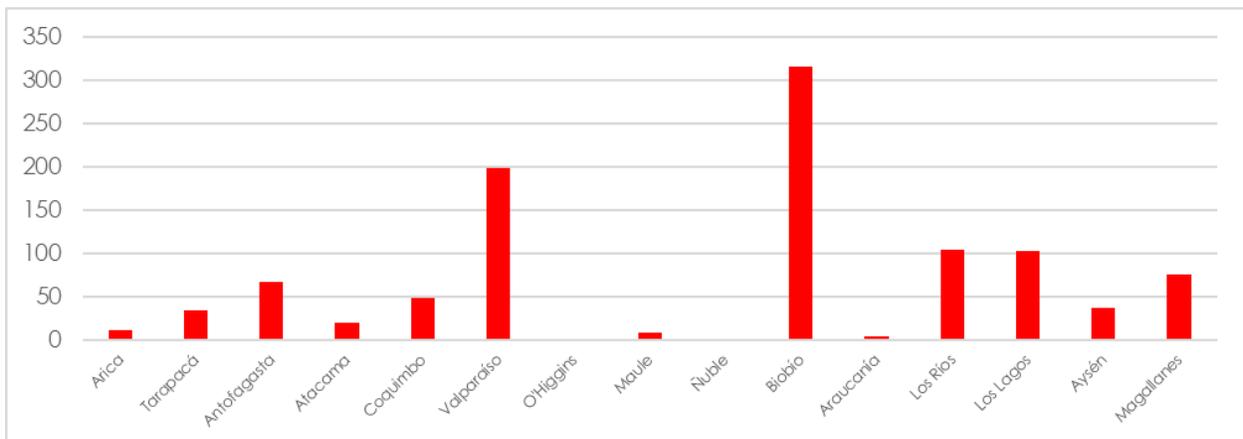


Figura 61: Distribución regional de tratamiento de residuos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

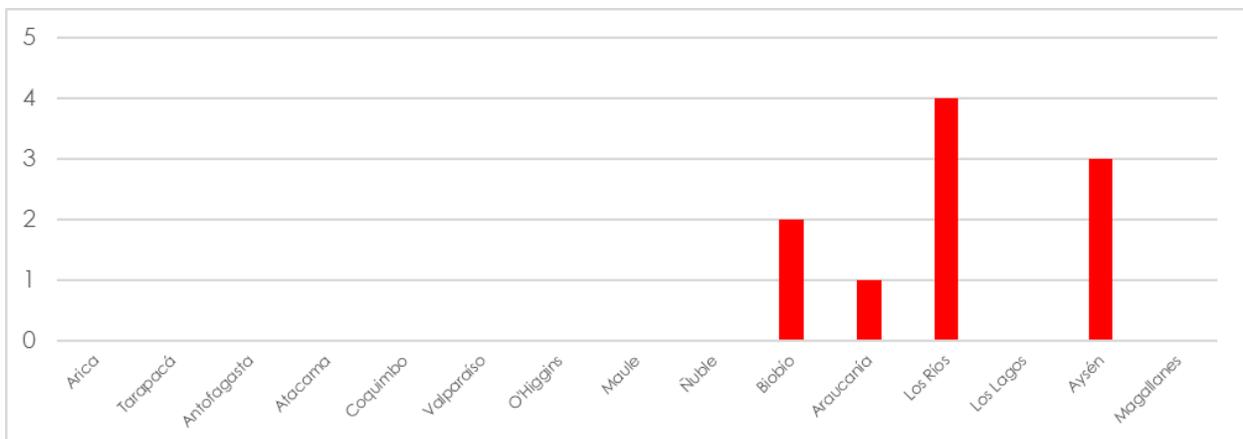


Figura 62: Distribución comunal de establecimientos industriales, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

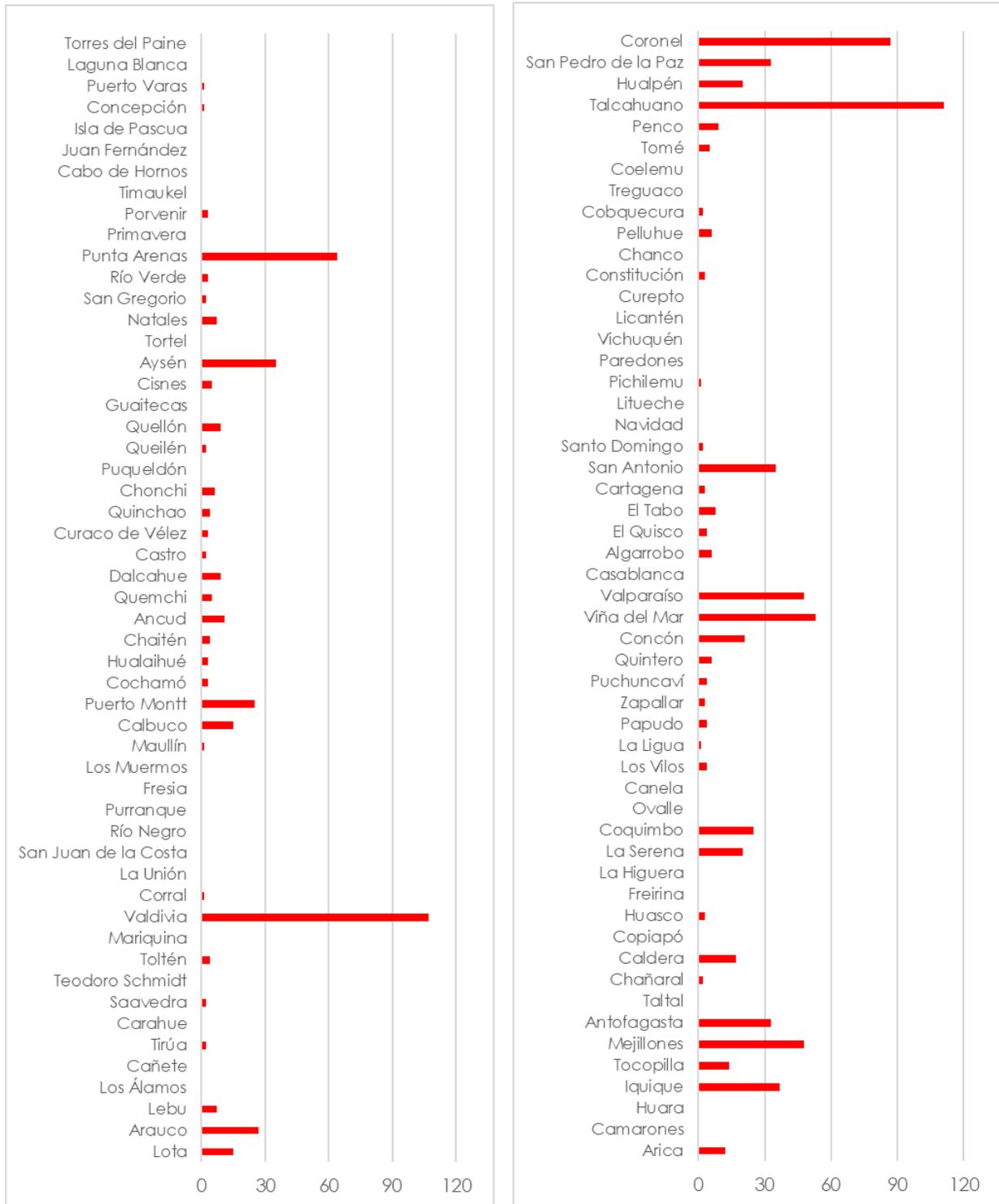


Figura 63: Distribución comunal de establecimientos industriales químicos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

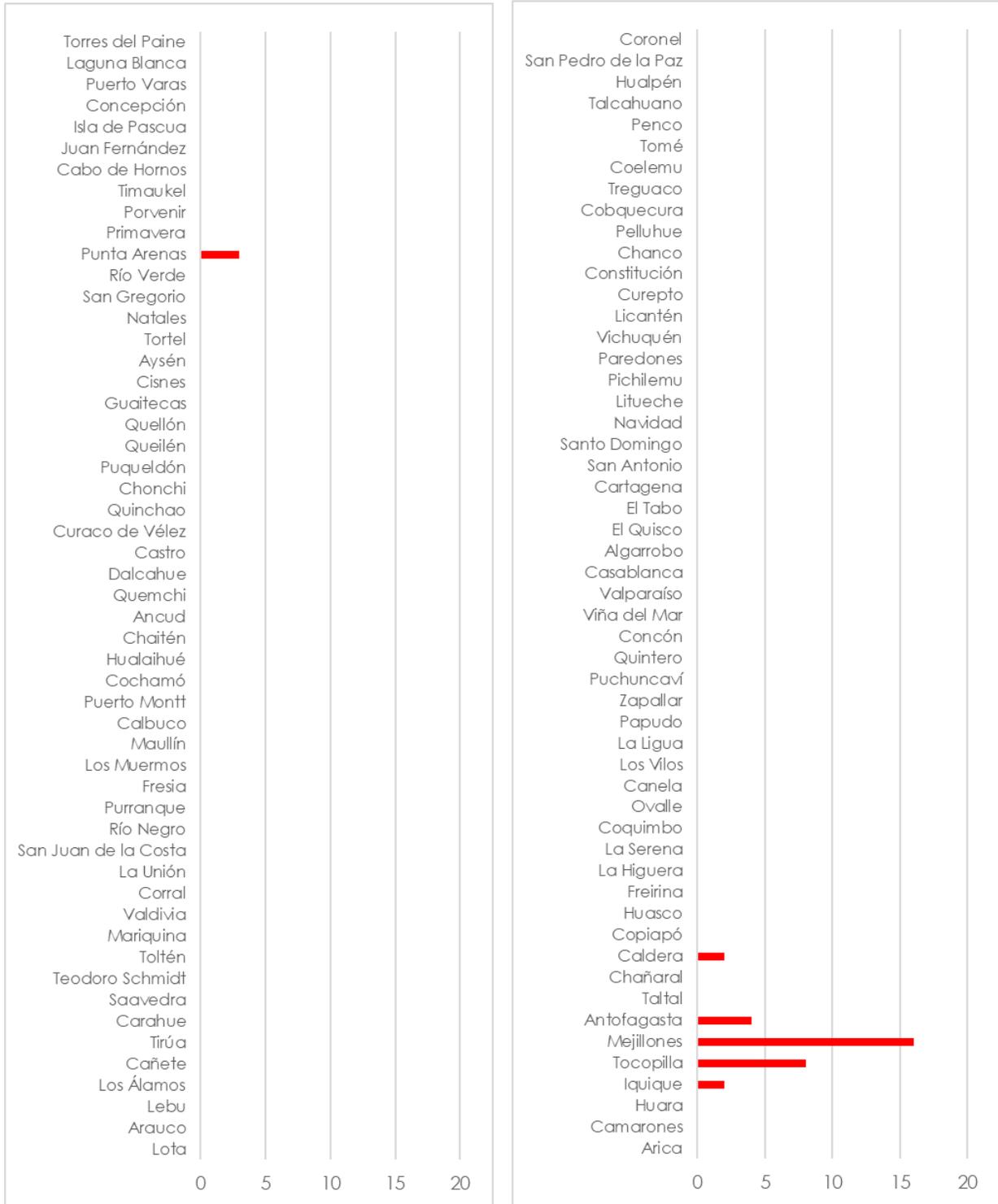


Figura 64: Distribución comunal de establecimientos del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

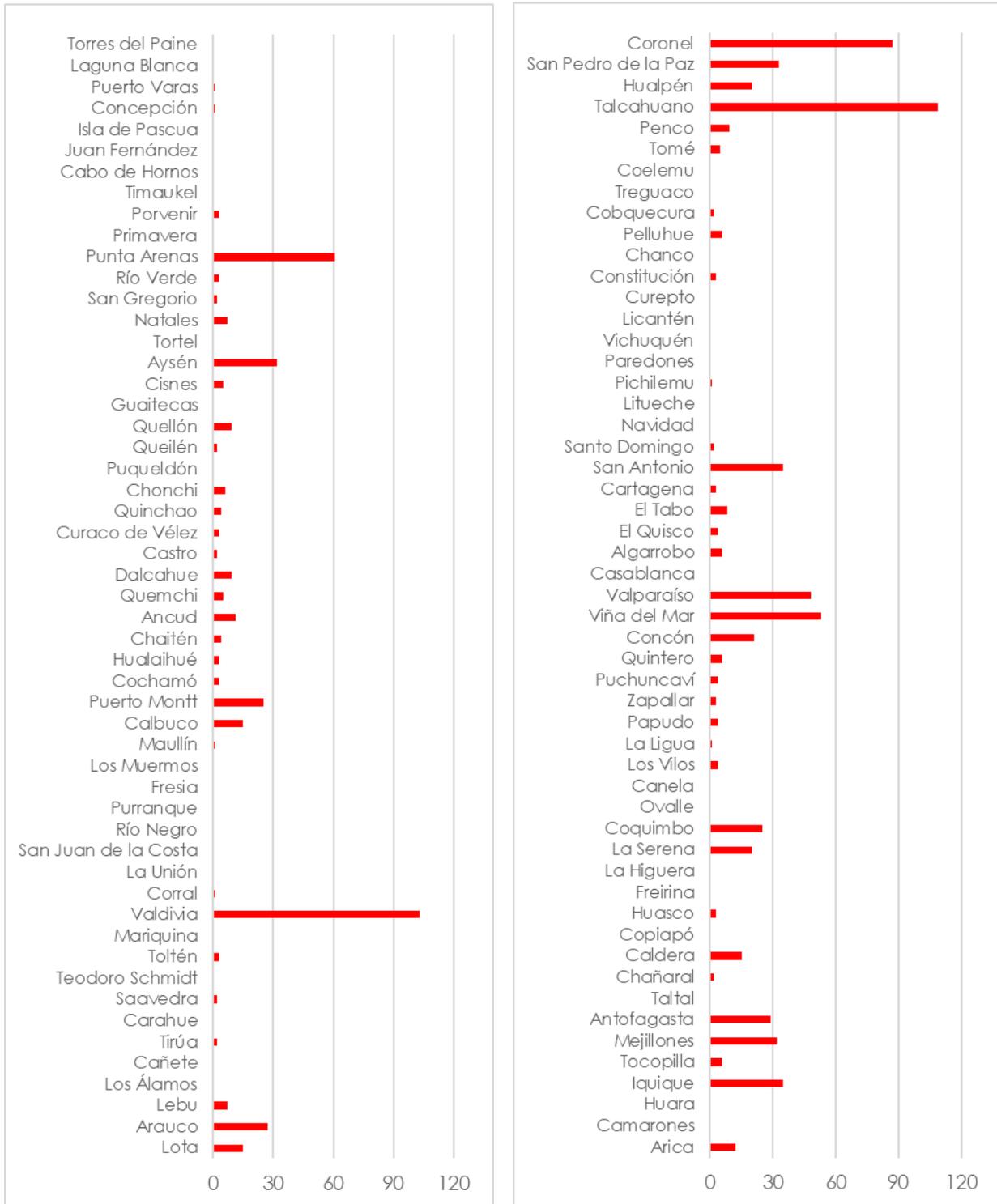


Figura 65: Distribución comunal de tratamiento de residuos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



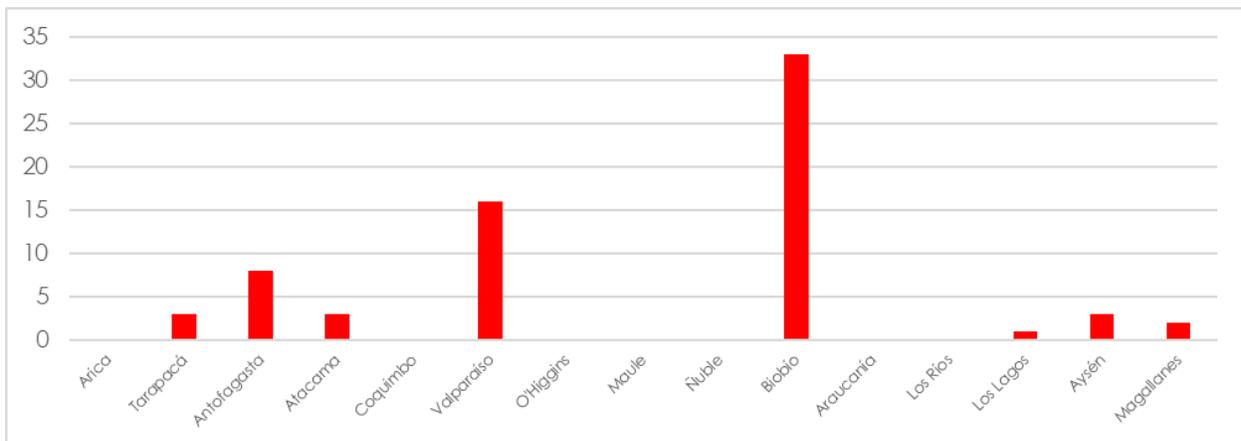
4.4.4 Infraestructura energética

Se encontraron un total de 116 establecimientos asociados a la producción y distribución de energía, entre los que se cuentan:

- 45 instalaciones de hidrocarburos³⁶
- 24 termoeléctricas
- 47 subestaciones eléctricas

La distribución regional de estas instalaciones se muestra en la Figura 66. Se observa que en orden decreciente, estas se localizan preferentemente en la región del Biobío, Valparaíso y Antofagasta, siendo inexistentes en las regiones de Coquimbo, O'Higgins, Maule, Ñuble, Araucanía y Los Ríos.

Figura 66: Distribución regional de establecimientos asociados a la producción y distribución de energía, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].



En la Figura 67 se muestra la distribución por comuna de estos establecimientos de energía. Se aprecia que existe un mayor número de ellos en la parte norte del país. La comuna de Talcahuano destaca con el mayor número.

³⁶ Estas instalaciones incluyen almacén de combustible, biomasa, gaseoducto y oleoducto.

Figura 67: Distribución comunal de establecimientos asociados a la producción y distribución de energía, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



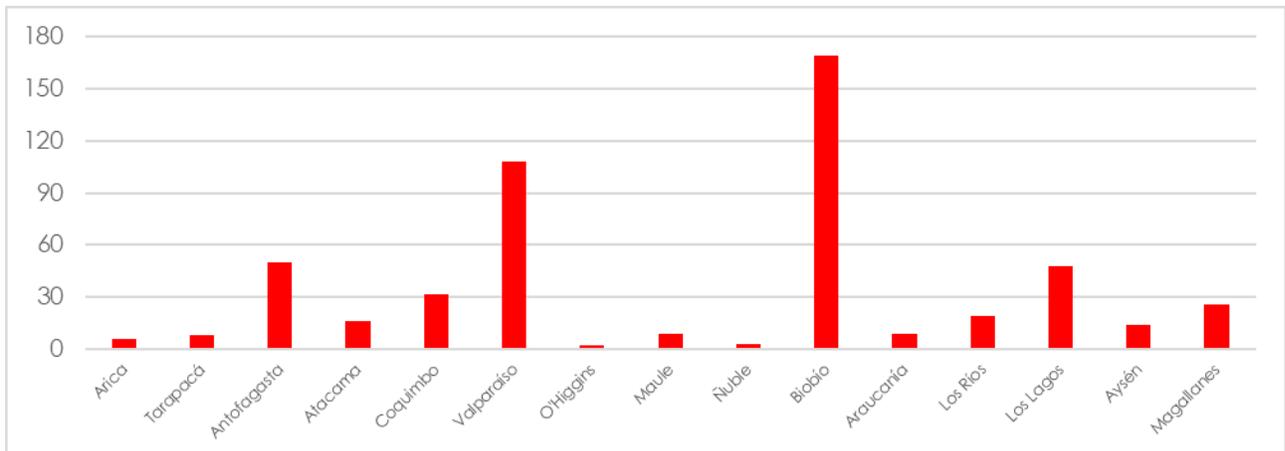
4.4.5 Infraestructura sanitaria

Esta categoría incluye plantas tratamiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas servidas, plantas elevadoras de agua potables, plantas elevadoras de aguas servida, puntos de captación, emisarios y plantas desaladoras. Se encontró un total de 519 instalaciones emplazadas en el área expuesta bajo los 10 [msnm], que se distribuyen de la siguiente manera:

- Infraestructura sanitaria: 499 unidades
- Plantas desaladoras: 20 unidades

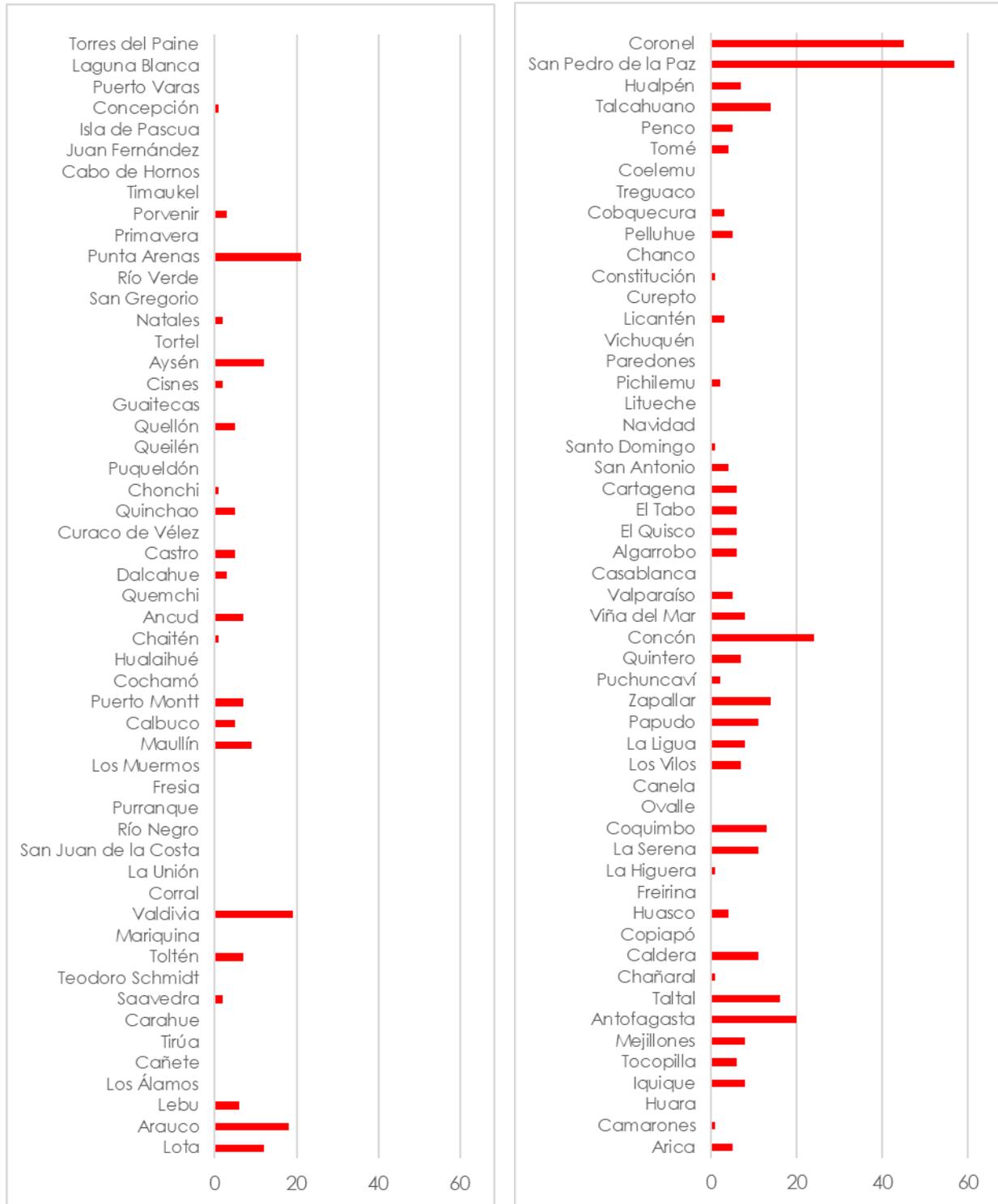
En la Figura 68 se muestra la distribución regional de las instalaciones de infraestructura sanitaria. En términos generales, paulatinamente se incrementan de norte a sur, hasta alcanzar un máximo en la región del Biobío. Las regiones que tienen mayor cantidad de este tipo de instalaciones bajo la cota de los 10 [msnm] son Biobío, Valparaíso, Antofagasta y Los Lagos. Las regiones de O'Higgins y El Maule, en contraste, tienen el menor número.

Figura 68: Distribución regional de instalaciones de infraestructura sanitaria, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].



En la Figura 69 se muestra la distribución comunal de las instalaciones de infraestructura sanitaria, destacando las comunas de San Pedro de La Paz y Coronel, como las que tienen el mayor número de estos establecimientos.

Figura 69: Distribución comunal de tratamiento de residuos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



4.4.6 Infraestructura costera y marítima

Las instalaciones costeras y marítimas fueron agrupadas en:

- Cables submarinos
- Astilleros y varaderos
- Muelle, rampla, paseo costero, embarcadero, defensa costera, borde costero
- Terminales marítimos estatales, privados, boyas
- Puertos privados y estatales
- Faros
- Clubes marinos: CENDYR Náuticos, clubes de Yates, clubes náuticos
- Marinas

Se encontró un total de 732 instalaciones, cuya distribución regional es mostrada en la Figura 70. Estas entidades se concentran principalmente en las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Los Lagos. Al considerar solo las construcciones del borde costero (defensas costeras, rampas, muelles, paseos costeros), la región de Los Lagos destaca mucho más que el resto (Figura 71).

Al considerar solo la distribución de los puertos y terminales marítimos (considerando los estatales y privados), son las regiones de Antofagasta, Valparaíso y Biobío las que resaltan (Figura 72). Los Astilleros y Varaderos se concentran principalmente en el norte del país (Figura 73).

Con respecto a instalaciones asociadas a navegación recreativa y deportiva, estas se concentran mayoritariamente en la región de Valparaíso (Figura 74).

A continuación se presenta la distribución a nivel de comunas del total de entidades asociadas a infraestructura marítima y costera (Figura 75), obras en el borde costero (Figura 76), puertos y terminales (Figura 77), astilleros y varaderos (Figura 78) y clubes e yates (Figura 79).

Figura 70: Distribución regional de instalaciones marítimas y costeras, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm].

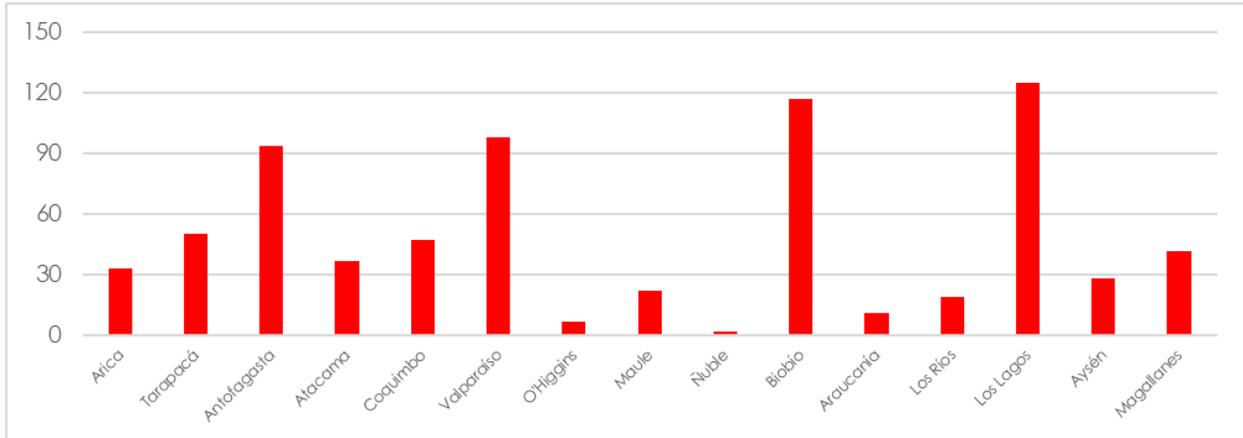


Figura 71: Número de elementos de borde costero (defensas costeras, embarcaderos, muelles, paseos y rampas) bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.

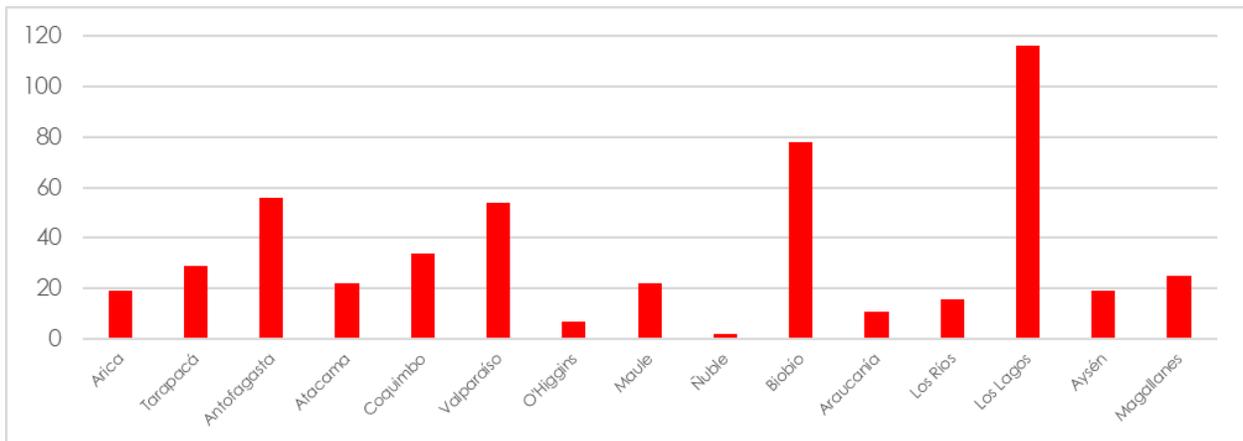


Figura 72: Distribución regional de puertos y terminales marítimos, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

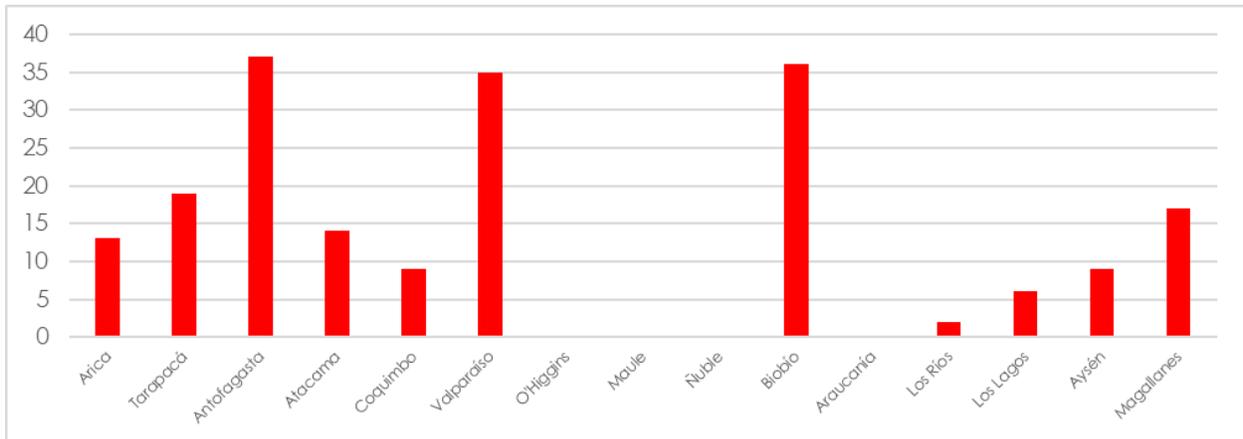


Figura 73: Distribución regional del número de elementos de astilleros bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.

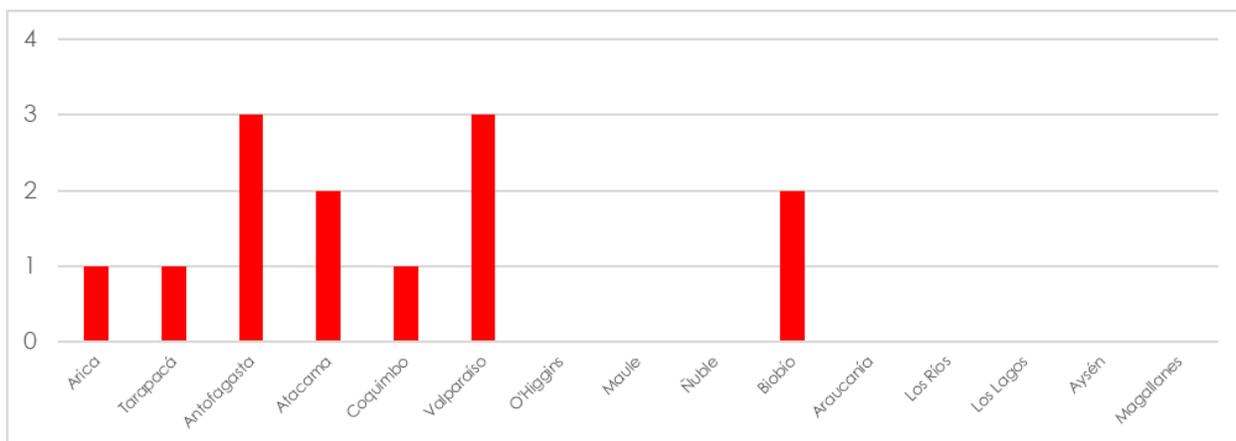


Figura 74: Distribución regional de clubes de Yates y marinas bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.

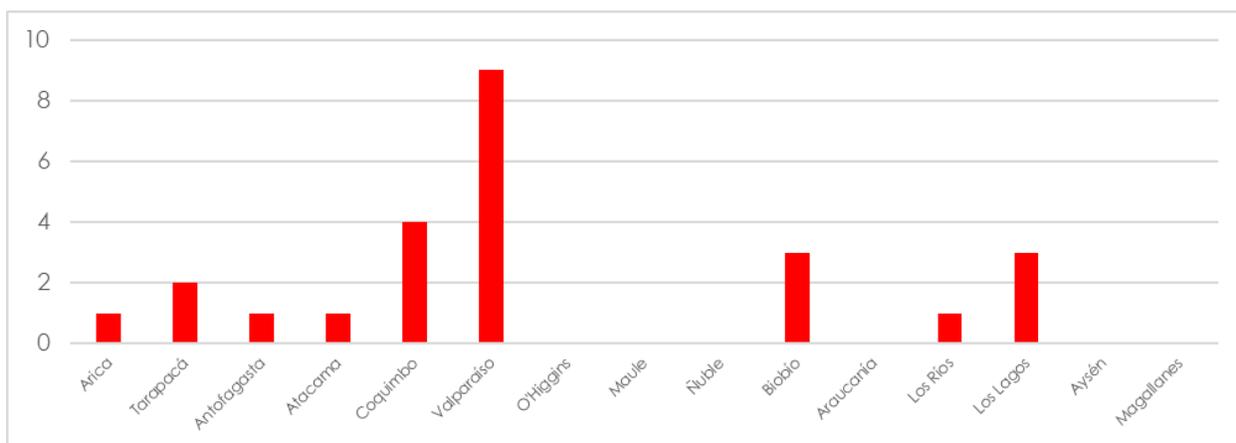


Figura 75: Distribución comunal del total de instalaciones marítimas y costeras, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

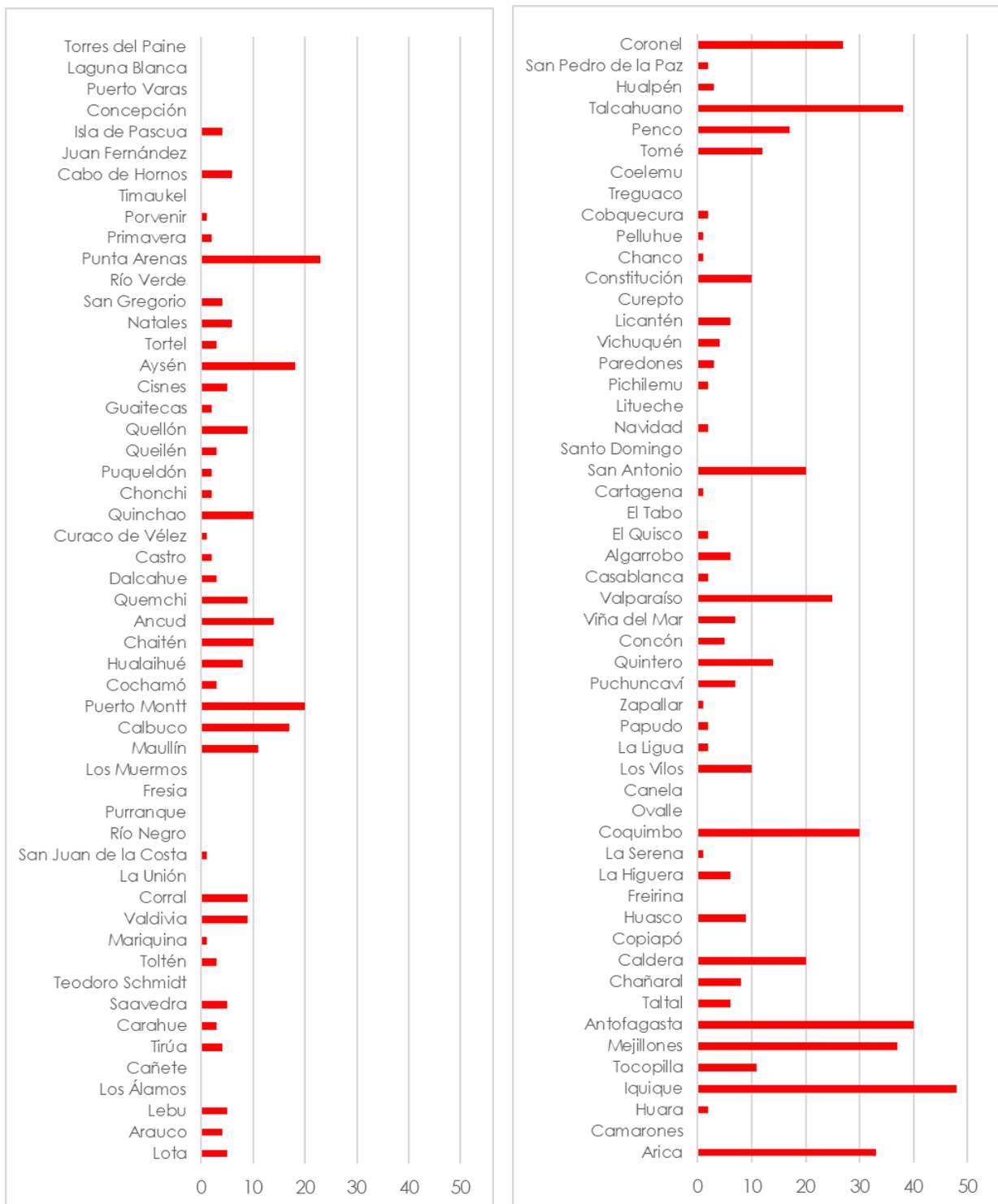


Figura 76: Distribución comunal de elementos de borde costero (defensas costeras, embarcaderos, muelles, paseos y rampas), en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

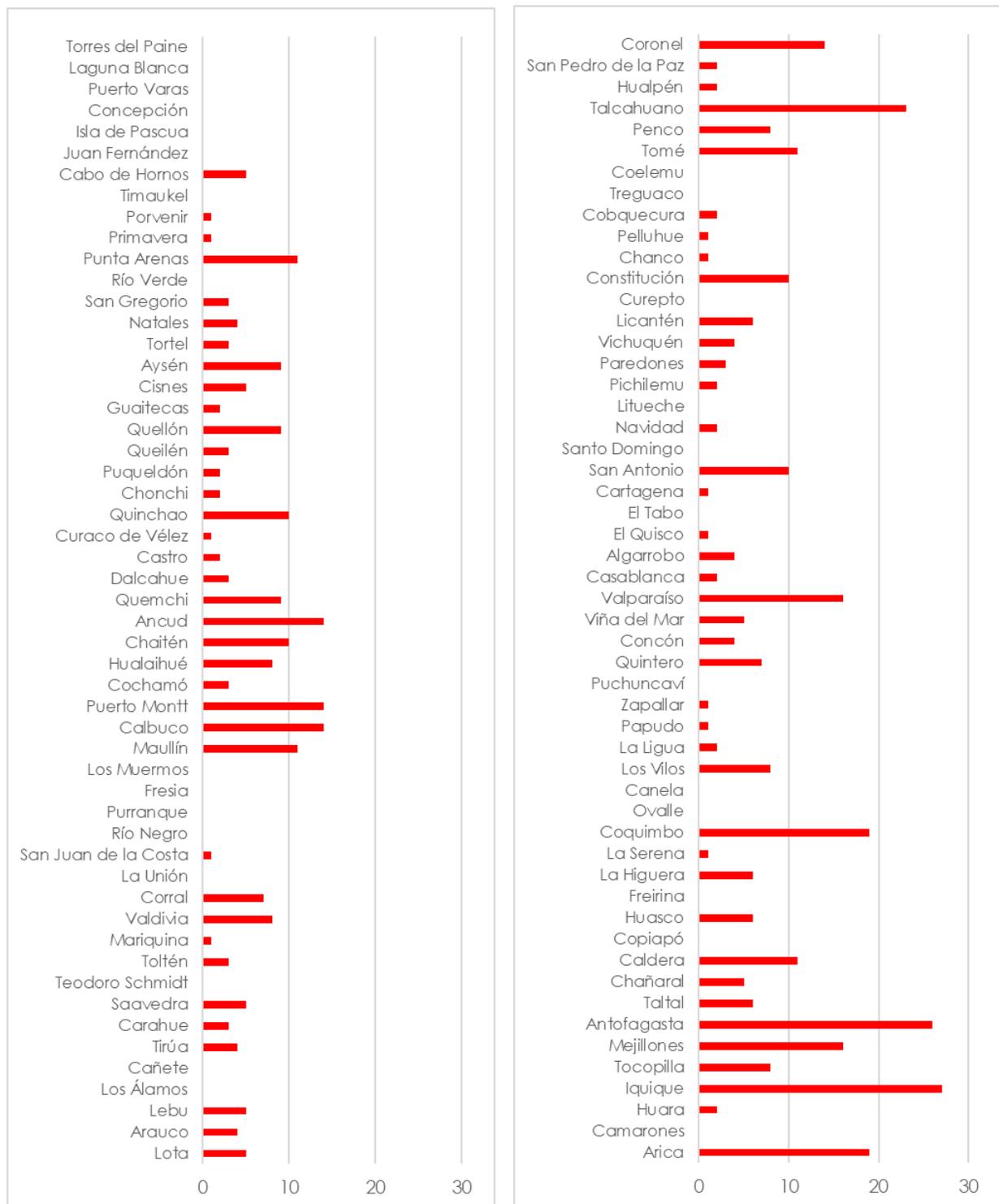


Figura 77 Distribución comunal de puertos y terminales marítimos, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

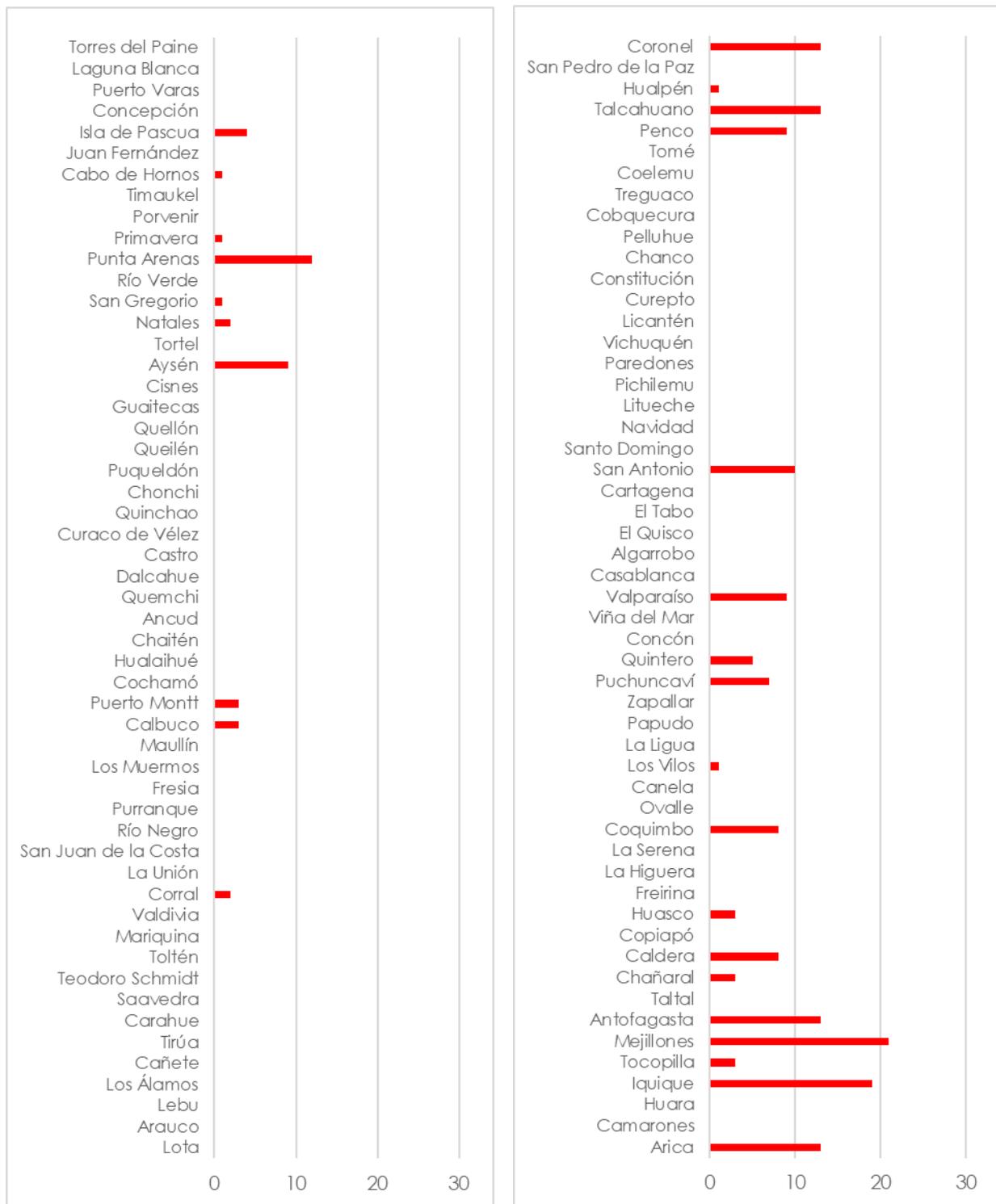


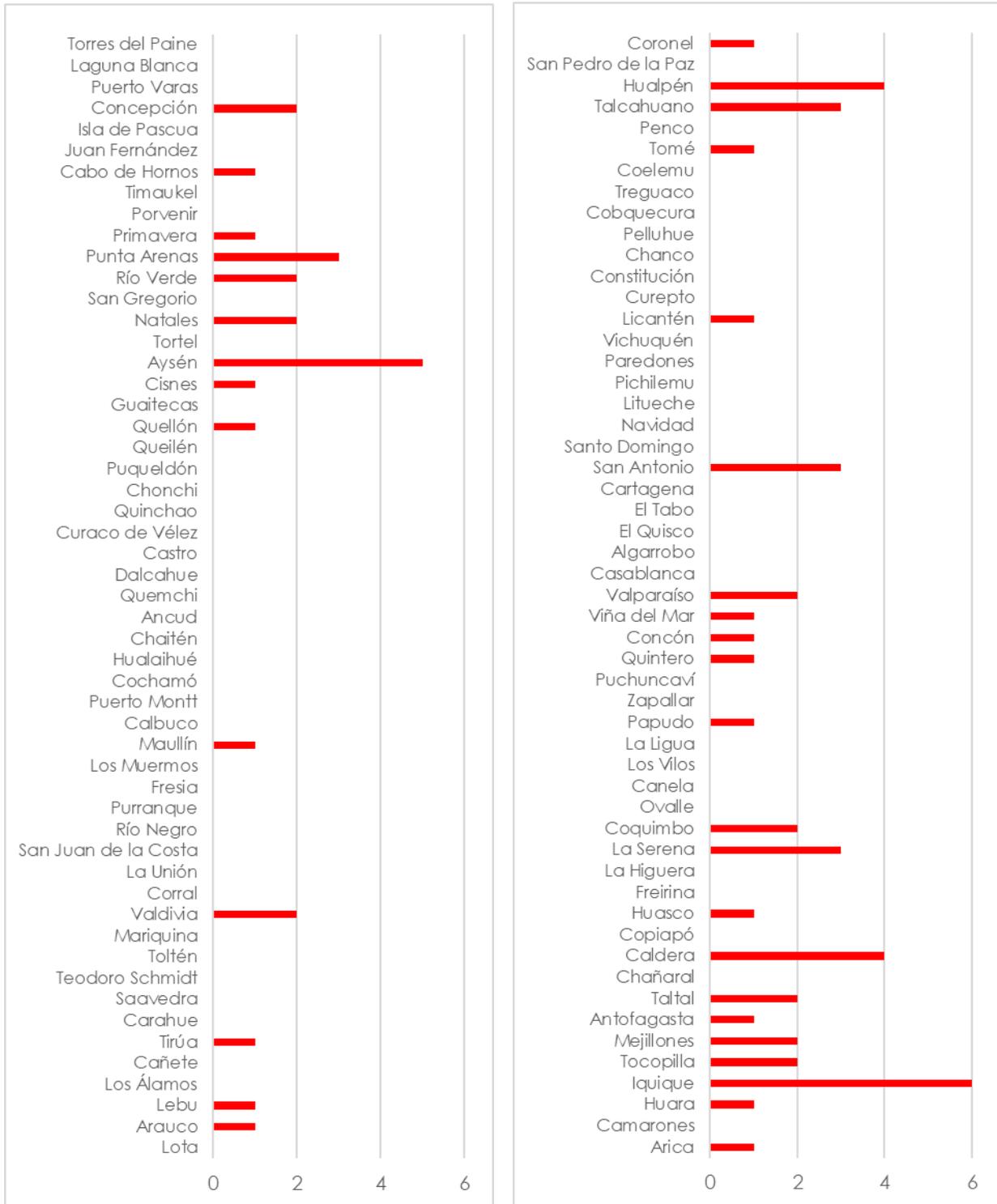
Figura 78: Distribución comunal de astilleros, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



Figura 79: Distribución comunal de clubes de yates, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



Figura 80: Distribución comunal de instrumentos costeros, en número, en comunas con áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

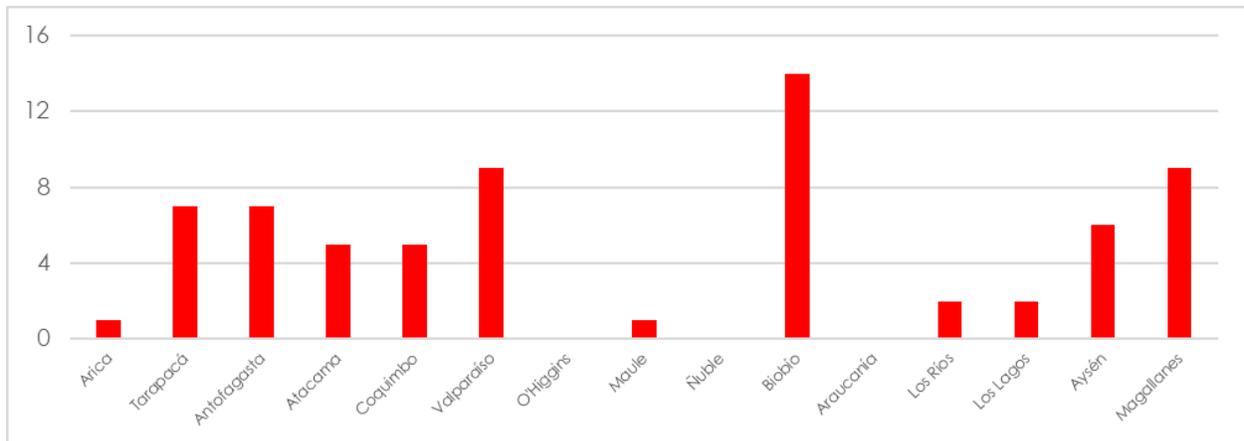


4.4.7 Instrumentación

Se analizan también la distribución de instrumentos localizados en el área expuesta (Figura 81), que incluyen:

- Acelerógrafos CSN
- Multiparámetros CSN
- Estación calidad de agua
- Estaciones Meteorológicas
- Boyas DART
- Estaciones Nivel del Mar SHOA

Figura 81: Número de instrumentos bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.



Estos resaltan en la región del Biobío, pero se distribuyen homogéneamente en el centro-norte del país y el extremo austral, existiendo un vacío instrumental en el centro-sur del país, con excepción de la región del Biobío. Finalmente, en la Tabla 28 se presenta un resumen de la instrumentación oceanográfica en Chile.

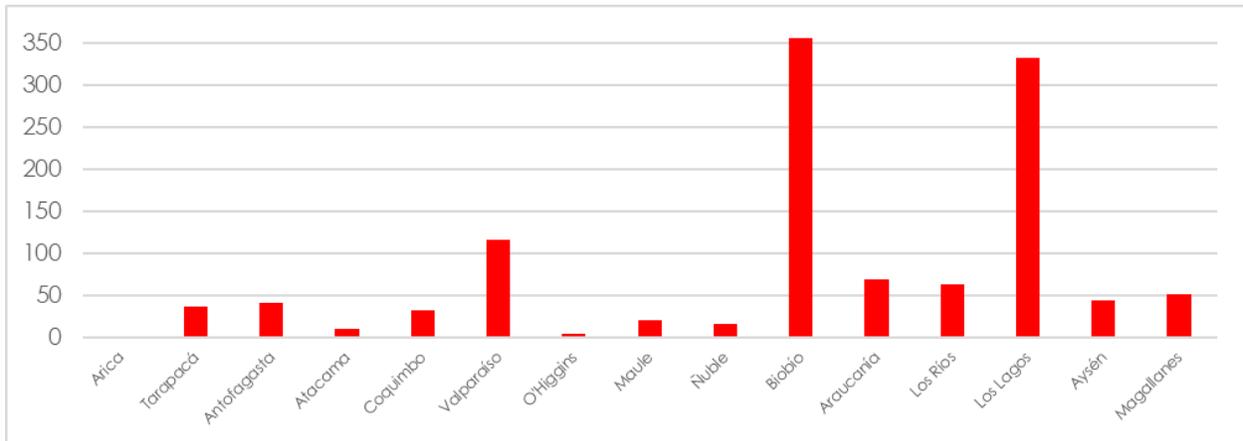
Tabla 28: Instrumentación oceanográfica en Chile.

Tipo entidad	Número
Mareógrafos	43
Boya DART (tsunamis)	5
Boyas de oleaje	2
Estación meteorológica	15
Estación multipropósito (Estación 18)	1

4.5 EQUIPAMIENTO COMUNAL

El equipamiento comunal (es decir instalaciones de bomberos, salud, educación y policía) bajo la cota de 10 [msnm] alcanza a las 1.198 edificaciones y se concentra en las regiones de Valparaíso, Biobío y Los Lagos (Figura 82) y se compone, en orden decreciente, por edificaciones asociadas a educación, salud, bomberos y policía, (Tabla 29).

Figura 82: Distribución regional de equipamiento comunal, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].



Las edificaciones expuestas de bomberos bordean la cantidad de 30 tanto en la región del Biobío como en Los Lagos (Figura 83). Mientras que el mayor número de edificaciones de salud (Figura 86) y policía (Figura 84) se encuentran en la región de Los Lagos. En la región del Biobío, destacan las edificaciones de educación (Figura 85).

Figura 83: Distribución regional de instalaciones de bomberos, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

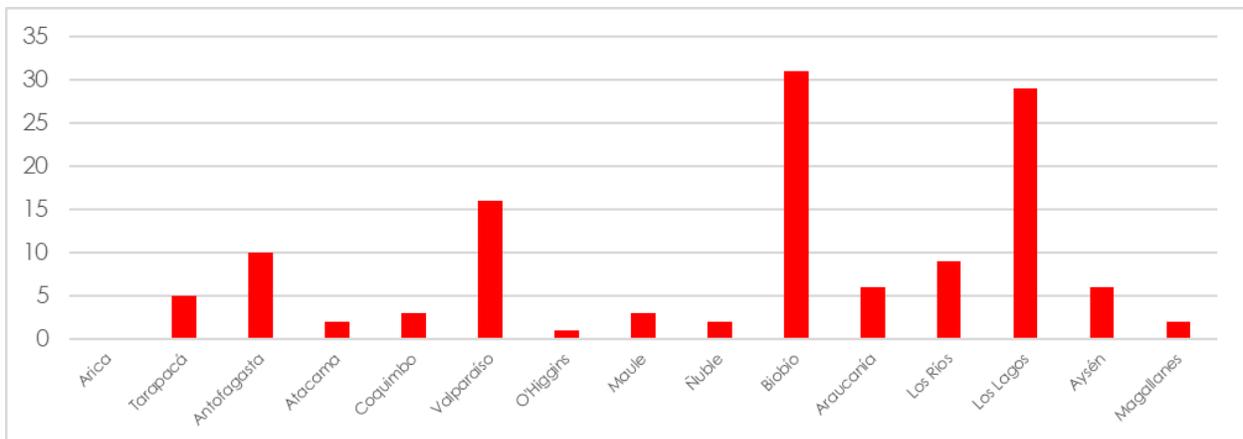


Figura 84: Distribución regional de instalaciones de policía, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

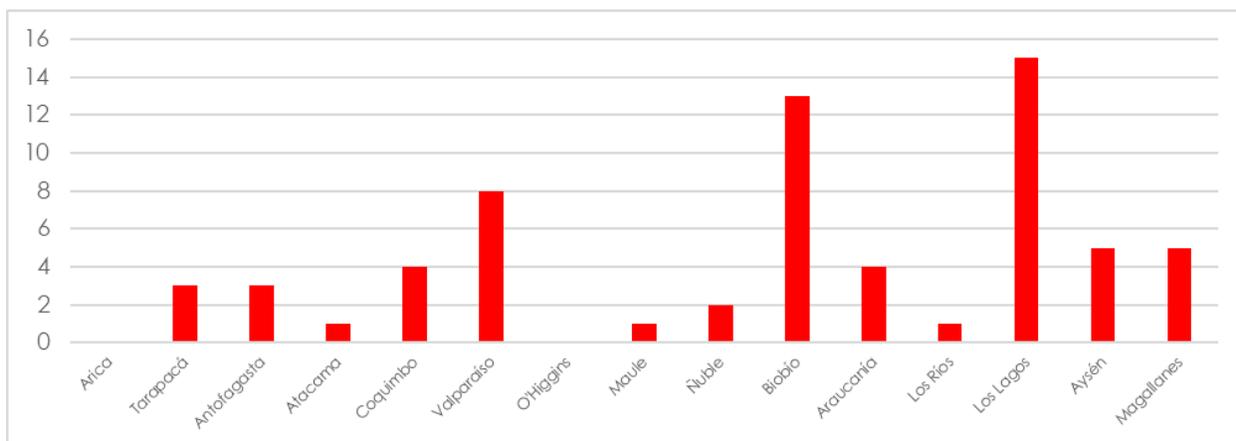


Figura 85: Distribución regional de instalaciones de educación, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

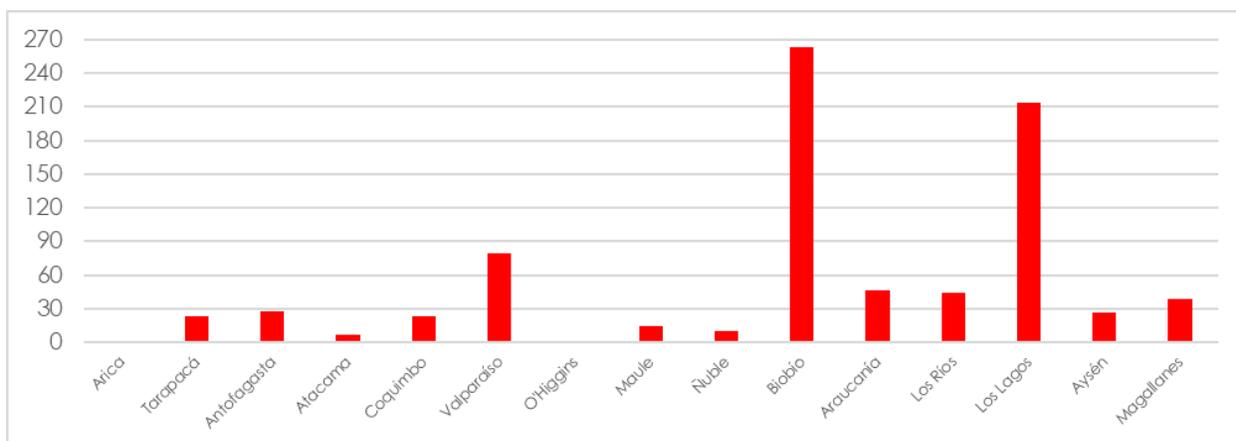


Figura 86: Distribución regional de instalaciones de salud, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

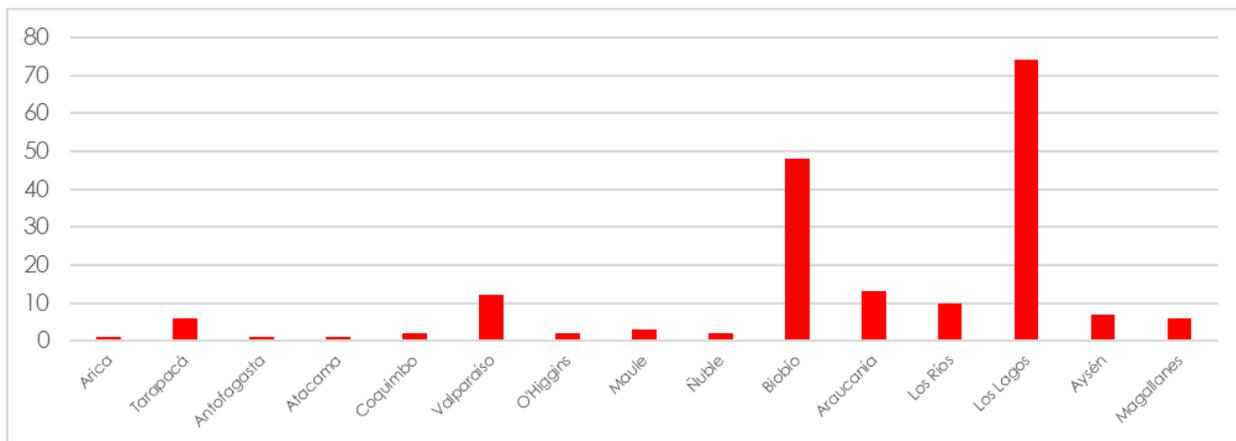


Tabla 29: Distribución regional por tipo de equipamiento comunal, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

Región	Salud	Bomberos	Policía	Educación	total
Arica y Parinacota	1	0	0	0	1
Tarapacá	6	5	3	23	37
Antofagasta	1	10	3	28	42
Atacama	1	2	1	7	11
Coquimbo	2	3	4	23	32
Valparaíso	12	16	8	80	116
O'Higgins	2	1	0	1	4
Maule	3	3	1	14	21
Ñuble	2	2	2	10	16
Biobío	48	31	13	263	355
Araucanía	13	6	4	47	70
Los Ríos	10	9	1	44	64
Los Lagos	74	29	15	214	332
Aysén	7	6	5	27	45
Magallanes	6	2	5	39	52
Total	188	125	65	820	1198

En la Figura 87 a Figura 91 se muestra la distribución total de equipamiento municipal, los establecimientos de bomberos, policía, educación y salud por comuna.

Figura 87: Distribución comunal de instalaciones de equipamiento, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

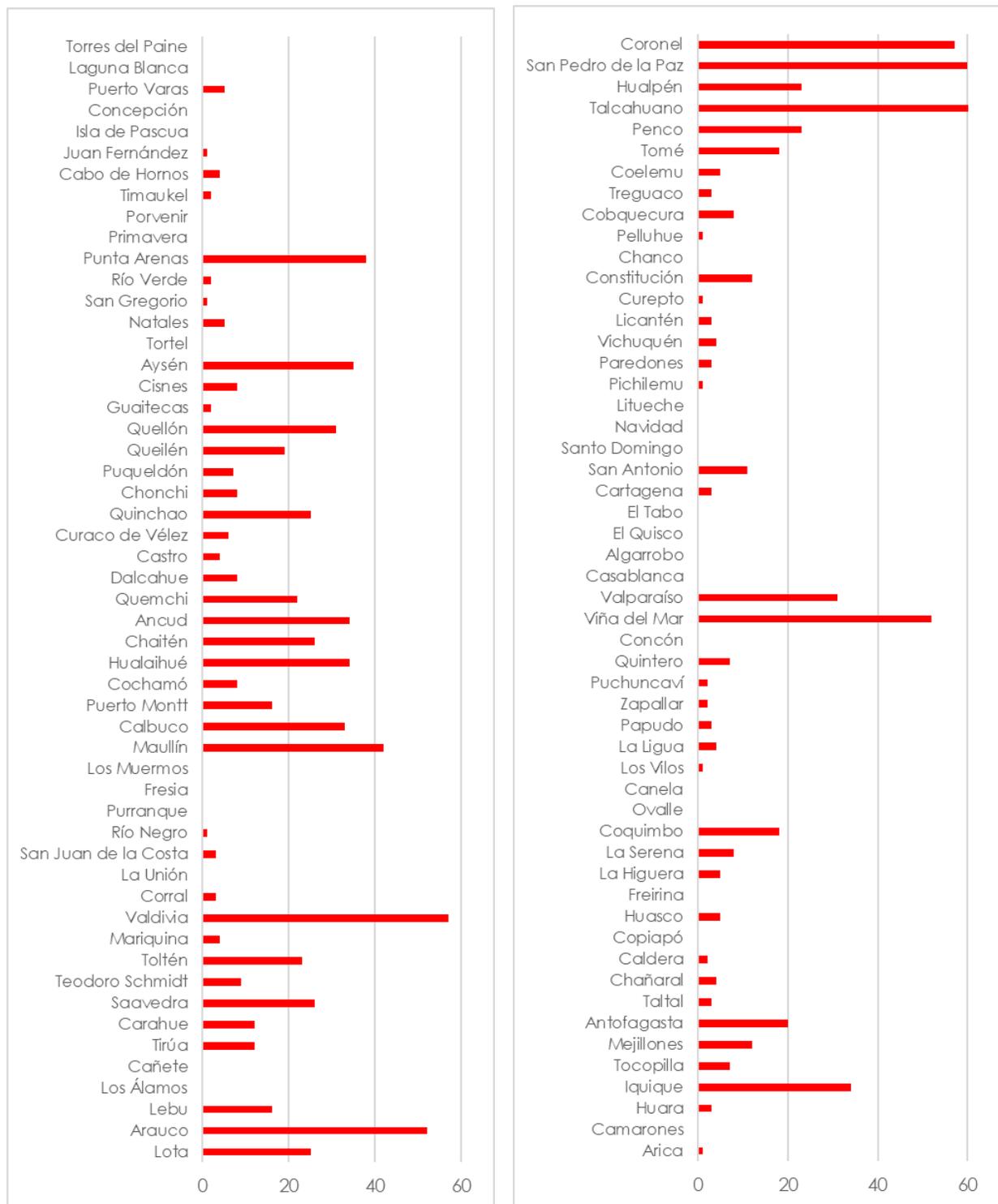


Figura 88: Distribución comunal de instalaciones de bomberos, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

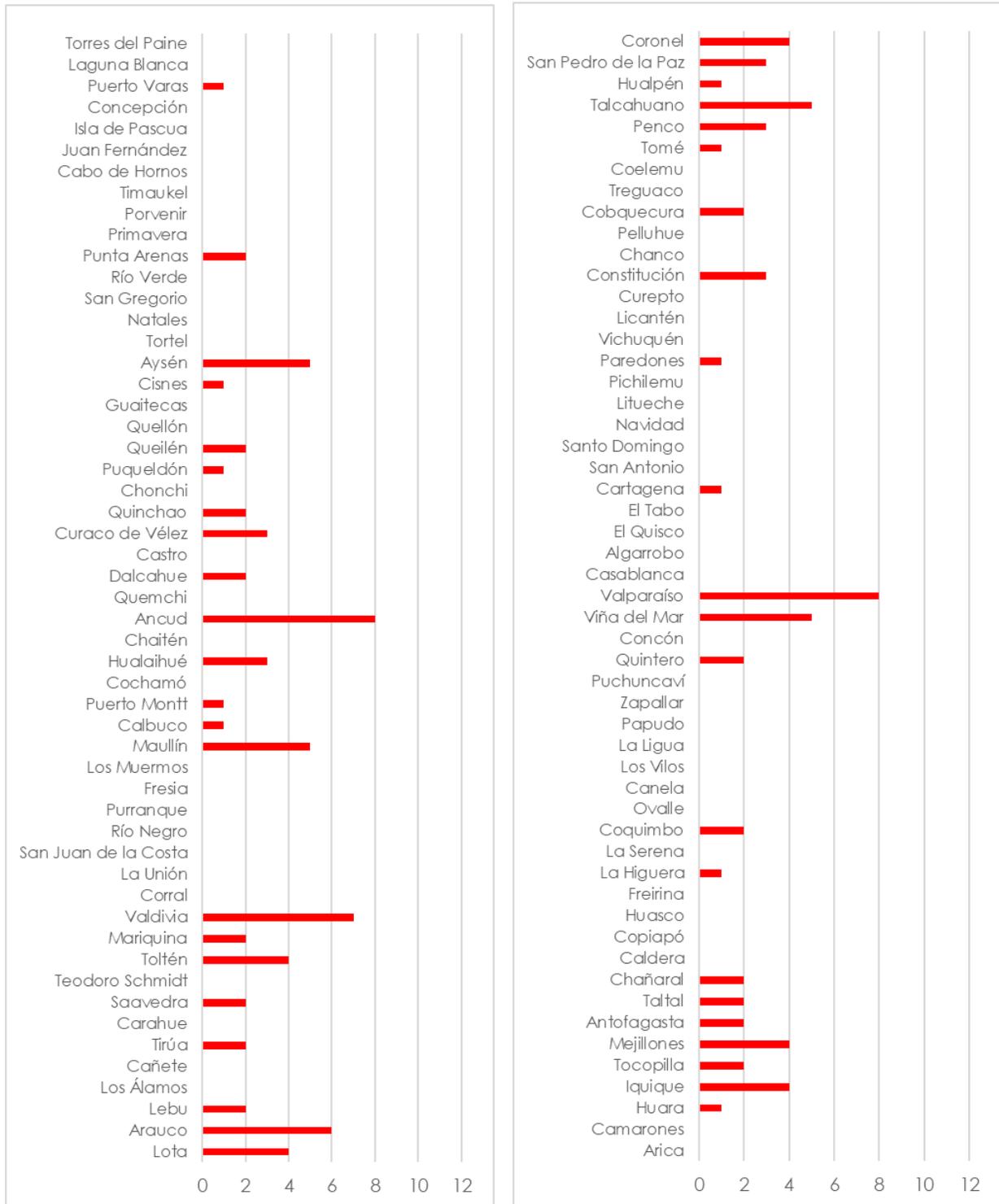


Figura 89: Distribución comunal de instalaciones de Policía, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero comunas interiores e insulares).

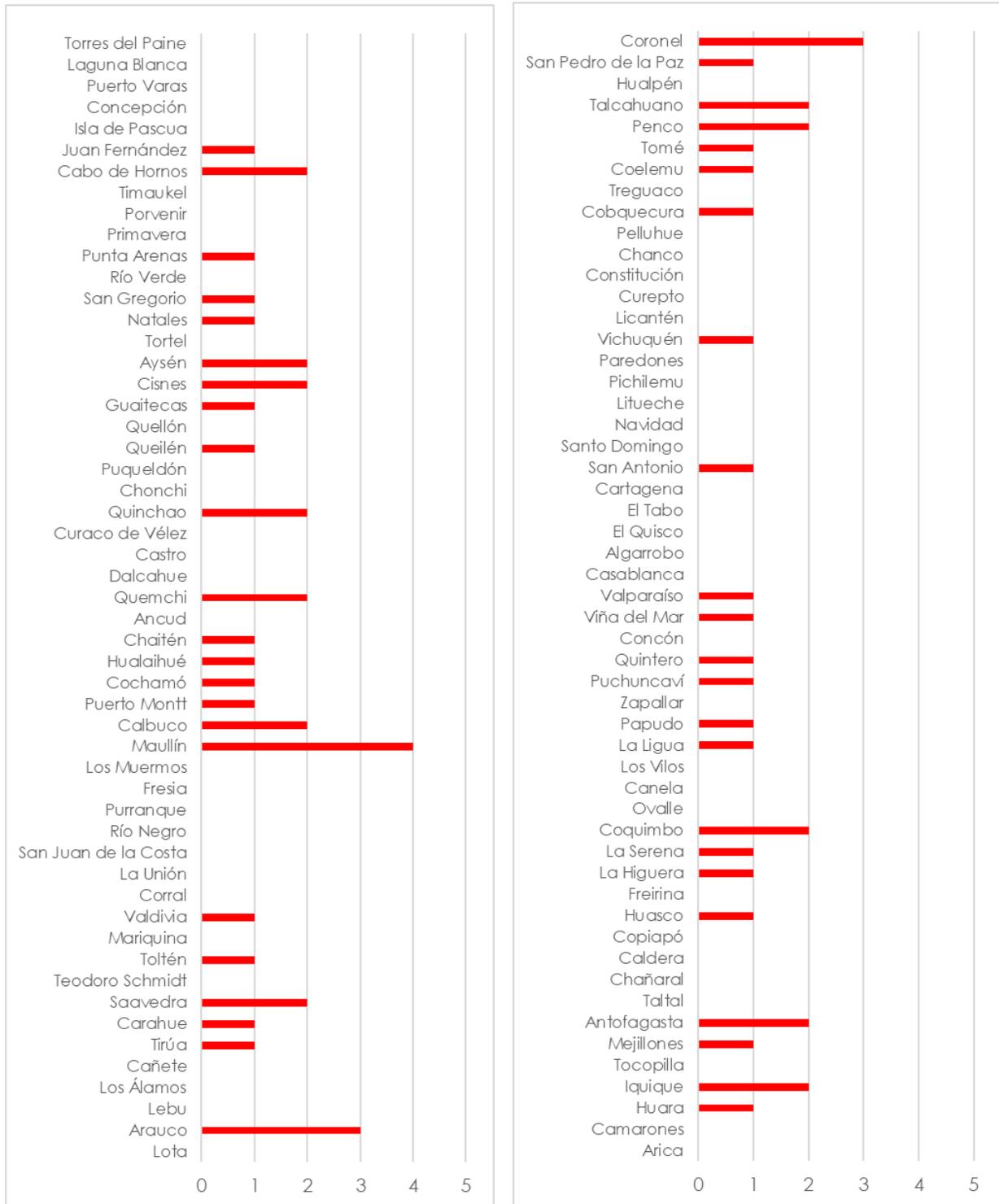


Figura 90: Distribución comunal de instalaciones de educación, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

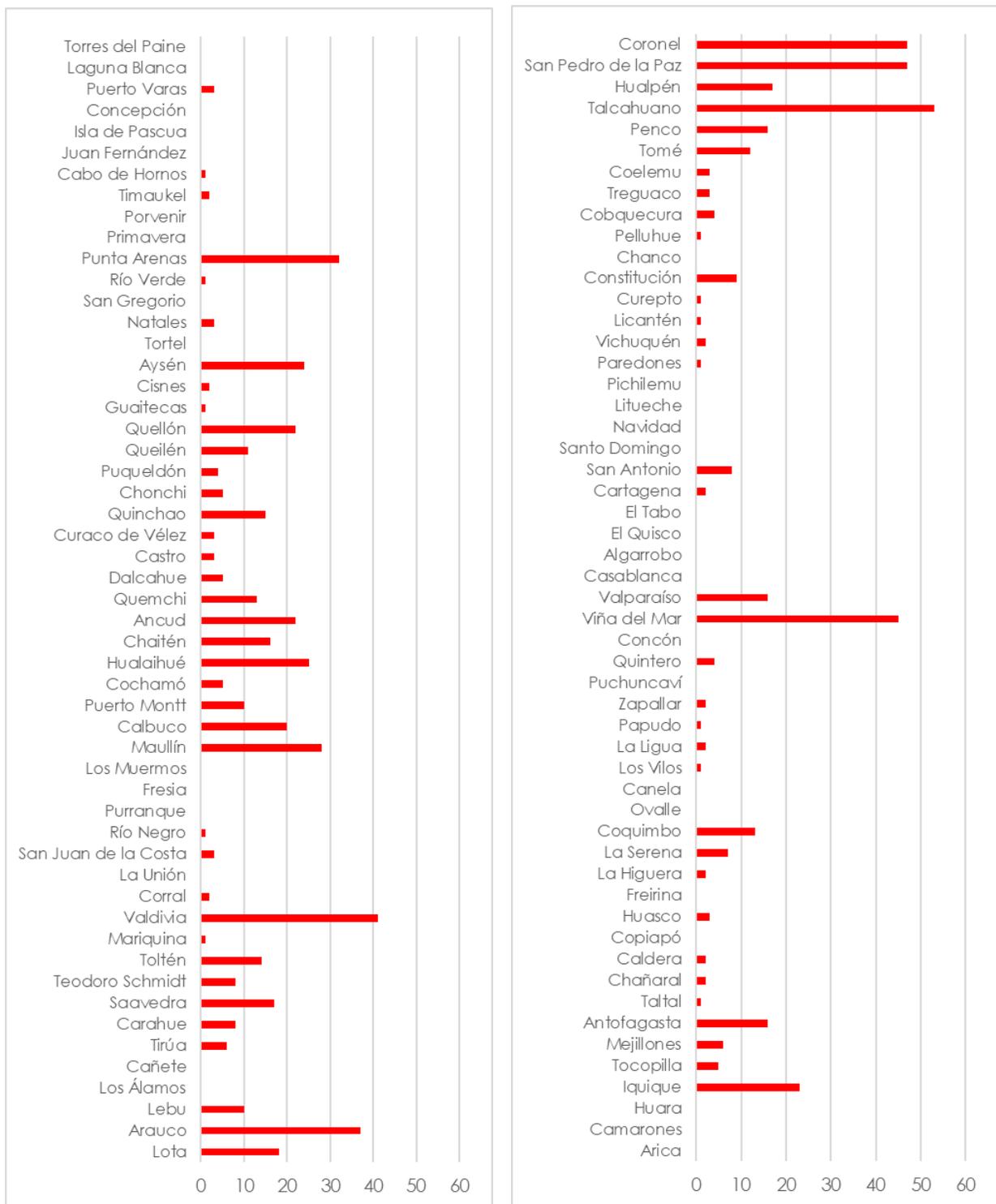


Figura 91: Distribución comunal de instalaciones de salud, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

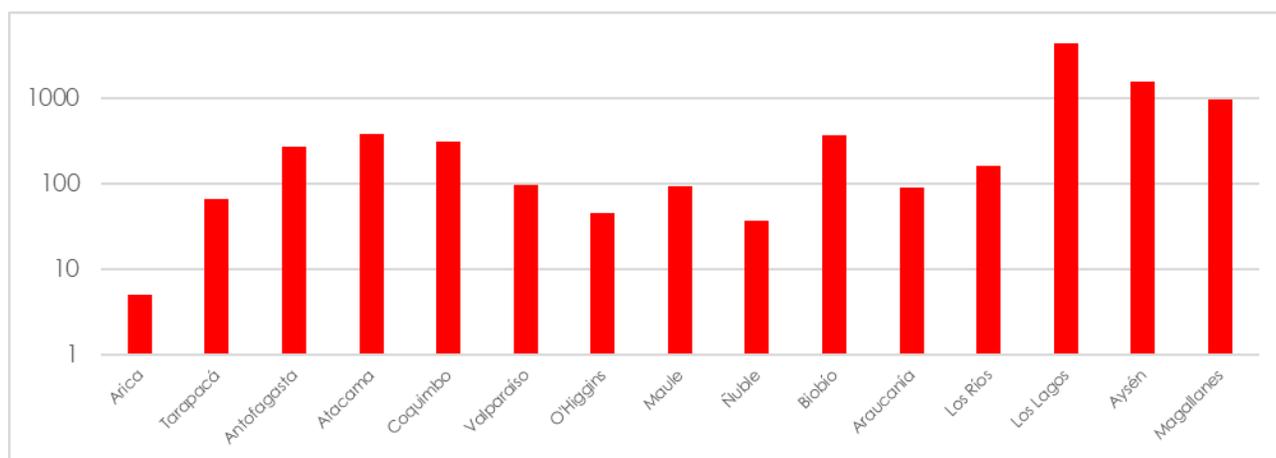


4.6 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las dos actividades económicas locales consideradas en el presente estudio son: a) La Pesca y Acuicultura y b) El Turismo. En la Figura 92 se muestra la distribución regional de las entidades asociadas a la pesca artesanal y acuicultura, que incluye (se señala el número de entidades encontradas en cada caso):

- AMERB 1358
- Áreas Apropriadas para la Acuicultura 1383
- Caletas Pesca Artesanal 546
- concesiones Acuicultura 5300
- Pueblos Originarios ECMPO 129

Figura 92: Distribución regional de entidades asociadas a la pesca y acuicultura, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Observas que la escala es logarítmica.



Con respecto al turismo, se castraron un total de 3.077 entidades diferentes en el área expuesta bajo los 10 m (Figura 93), correspondientes a:

- Atractivos Turísticos
- Monumento Histórico
- Zonas Típicas
- Inmuebles de conservación histórica
- Zonas de conservación histórica
- Zonas de interés turístico
- Bienes Nacionales Protegidos
- Rutas Patrimoniales

Las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Magallanes concentran la mayor cantidad de estos elementos. Sin embargo, la región del Maule destaca pues, aunque tiene un número cercano a 200 entidades, este valor es elevado en relación a otro tipo de elementos.

Figura 93: Distribución regional de entidades asociadas al turismo, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

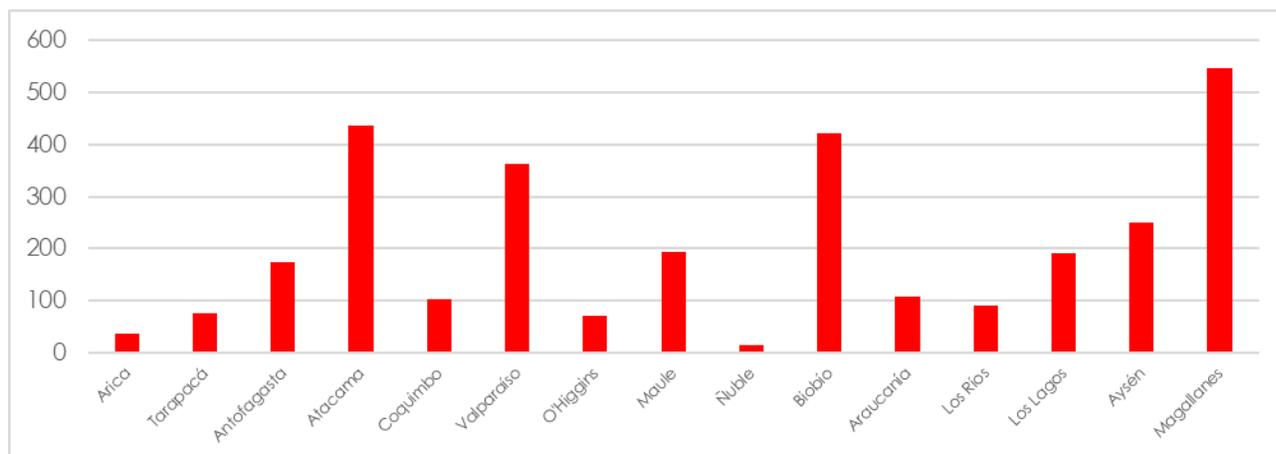


Figura 94: Distribución comunal de pesca y acuicultura, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

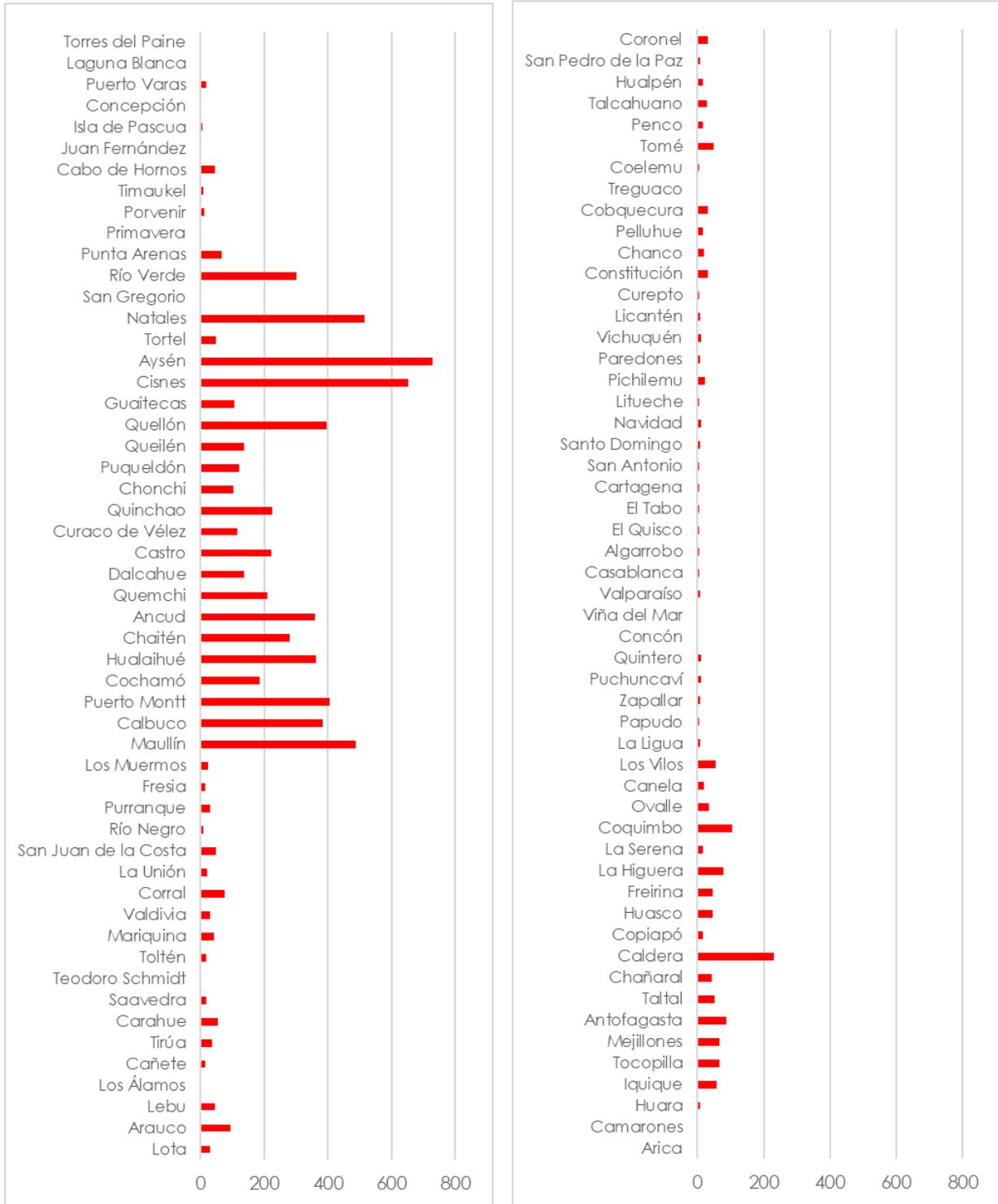
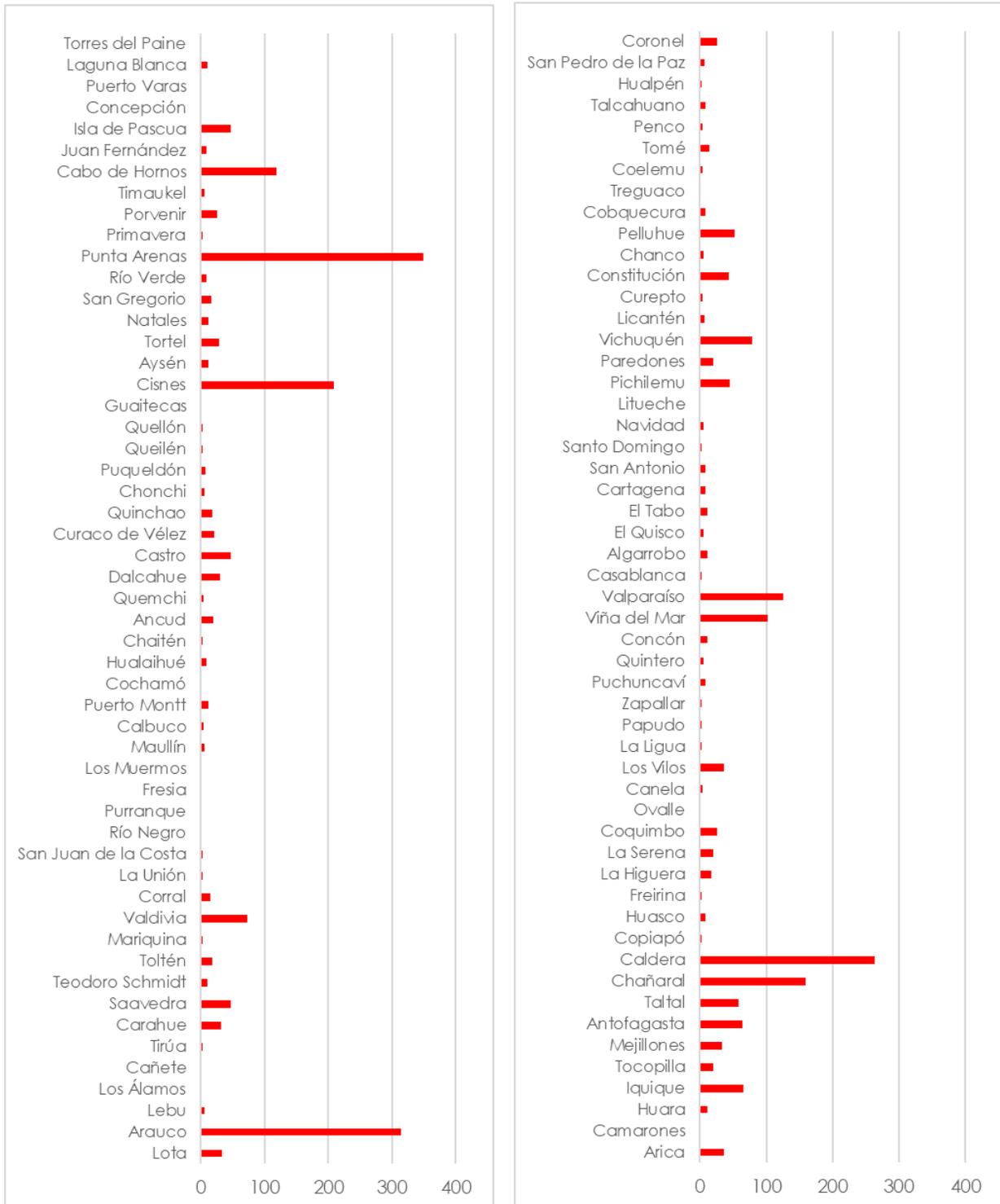
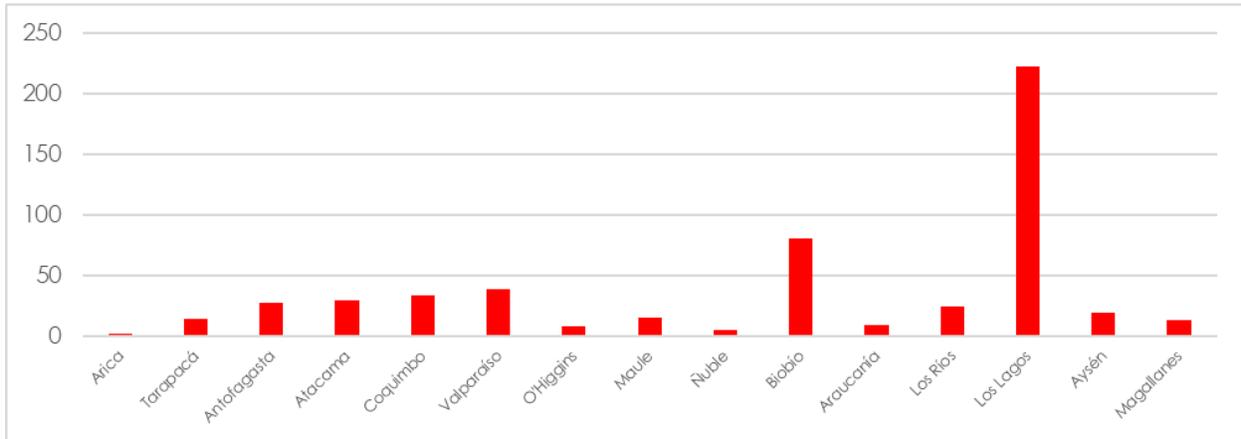


Figura 95: Distribución comunal de entidades asociadas al turismo, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



Las caletas de pescadores artesanales ubicados bajo los 10 [msnm] se concentran en la región de Los Lagos y el Biobío, existiendo además una distribución relativamente uniforme entre las regiones de Antofagasta y Valparaíso (Figura 96).

Figura 96: Distribución regional de caletas de pescadores artesanales, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].



Las regiones australes destacan por el número de concesiones para la acuicultura (Figura 97), AMERB (Figura 98) y áreas apropiadas para la acuicultura (Figura 99).

Figura 97: Distribución regional de Concesiones para la acuicultura, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

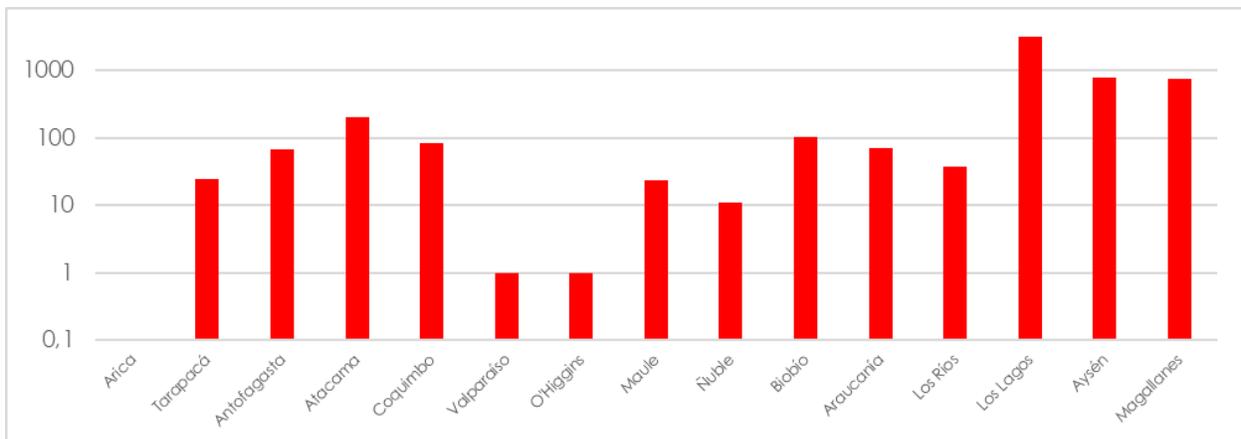


Figura 98: Distribución regional de AMERB, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

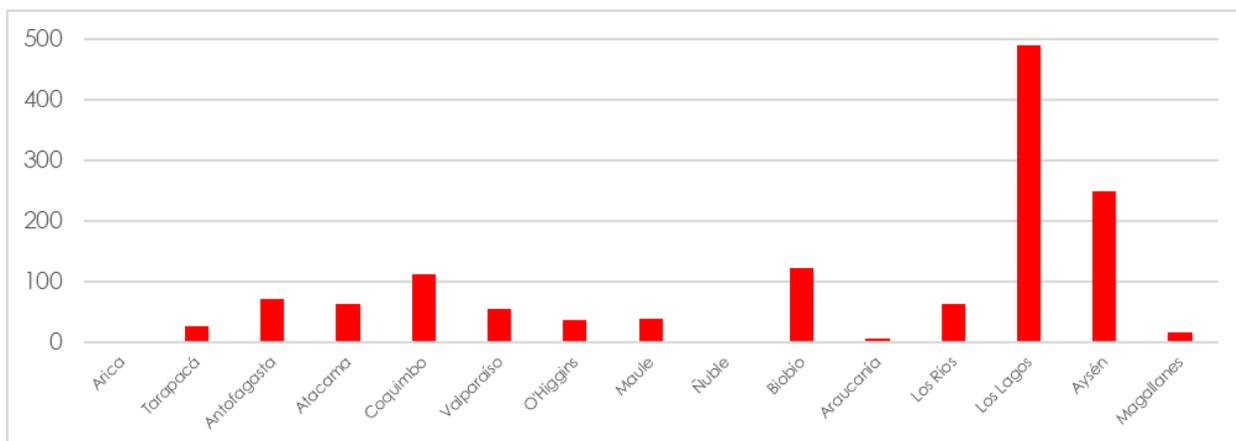
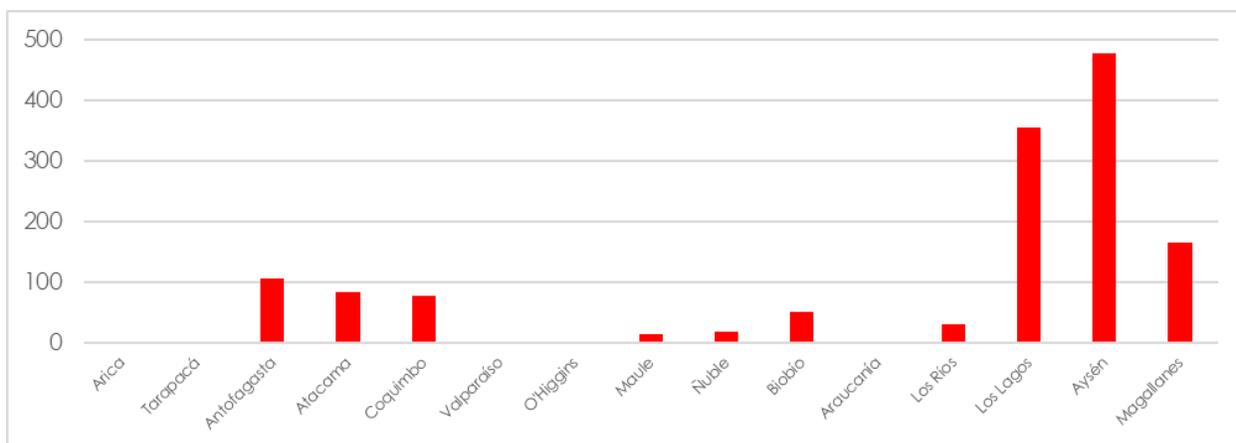


Figura 99: Distribución regional de AAA, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].



A continuación se presentan los siguientes resultados para unidades ubicadas bajo los 10 [msnm] a nivel comunal:

- Número de concesiones para la acuicultura
- Número de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos, AMERB (Figura 102)
- Número de Áreas Apropriadas para la Acuicultura, AAA (Figura 103)

Figura 100: Número de caletas pesqueras artesanales bajo los 10 [msnm] a nivel comunal. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

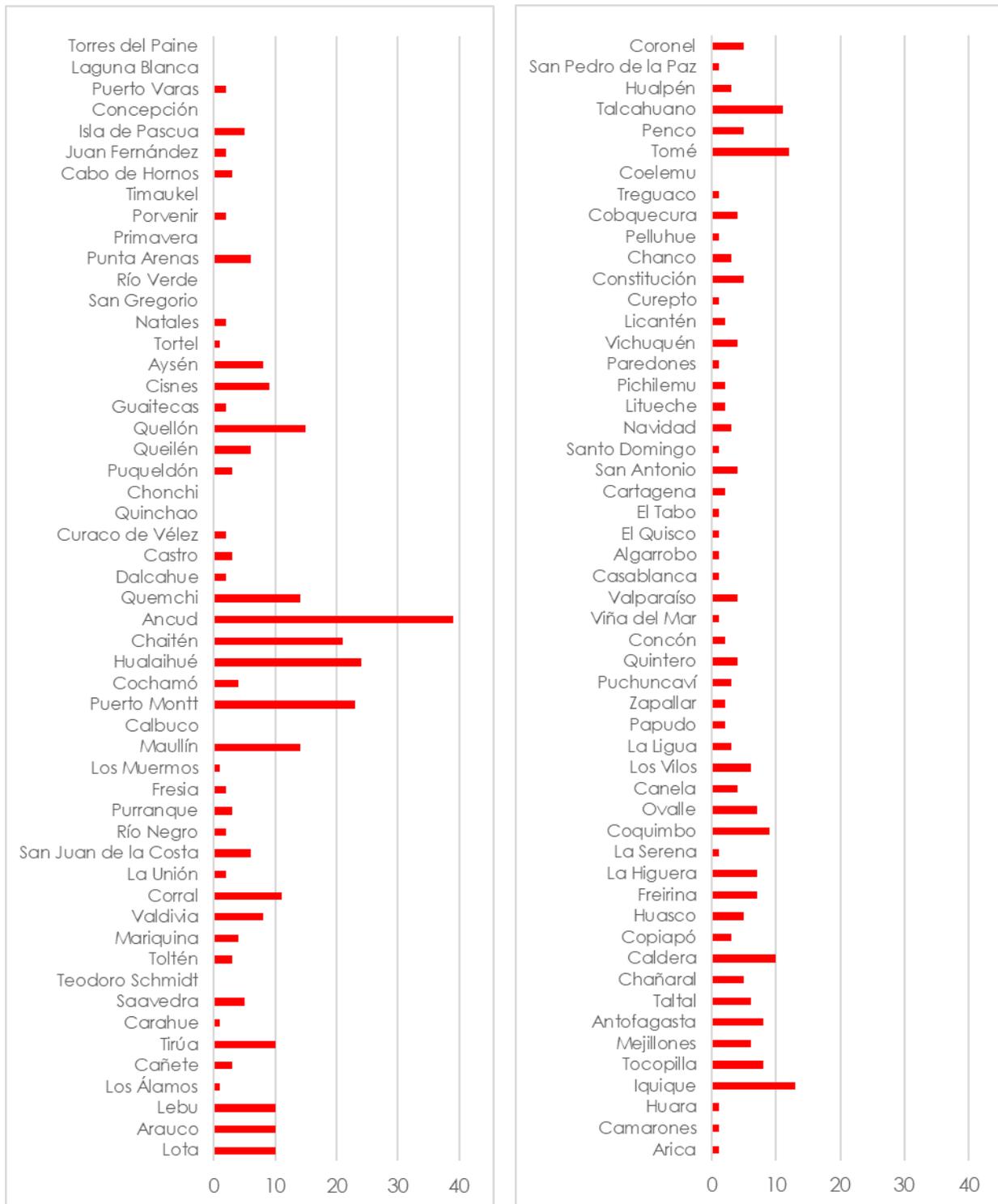


Figura 101: Número de concesiones marítimas para la acuicultura bajo los 10 [msnm] a nivel comunal. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

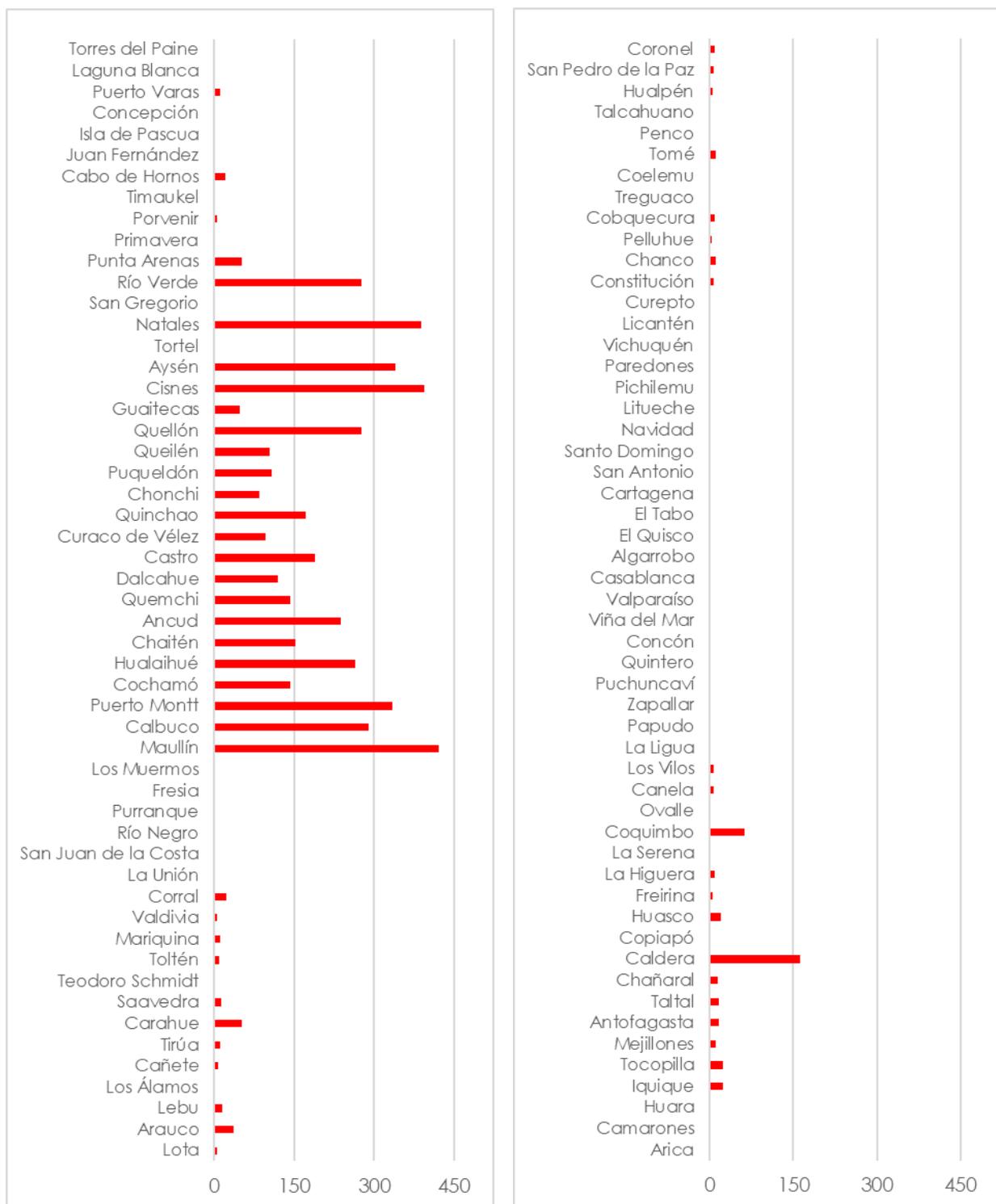


Figura 102: Número de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos, AMERB bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.

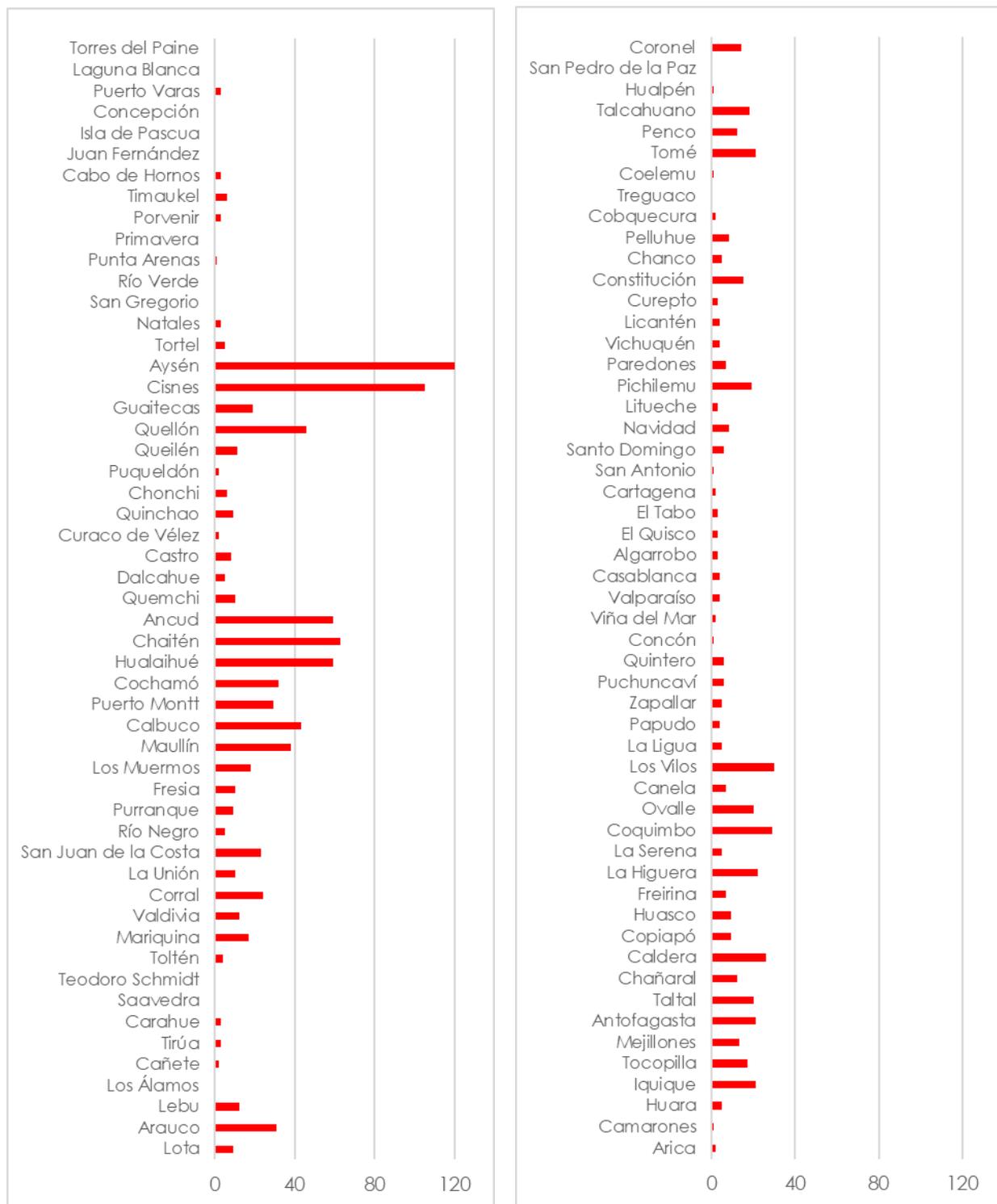
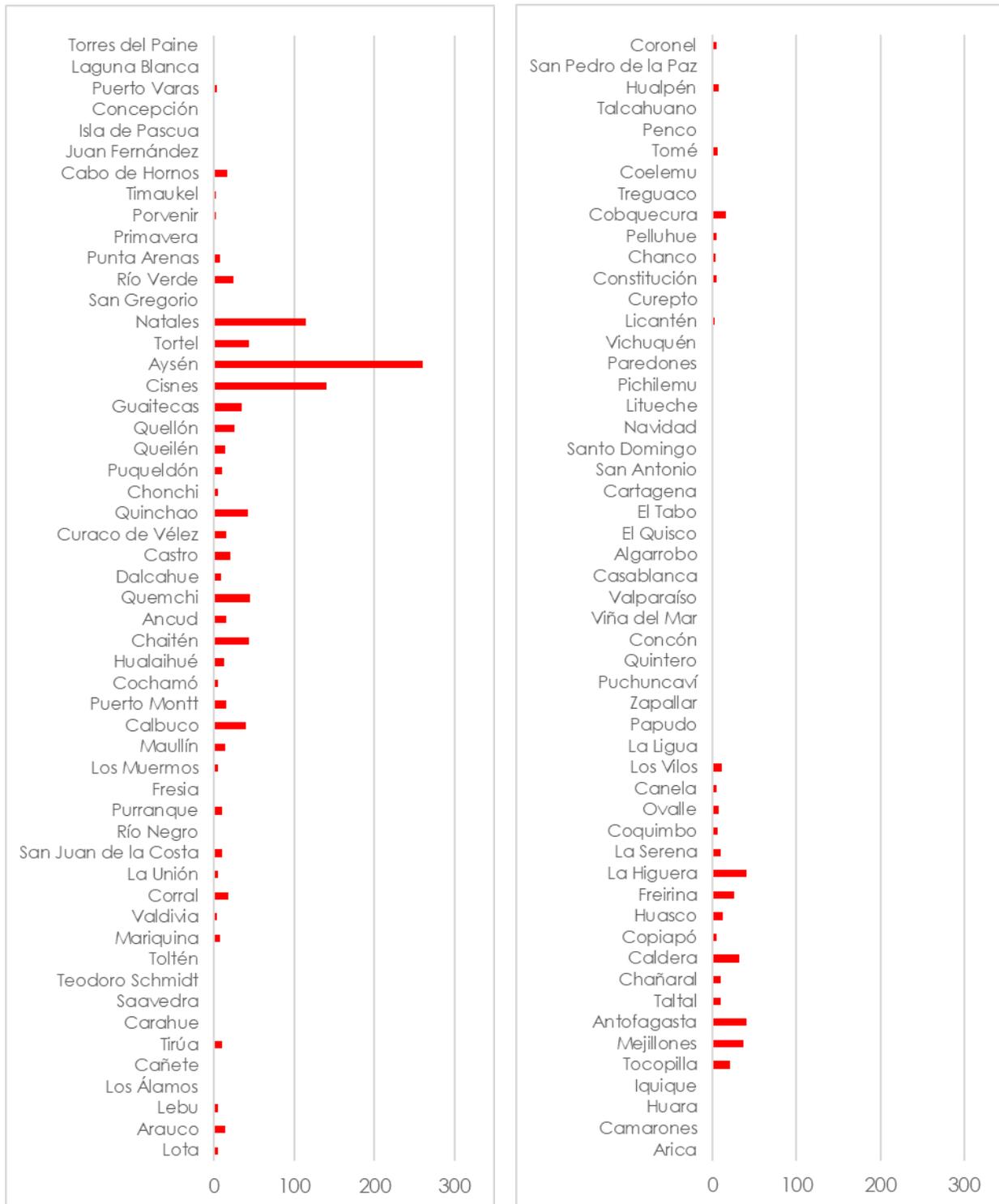


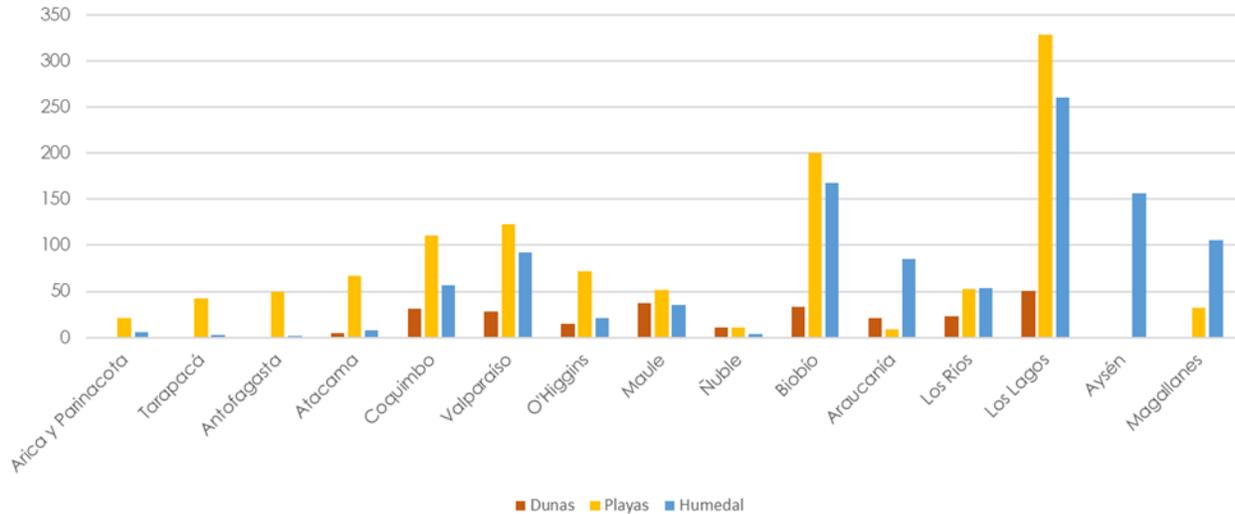
Figura 103: Número de Áreas Apropriadas para la Acuicultura, AAA, bajo los 10 [msnm] a nivel comunal.



4.7 SISTEMA NATURAL

Al contabilizar el número de sitios del sistema natural (dunas, playas y humedales) se constata que, en general, ellos aumentan de norte a sur (Figura 104). Playas se encuentran en todas las regiones, aunque no fueron contabilizadas en la región de Aysén. Las dunas se encuentran desde la región de Atacama a Los Lagos, mientras que los humedales costeros se encuentran en todo el país, pero con un número mayor en la zona sur.

Figura 104: Distribución regional de dunas, playas y humedales costeros, en número.



En la Figura 105, Figura 106 y Figura 107 se muestran las distribuciones regionales para cada uno de los 3 elementos considerados.

Figura 105: Distribución regional de playas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

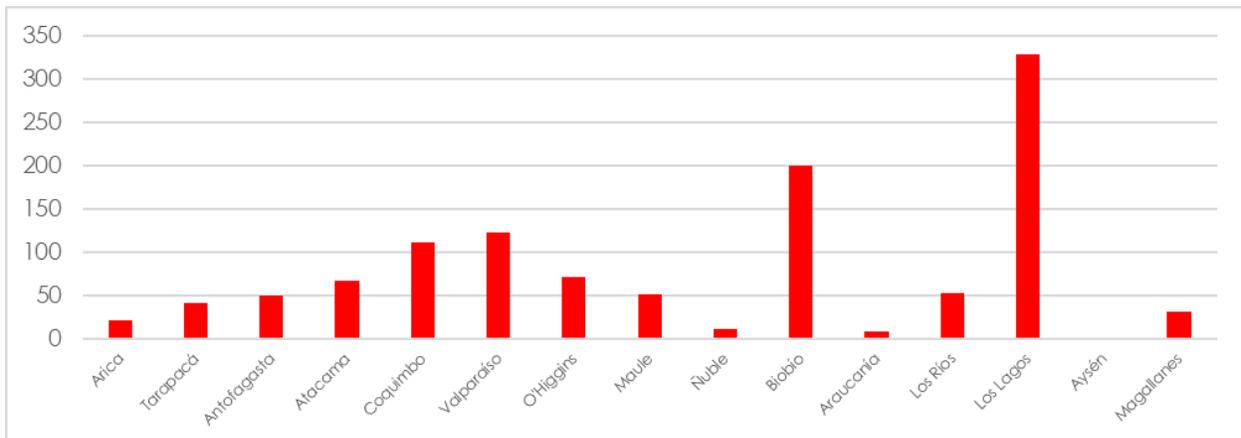


Figura 106: Distribución regional de dunas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

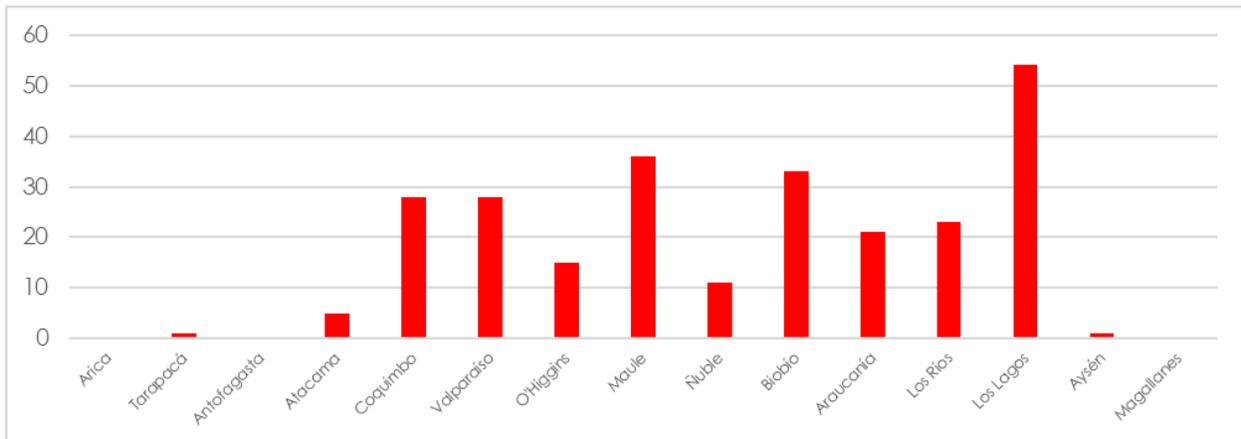
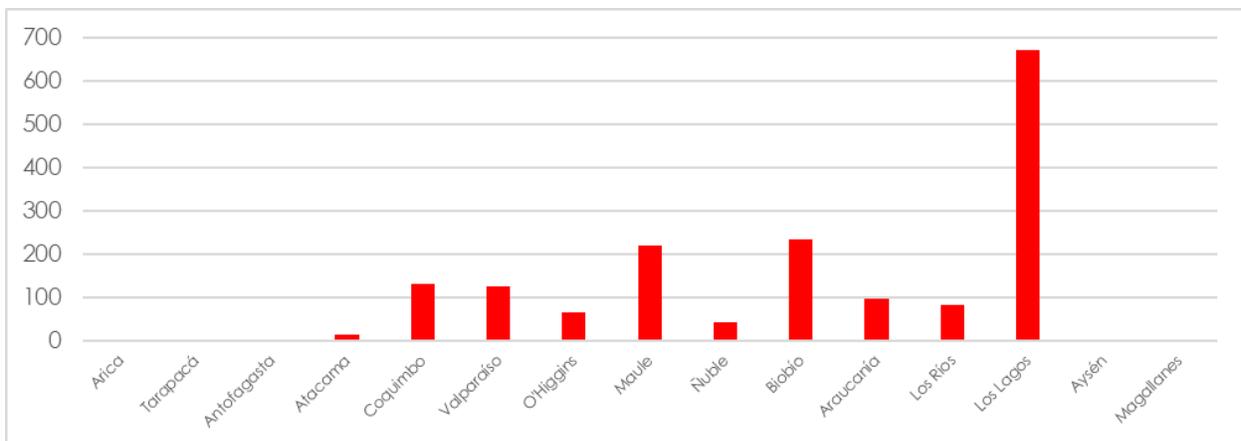


Figura 107: Distribución regional de humedales, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].



En la Figura 108, Figura 109 y Figura 110 se muestran las distribuciones por comuna de playas, dunas y humedales costeros que se encuentran en el área expuesta bajo los 10 [msnm].

Figura 108: Distribución comunal de playas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

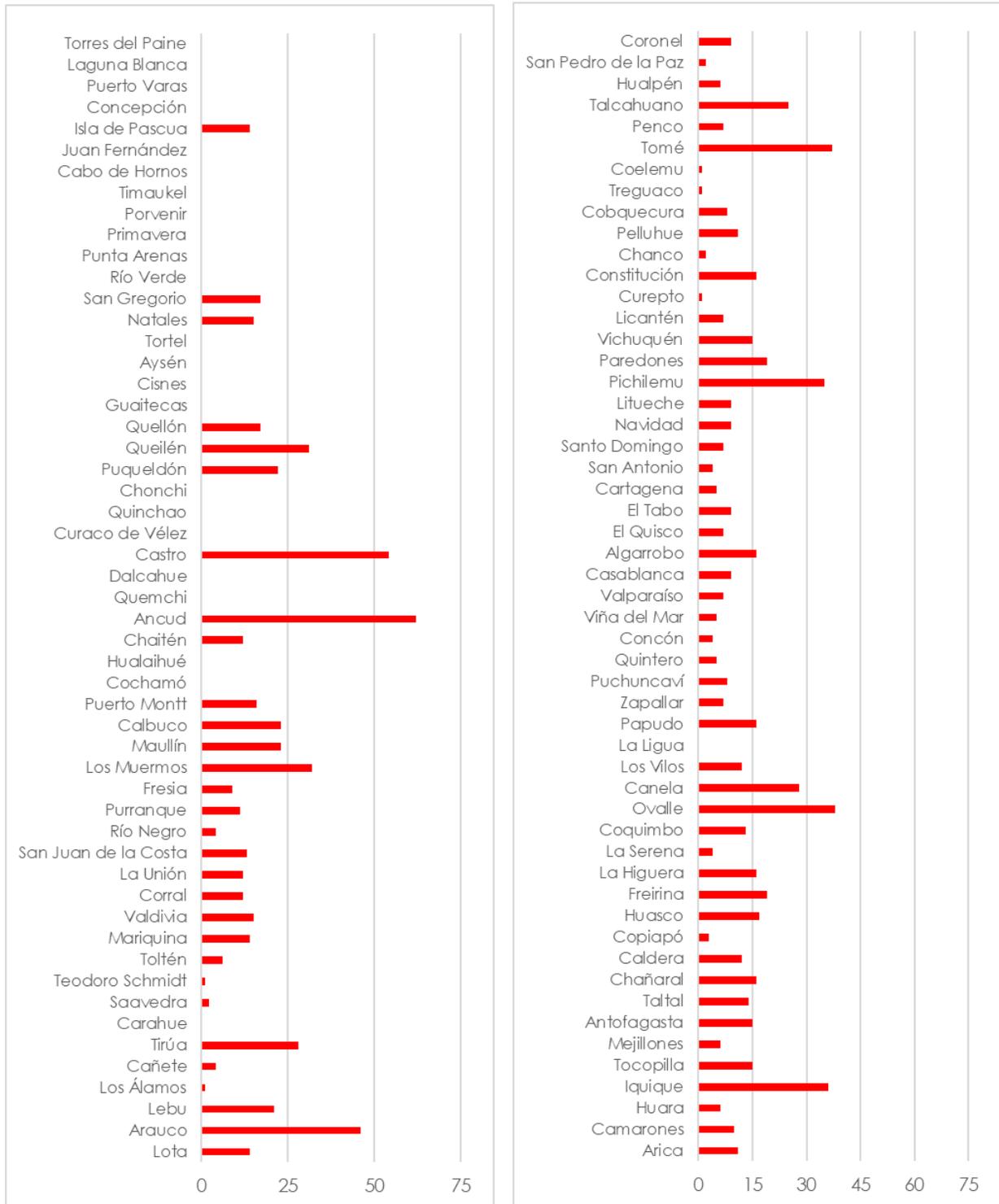


Figura 109: Distribución comunal de dunas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

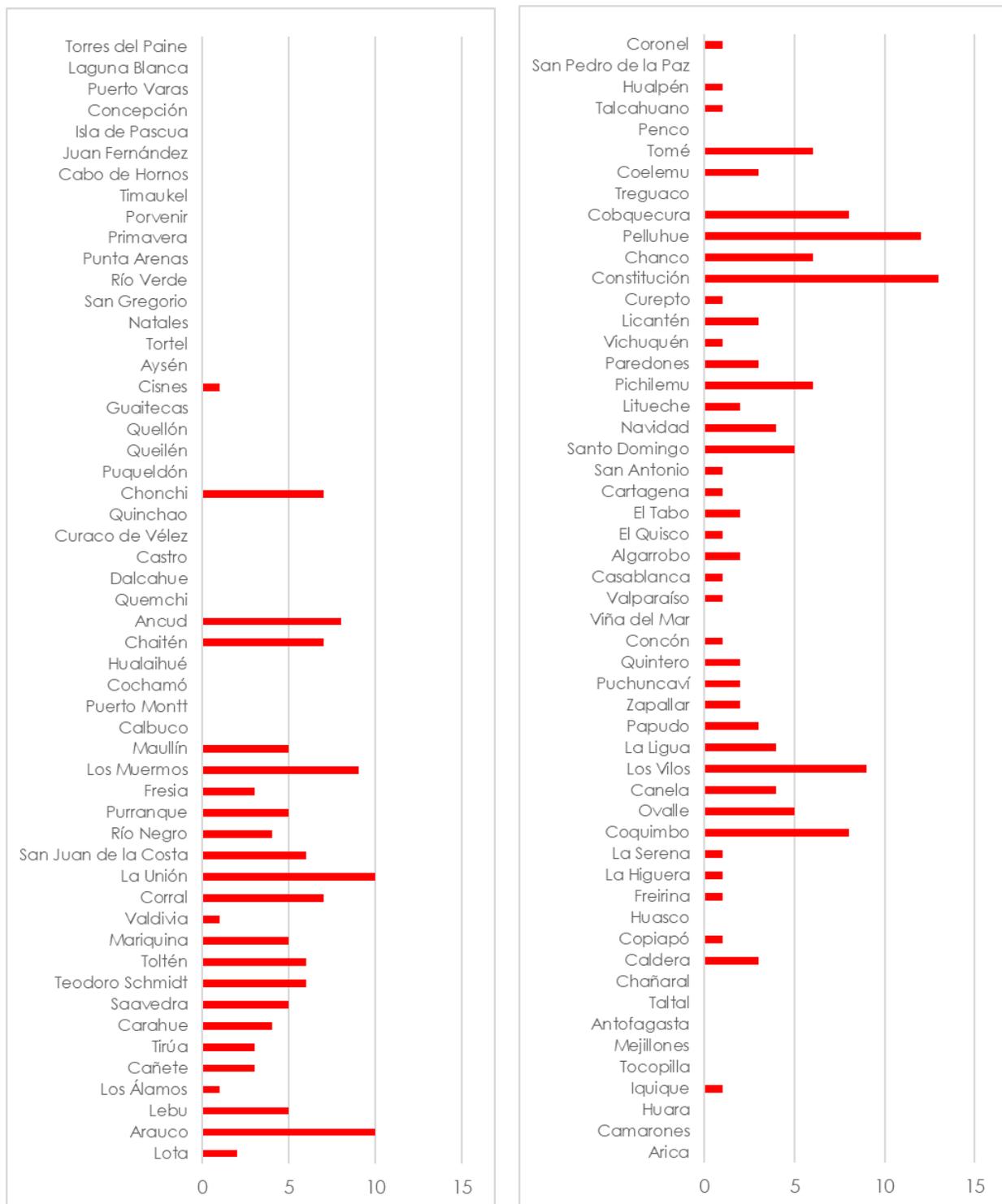
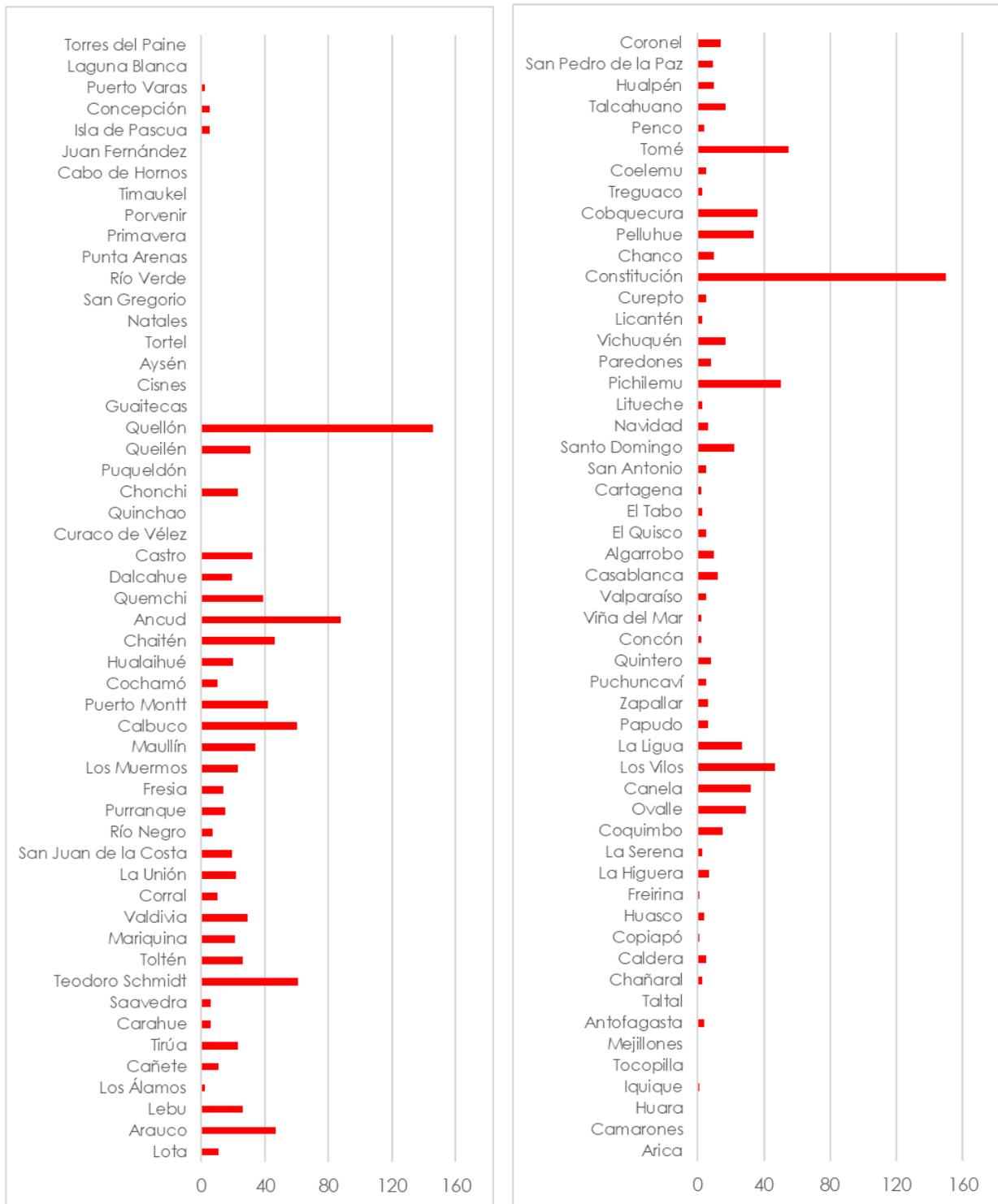


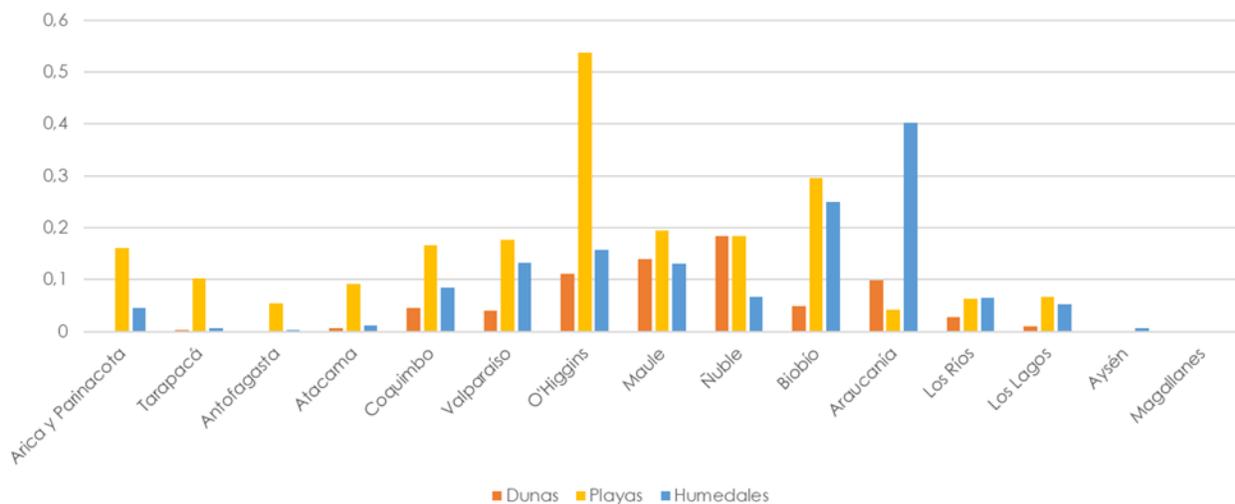
Figura 110: Distribución comunal de humedales, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).



Al graficar el número de sitios presentes por km lineal de costa en cada región, se aprecia que esta distribución tiene la siguiente estructura normalizada (Figura 111):

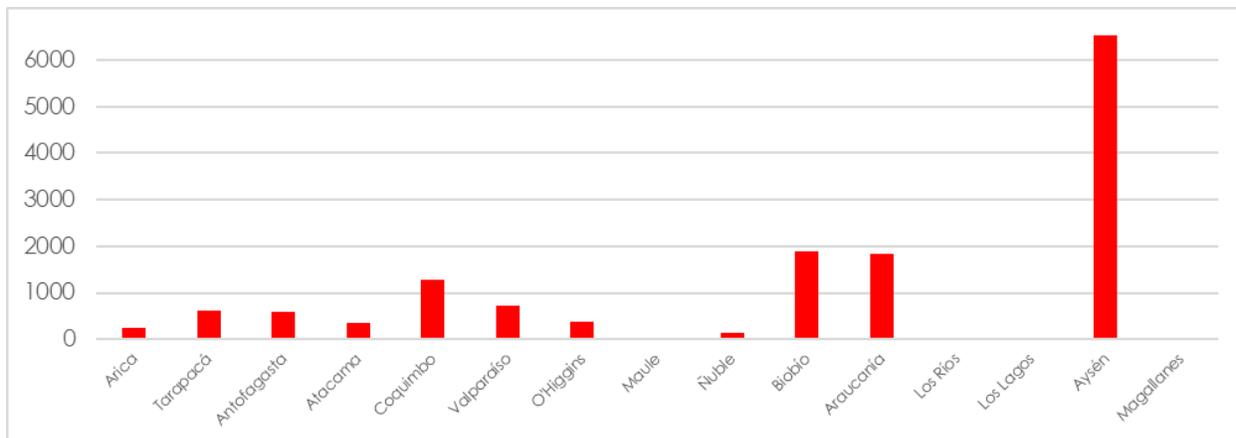
- Las dunas se distribuyen aproximadamente en forma gaussiana con un máximo de densidad entre las regiones del Maule y Ñuble.
- Las playas se distribuyen en forma aproximadamente homogénea en la zona norte y central del país, con la excepción de la región O'Higgins, donde se incrementan hasta en 3 veces su densidad. Cabe notar que en esa región se caracteriza por costas relativamente expuestas y escasas formaciones que obstaculicen el transporte litoral de arenas, cuya dirección neta es hacia el norte.
- Los humedales costeros presentan un gradiente latitudinal, aumentando su número de norte a sur y alcanzando un máximo en la región de la Araucanía.

Figura 111: Distribución regional de dunas, playas y humedales costeros, normalizados por el número de sitios por km de línea costera regional.



El número de sistemas naturales a nivel nacional, de acuerdo al catastro de bosques de CONAF, se presenta en la Figura 112.

Figura 112: Distribución regional del número de sistemas naturales bajo los 10 [msnm] a nivel nacional.



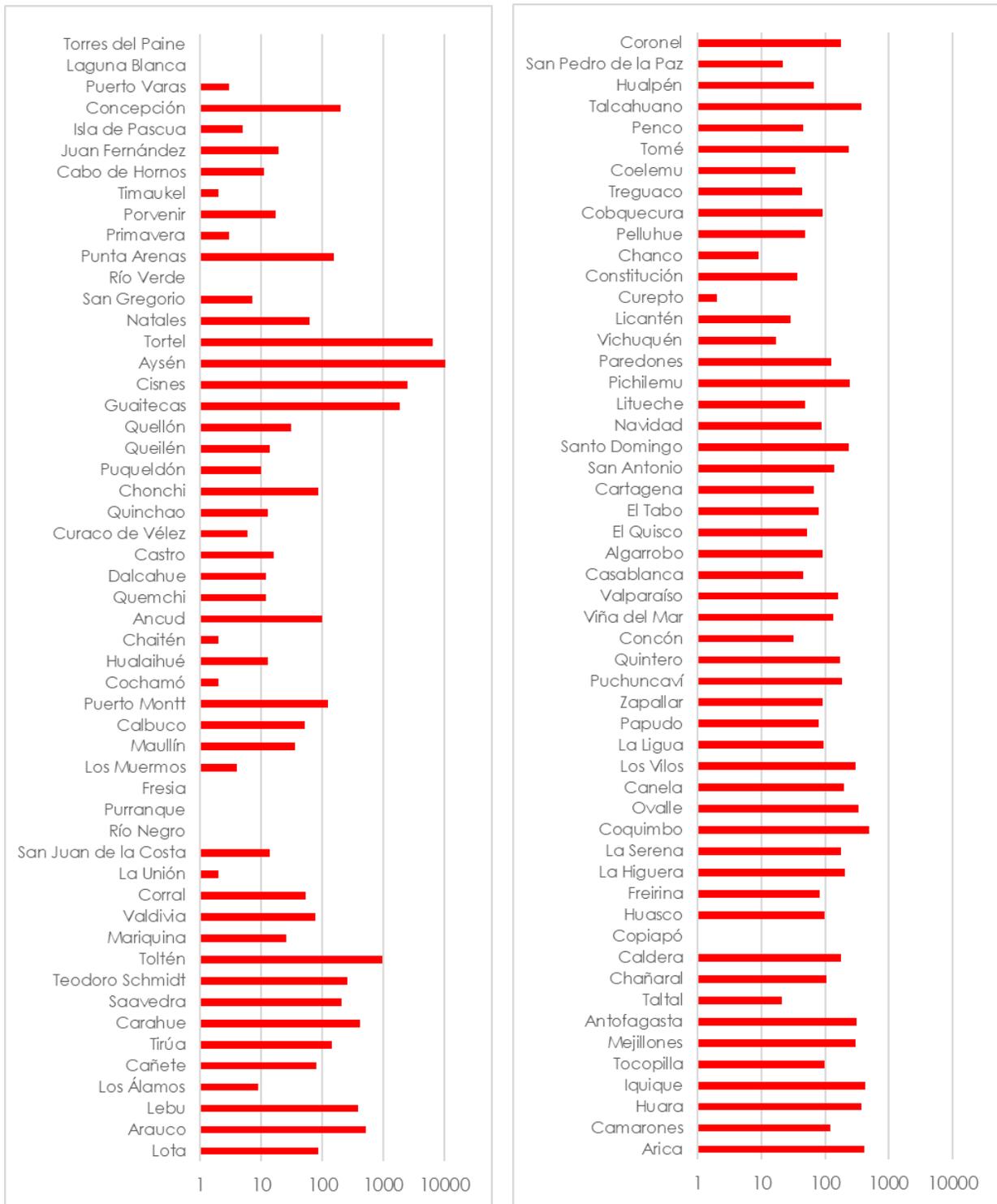
A continuación se presentan el número de elemento de biodiversidad para unidades ubicadas bajo los 10 [msnm] a nivel nacional y comunal, que incluye:

- Número de especies en catastro de biodiversidad a nivel comunal. Debido a que se conocen las distribuciones de algunas especies, este catastro solo contempla las siguientes:
 - Mamífero 2
 - Hierba 4
 - Insecto 4
 - Árbol 9
 - Cactus 9
 - Arbusto 21
 - Helecho 44
- Número de varamiento de especies a nivel comunal. Los varamientos en la playa son otro indicador de las especies que se encuentran presentes, además de indicar los problemas a que se encuentran expuestas si se conoce la razón del varamiento.

Figura 113: Distribución regional de biodiversidad, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Valores en escala logarítmica.



Figura 114: Distribución comunal de biodiversidad, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares). Valores en escala logarítmica.



Por último, se muestran las áreas protegidas, que incluye:

- Número de áreas protegidas del SNASPE y número de unidades en otras categorías de conservación bajo los 10 [msnm]. Existen 81 áreas protegidas además de las siguientes unidades catalogadas en otras categorías de conservación:
 - Sitio RAMSAR 4
 - Bien Nacional Protegido 25
 - Área Protegida Privada 78
 - Reserva de la biósfera 205
- Número de sitios prioritarios para la conservación bajo los 10 [msnm] a nivel comunal. A nivel nacional se encuentran 134 de estos sitios.

Figura 115: Distribución regional de áreas protegidas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

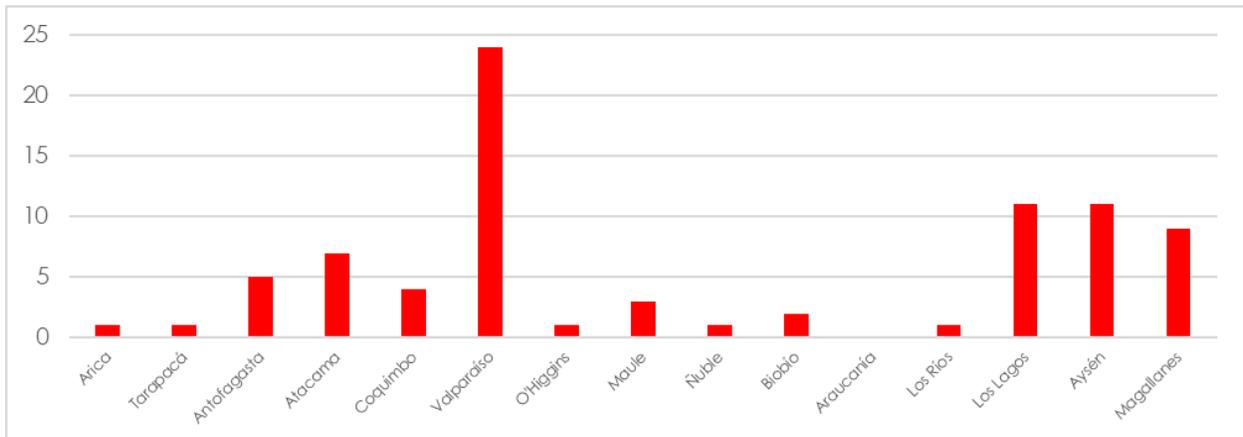
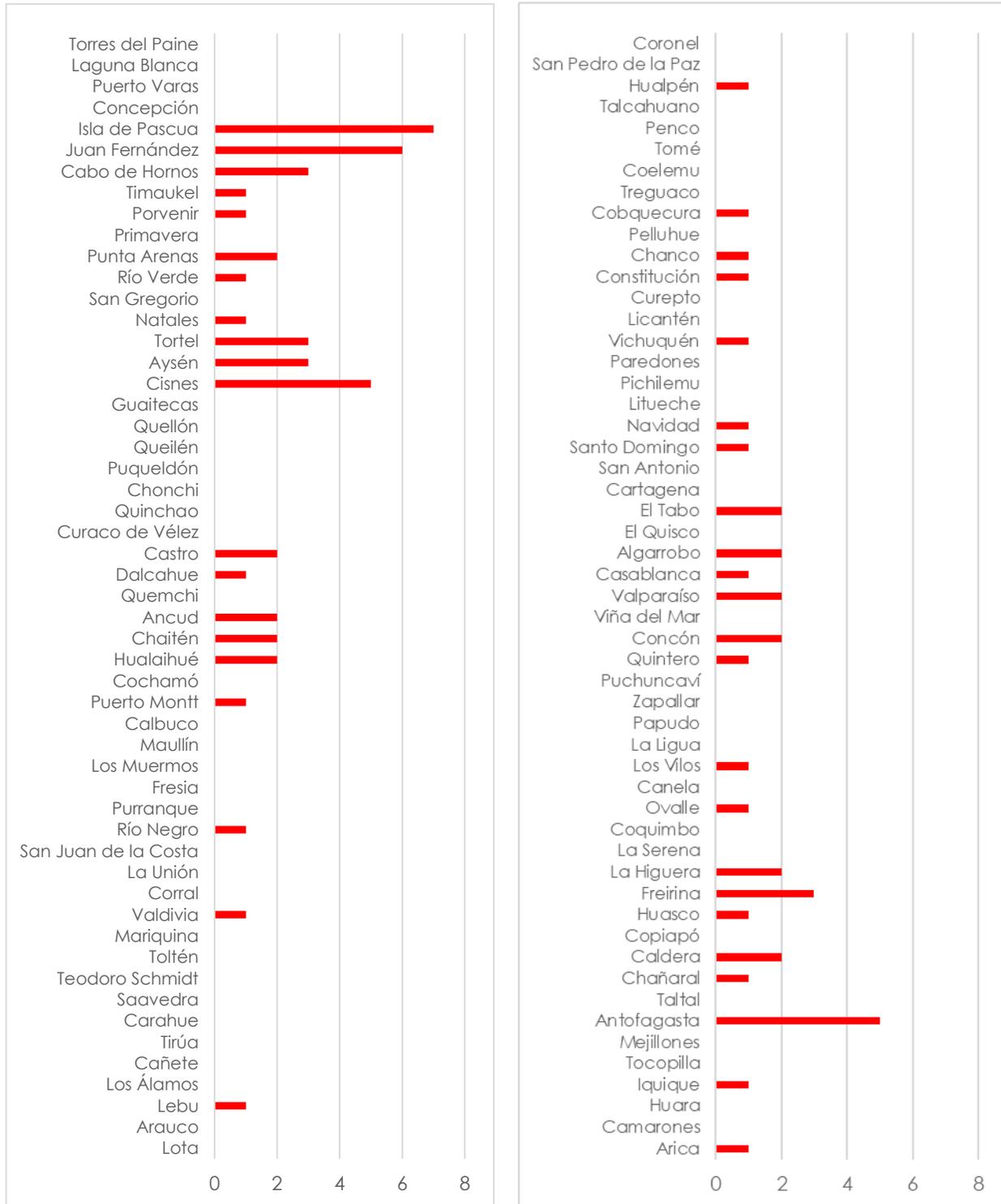


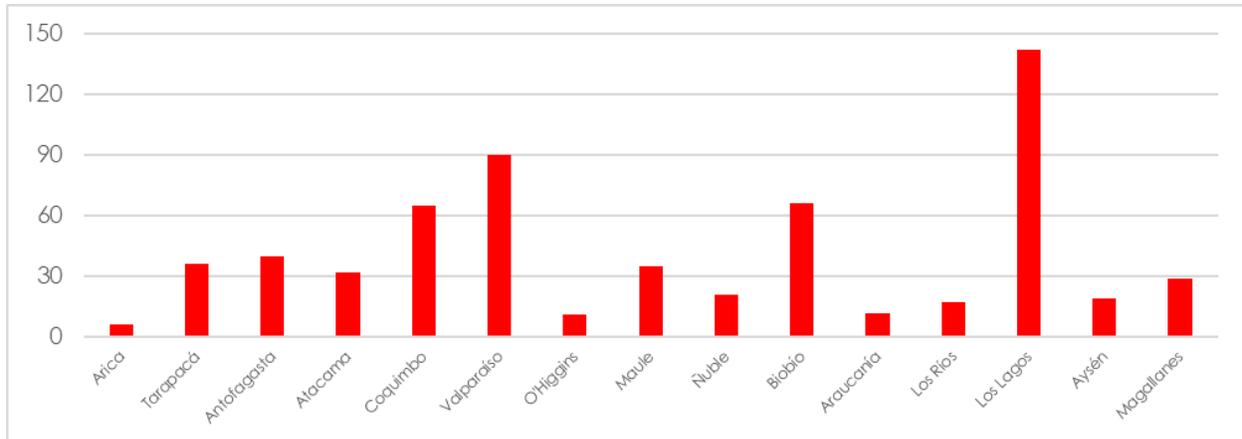
Figura 116: Distribución comunal de áreas protegidas, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares). Valores en escala logarítmica.



4.8 POBLADOS

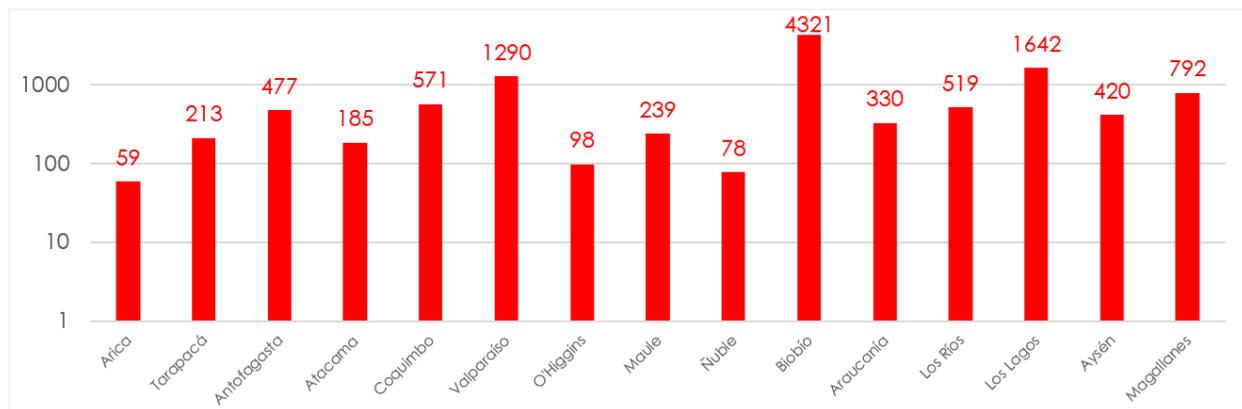
Al contabilizar el número de poblados (ciudades, pueblos, aldeas, caseríos) se constata la existencia de 621 unidades, incluyendo los asentamientos humanos (tanto en áreas rurales como urbanas), límites urbanos y áreas urbanas consolidadas (Figura 117).

Figura 117: Distribución regional de poblados, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].



Con respecto a la distribución de las manzanas censales que alcanzan a las 11.234 unidades urnas y rurales (Figura 118), destacan las regiones de Valparaíso (1.290 manzanas), Biobío (4.321) y Los Lagos (1.642).

Figura 118: Distribución regional de manzanas censales, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Valores en escala logarítmica.



En la Figura 119 Y Figura 120 se muestra la distribución de poblados y manzanas censales por comuna.

Figura 119: Distribución comunal de poblados, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares).

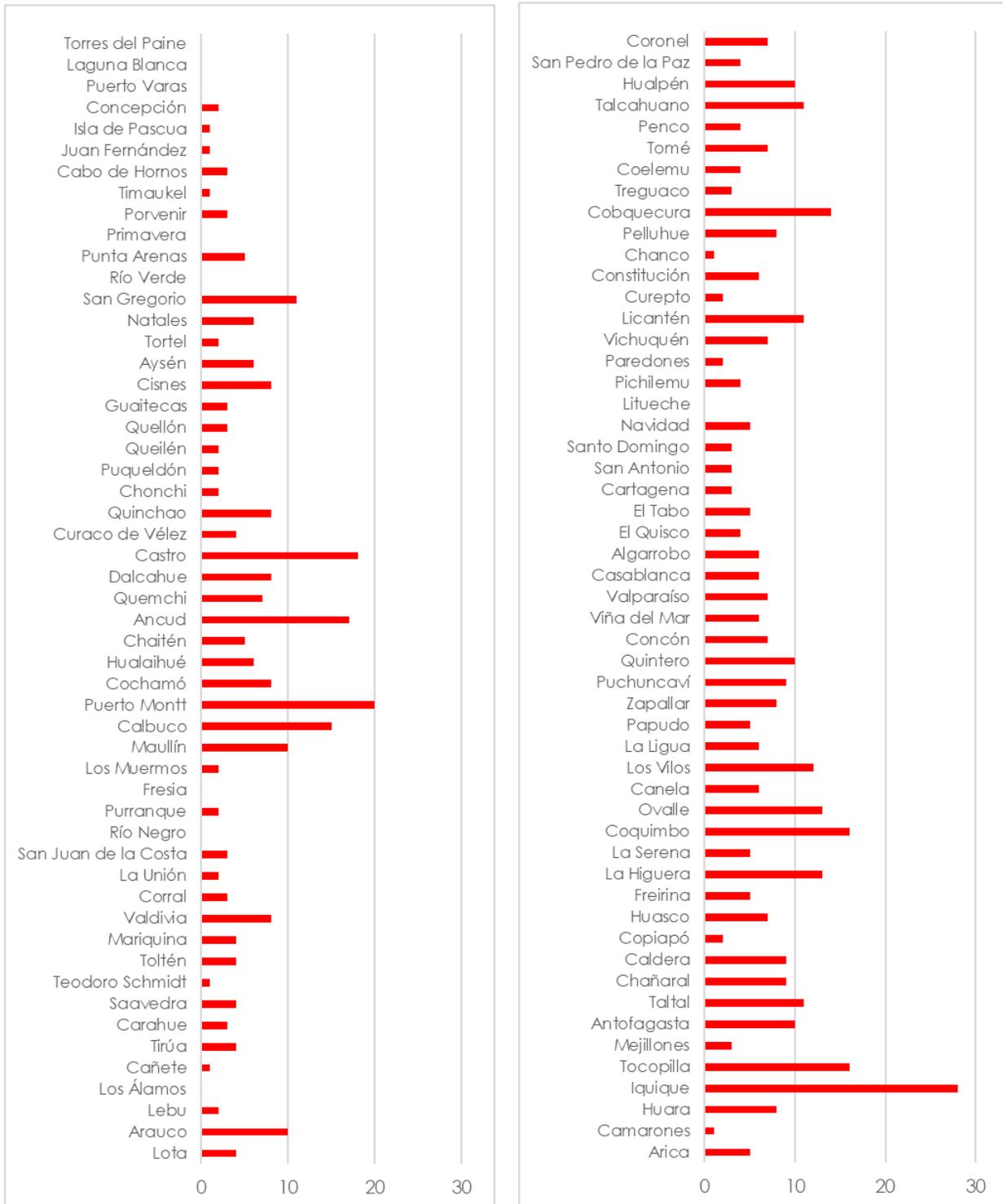
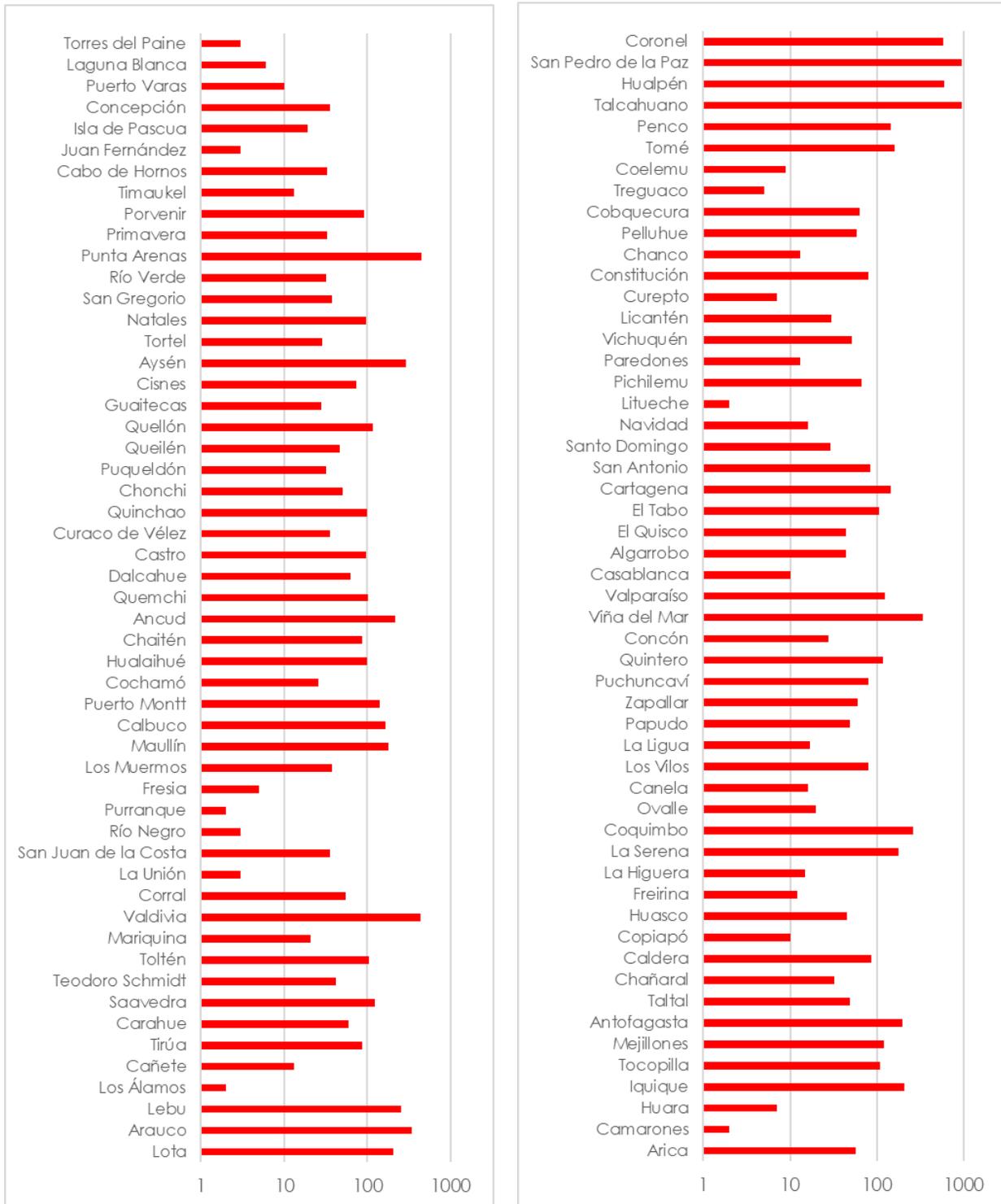


Figura 120: Distribución comunal de manzanas censales, en número, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm]. Las comunas están ordenadas de sur a norte (se muestran primero las comunas interiores e insulares). Valores en escala logarítmica.



4.9 PROPUESTA DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ZONAS CRÍTICAS

En esta sección se propone una jerarquización de las comunas costeras expuestas al cambio climático antropogénico, con el objetivo de seleccionar un subconjunto de aquellas que debieran ser analizadas con mayor atención. Esta jerarquización se realiza primero en base a un criterio cuantitativo y luego es complementada con una discusión de juicio experto. Se espera con la ejecución de los talleres, validar o perfeccionar estos criterios, revisando con actores relevantes el listado de comunas priorizadas para las regiones de Valparaíso, Antofagasta y Biobío.

4.9.1 Criterio cuantitativo

Este criterio se basa en el cálculo de un Índice Comunal de Exposición (*ICE*) frente al cambio climático en zonas costeras, que considera las componentes de área, población, infraestructura, equipamiento, actividades y sistemas naturales. El índice se define como:

$$ICE = f \left(C_{PA}PA + C_{PP}PP + C_{NI} \frac{NI}{LC} + C_{NE} \frac{NE}{LC} + C_{NA} \frac{NA}{LC} + C_{NN} \frac{NN}{LC} \right)$$

Donde f es un factor de escala y C_{PA} , C_{PP} , C_{NI} , C_{NE} , C_{NA} y C_{NN} son coeficientes de ponderación de los siguientes componentes:

- EL área expuesta de la comuna, expresada como el porcentaje del área bajo la cota de 10 [msnm] sobre el área total comunal (PA).
- El porcentaje de la población expuesta sobre el total comunal (PP).
- La longitud de costa expuesta en kilómetros (LC), estimada a partir de las longitudes totales regionales.
- El número infraestructuras por kilómetro de línea costera comunal (NI/LC). Se consideran aquí puertos, marinas deportivas, astilleros, bordes costeros urbanos, obras de conectividad, infraestructura vial, plantas de tratamiento de aguas potable, plantas de tratamiento de aguas servidas, plantas termoeléctricas, plantas de GNL, cables submarinos, entre otros.
- El número de infraestructuras de equipamiento por kilómetro de línea costera comunal (NE/LC). Se consideran aquí establecimientos de educación, salud, carabineros y bomberos.
- El número de actividades de economía local por kilómetro de línea costera comunal (NA/LC). Se consideran aquí caletas de pescadores y sitios de atracción turística.
- El número de sistemas naturales por kilómetro de línea costera comunal (NN/LC). Se consideran aquí áreas protegidas, sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, playas, dunas y humedales costeros.

Como primera aproximación se propone que todas las componentes tengan la misma ponderación, es decir a todos los ítems se les otorga la misma importancia. Esto es:

$$C_{PA} = C_{PP} = C_{NI} = C_{NE} = C_{NA} = C_{NN} = \frac{1}{6}$$

Para facilitar la comparación el *ICE* se escala y estandariza para que todas las comunas queden ordenadas en el intervalo [0:1]. Los valores cercanos a 0 se interpretan como comunas que tienen un bajo nivel de exposición y los valores cercanos a 1 corresponden a comunas altamente expuestas.

En la Tabla 30 se muestra el cálculo del índice para todas las comunas costeras y en la Figura 121 y Figura 122, se ilustran los índices organizados de mayor a menor. Las tres comunas más expuestas de acuerdo con este criterio son Talcahuano, Valparaíso y Arauco.

Figura 121: Índice Comunal de Exposición (ICE) para comunas costeras frente al cambio climático antropogénico, calculados a partir de la combinación de área y población expuesta.

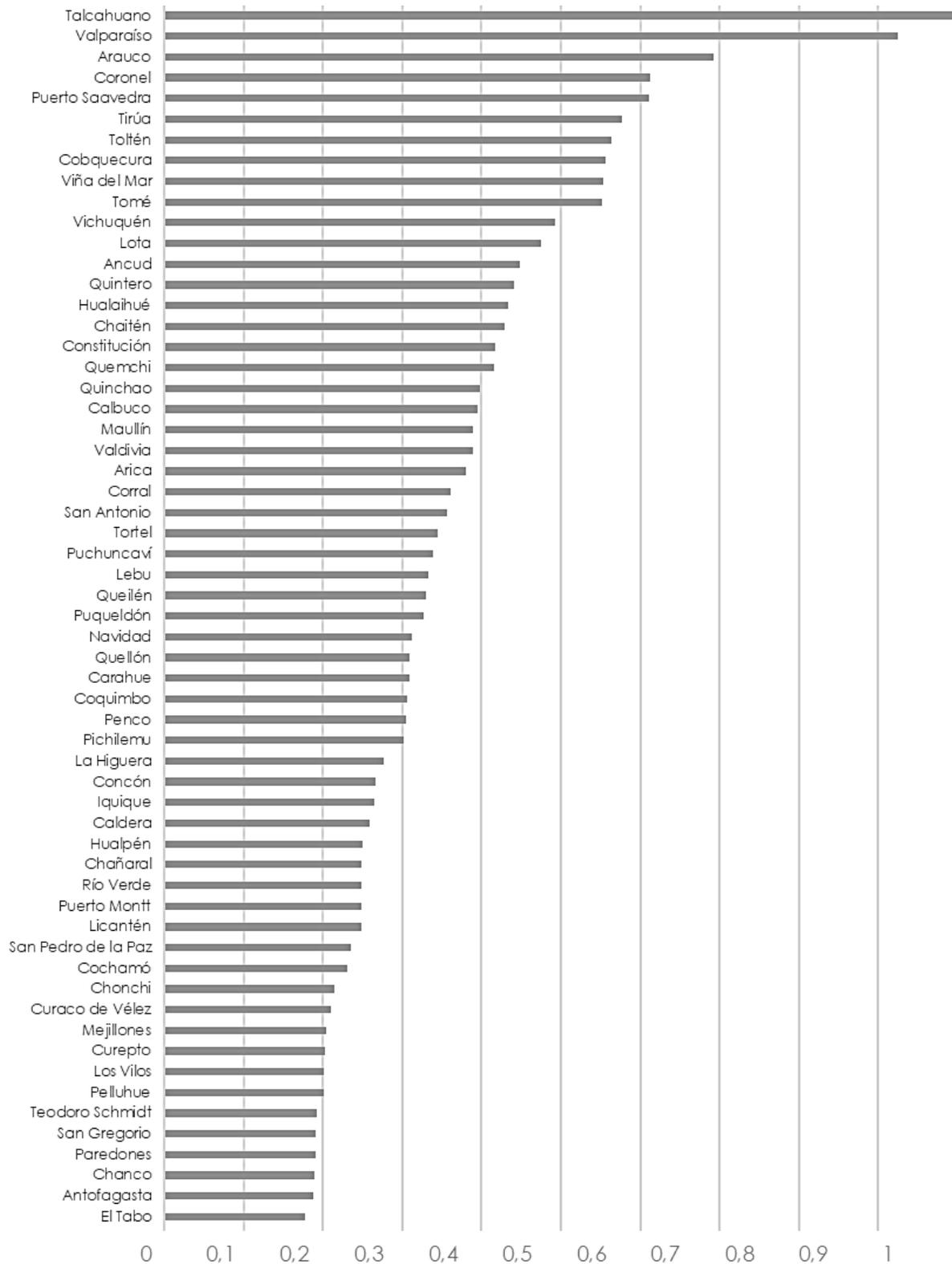


Figura 122: Índice Comunal de Exposición (ICE) para comunas costeras frente al cambio climático antropogénico, calculados a partir de la combinación de área y población expuesta (continuación).

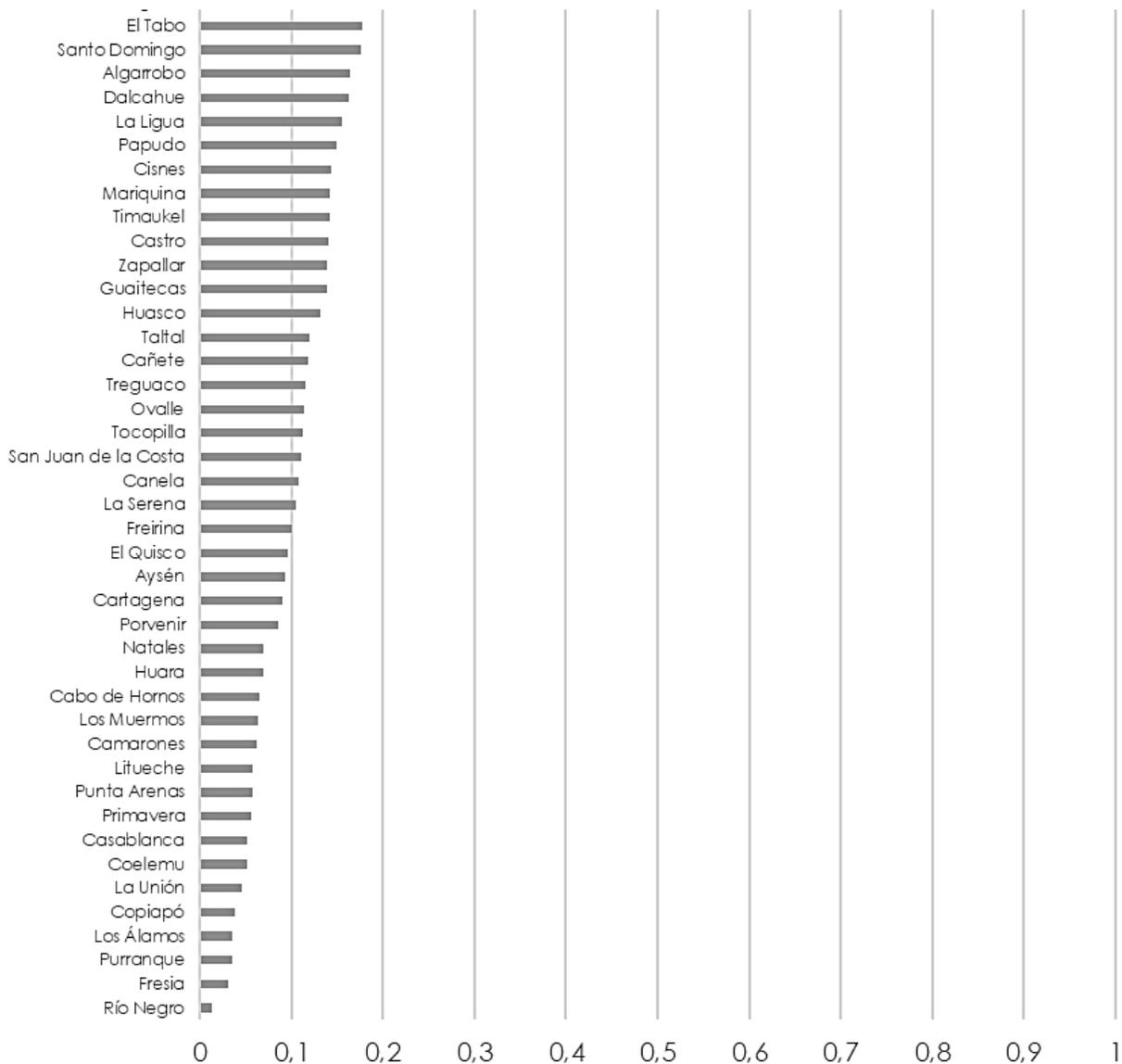


Tabla 30: Cálculo del Índice Comunal de Exposición (ICE) para comunas costeras frente al cambio climático antropogénico.

Región	Comuna	% Área Expuesta	% Población Expuesta	N° Infraestructura	N° Equipamiento	N° Actividades Económico	N° Elementos Biodiversidad	Índice
Arica y Parinacota	Arica	0,25	1,88	38	5	42	18	0,38
	Camarones	0,06	9,16	1	0	1	11	0,06
Tarapacá	Huara	0,05	13,00	4	2	9	8	0,07
	Iquique	0,84	6,53	71	15	46	41	0,26
Antofagasta	Tocopilla	0,40	5,35	16	2	28	16	0,11
	Mejillones	0,25	14,93	61	7	36	7	0,20
	Antofagasta	0,05	1,89	46	19	62	16	0,19
	Taltal	0,10	7,33	16	5	34	14	0,12
Atacama	Chañaral	0,25	47,83	9	1	9	16	0,25
	Caldera	0,60	12,43	22	0	47	18	0,26
	Copiapó	0,03	0,06	0	0	6	5	0,04
	Huasco	0,74	9,61	15	1	8	22	0,13
	Freirina	0,18	6,08	0	0	8	21	0,10
Coquimbo	La Higuera	0,37	39,35	6	0	19	20	0,28
	La Serena	1,18	9,47	7	6	17	8	0,1
	Coquimbo	1,93	6,63	29	14	33	35	0,31
	Ovalle	0,19	0,54	3	0	7	50	0,11
	Canela	0,46	11,99	1	0	7	53	0,11
	Los Vilos	0,52	6,37	12	10	30	41	0,20
Valparaíso	La Ligua	1,22	6,92	1	11	8	18	0,15
	Papudo	3,93	14,66	2	0	5	20	0,15
	Zapallar	1,21	11,70	5	1	6	17	0,14
	Puchuncaví	2,70	12,39	20	4	8	16	0,34
	Quintero	8,91	12,77	26	9	10	19	0,44
	Concón	5,19	1,48	17	0	15	7	0,27

Región	Comuna	% Área Expuesta	% Población Expuesta	N° Infraestructura	N° Equipamiento	N° Actividades Económico	N° Elementos Biodiversidad	Índice
	Viña del Mar	1,12	0,77	7	135	29	7	0,55
	Valparaíso	0,92	0,66	37	70	86	13	0,93
	Casablanca	0,18	3,73	0	0	2	18	0,05
	Algarrobo	2,05	13,45	3	0	15	28	0,16
	El Quisco	5,84	8,00	2	0	5	13	0,10
	El Tabo	3,71	21,44	2	4	11	14	0,18
	Cartagena	0,58	8,61	2	2	2	8	0,09
	San Antonio	1,06	4,56	15	26	15	9	0,36
	Santo Domingo	8,35	24,94	4	2	5	34	0,18
Libertador General Bernardo O'Higgins	Navidad	1,12	46,94	2	1	7	14	0,31
	Litueche	0,81	1,14	0	0	2	15	0,06
	Pichilemu	2,27	21,27	7	3	17	54	0,30
	Paredones	2,36	25,45	2	6	3	27	0,19
Maule	Vichuquén	8,68	78,92	3	7	11	23	0,49
	Licantén	7,34	29,22	6	11	8	11	0,25
	Curepto	4,26	21,44	0	10	16	6	0,20
	Constitución	7,32	10,74	18	15	14	43	0,42
	Chanco	2,34	10,00	3	1	7	15	0,19
	Pelluhue	1,34	32,77	2	7	12	22	0,20
Ñuble	Cobquecura	1,65	56,86	2	4	9	26	0,56
	Treguaco	2,53	5,04	0	1	2	3	0,11
	Coelemu	3,20	6,41	1	0	1	6	0,05
Biobío	Tomé	4,22	10,57	14	18	24	51	0,55
	Pencahue	0,44	2,15	18	10	9	7	0,30
	Talcachano	37,50	21,03	52	88	27	31	1,00
	Hualpén	46,79	9,22	14	52	3	9	0,25
	San Pedro de la Paz	9,15	5,05	5	67	5	3	0,23

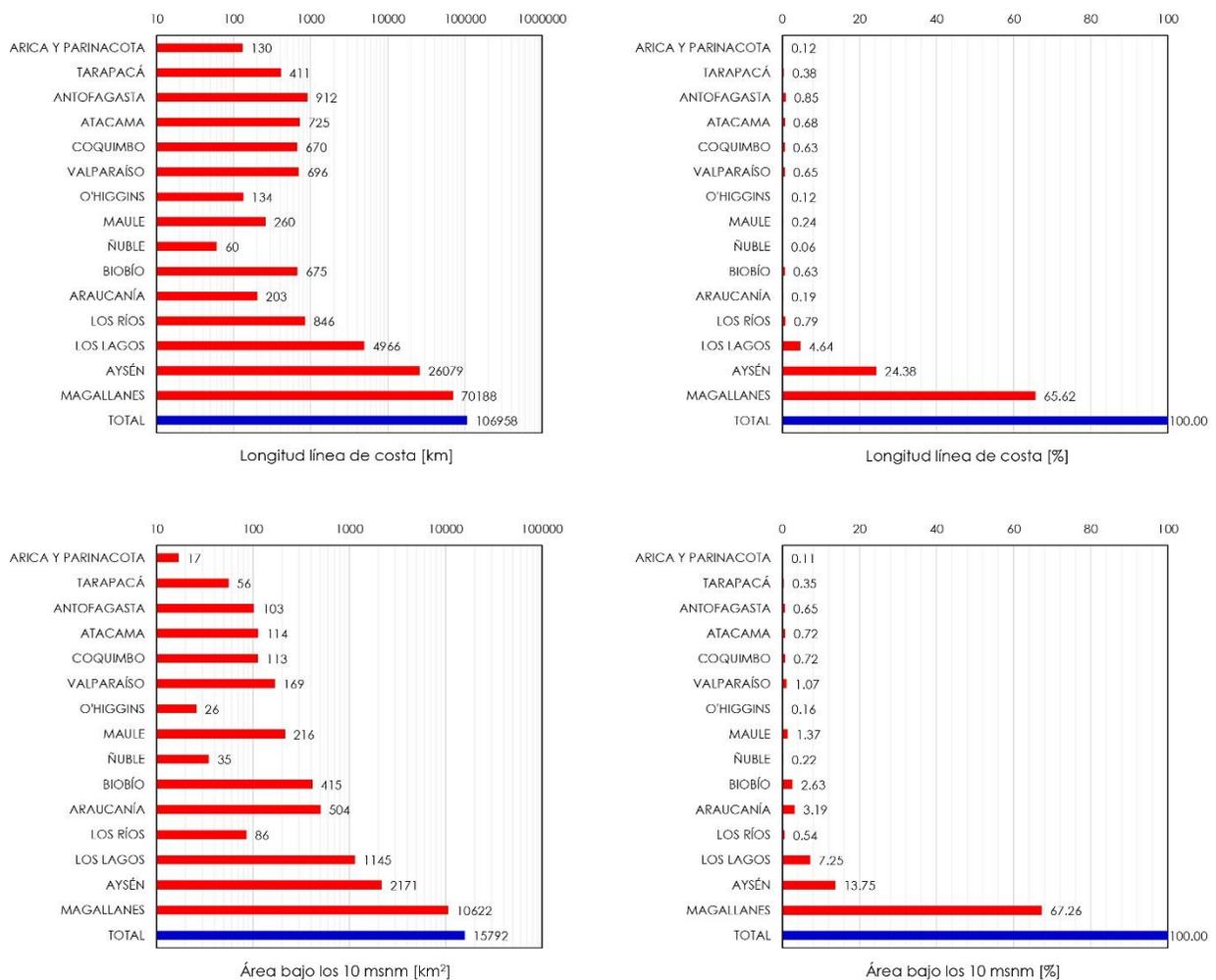
Región	Comuna	% Área Expuesta	% Población Expuesta	N° Infraestructura	N° Equipamiento	N° Actividades Económico	N° Elementos Biodiversidad	Índice
	Coronel	9,46	8,75	38	62	29	17	0,61
	Lota	2,10	6,46	12	22	22	18	0,48
	Arauco	13,31	55,67	13	51	16	87	0,69
	Lebu	3,14	14,67	9	20	16	51	0,33
	Los Álamos	0,98	1,90	0	0	1	9	0,04
	Cañete	8,65	15,18	0	2	3	40	0,12
	Tirúa	6,84	63,71	5	13	13	69	0,58
Araucanía	Carahue	8,39	40,47	7	20	13	27	0,31
	Puerto Saavedra	45,27	85,78	7	22	21	10	0,61
	Teodoro Schmidt	16,03	37,77	0	17	6	19	0,19
	Toltén	19,45	87,34	5	29	22	56	0,56
Los Ríos	Mariguina	12,89	30,13	0	10	5	33	0,14
	Valdivia	20,17	48,93	3	161	81	46	0,39
	Corral	10,93	68,35	11	14	24	39	0,36
	La Unión	2,28	7,57	0	0	6	33	0,05
Los Lagos	San Juan de la Costa	1,09	20,25	2	4	11	51	0,11
	Río Negro	0,53	1,39	0	1	2	16	0,01
	Purranque	0,28	1,12	0	0	6	30	0,03
	Fresia	3,18	4,74	0	0	2	25	0,03
	Los Muermos	2,63	16,21	0	1	1	63	0,06
	Mauñín	26,81	92,65	7	43	10	129	0,39
	Calbuco	5,86	63,13	23	34	21	25	0,39
	Puerto Montt	2,03	9,59	31	36	40	134	0,25
	Cochamó	0,40	65,47	0	10	1	26	0,23
	Hualaihué	1,39	80,40	3	37	26	67	0,43
	Chaitén	1,76	70,38	17	33	22	58	0,43
Ancud	7,02	37,65	19	28	54	123	0,45	

Región	Comuna	% Área Expuesta	% Población Expuesta	N° Infraestructura	N° Equipamiento	N° Actividades Económico	N° Elementos Biodiversidad	Índice
	Quemchi	8,90	79,29	16	30	19	61	0,42
	Dalcahue	0,71	35,91	4	12	15	43	0,16
	Castro	2,76	26,98	9	12	7	103	0,14
	Curaco de Vélez	3,63	53,25	3	10	4	19	0,21
	Quinchao	12,52	84,06	16	25	19	59	0,4
	Chonchi	4,15	48,23	5	10	11	25	0,21
	Puqueldón	4,51	85,87	1	11	13	47	0,33
	Queilén	6,06	79,24	3	24	8	64	0,33
	Quellón	3,55	45,98	18	43	16	125	0,31
Aysén	Guaitecas	9,03	39,93	4	2	3	3	0,14
	Cisnes	2,17	40,88	8	10	17	37	0,14
	Aysén	4,48	25,94	21	41	24	78	0,09
	Tortel	3,82	100,00	5	0	4	38	0,34
Magallanes	Natales	6,10	19,51	15	11	13	39	0,07
	San Gregorio	6,91	55,44	8	1	9	18	0,19
	Río Verde	3,49	72,29	2	1	10	16	0,25
	Punta Arenas	6,56	15,30	26	67	60	40	0,06
	Primavera	13,73	16,06	5	0	4	5	0,06
	Porvenir	8,26	24,64	3	1	34	8	0,09
	Timaukel	0,81	40,99	3	3	6	11	0,14
	Cabo de Hornos	4,05	18,47	13	9	17	7	0,06

4.9.2 Juicio experto

Existen grandes diferencias en la longitud de la línea de costa y las áreas bajo los 10 [msnm] a nivel regional (Figura 123). Se observa que las 3 regiones más australes (Magallanes, Aysén y Los Lagos) tienen longitudes que son órdenes de magnitud mayores al resto del país. Un conjunto de regiones donde se encuentran aquellas con mayor población costera (Valparaíso, Biobío y Coquimbo) tienen longitudes costeras intermedias y cercanas a los 700 [km]. La región con menor litoral es Ñuble, y aquella con mayor porcentaje de población expuesta (Araucanía) tiene un litoral que apenas supera los 200 [km].

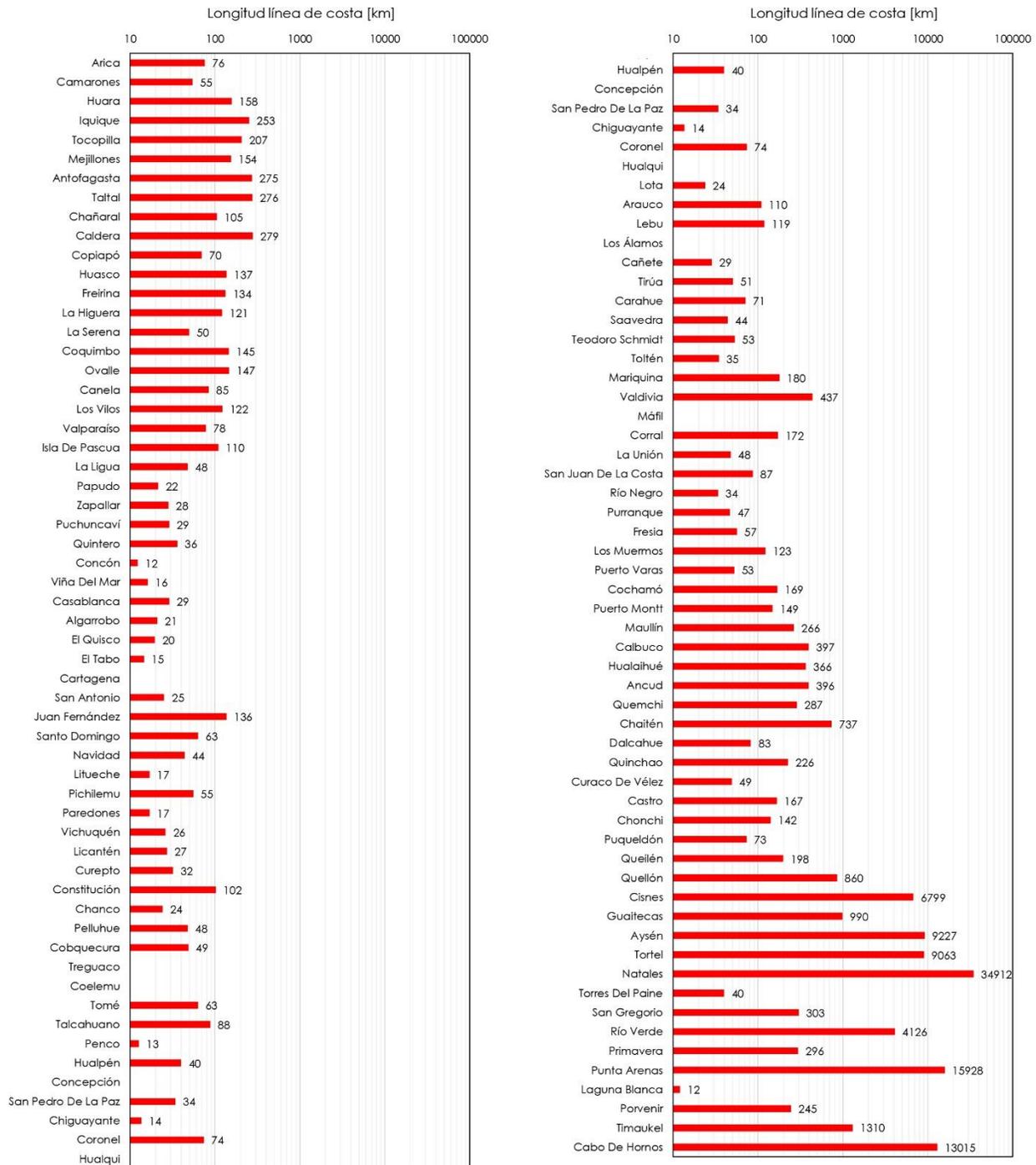
Figura 123: Longitudes de la línea de costa (arriba) y área bajo los 10 [msnm] (abajo) por región, en [km] y en forma porcentual. Debido a las enormes diferencias de magnitudes, se utiliza una escala logarítmica.



Estas enormes diferencias en la longitud litoral entre las regiones del extremo austral con el resto de las regiones del país obligan a realizar un análisis diferenciado: Por un lado, las 3 regiones de la macro-zona austral (Magallanes, Aysén y Los Lagos) poseen una costa fragmentada, constituida por islas, fiordos y canales. Las longitudes del litoral son 2 ó 3 órdenes de magnitud mayores al resto del país. Estas regiones tienen una baja densidad poblacional y pocas

asentamientos costeros vinculados a la navegación, que tradicionalmente se asocia al transporte y a la comunicación. Por esta razón algunas comunas de estas regiones presentan elevados índices *ICE*.

Figura 124: Longitudes de la línea de costa (arriba) y área bajo los 10 [msnm] (abajo) por región, en [km] y en forma porcentual. Debido a las enormes diferencias de magnitudes, se utiliza una escala logarítmica.



El resto de las regiones presentan una costa orientada en forma más o menos rectilínea de norte a sur, que es interrumpida ocasionalmente por bahías y penínsulas. En la zona central, que alberga el 80% del total nacional, la población se concentra en el valle central y por lo tanto en zonas alejadas de la costa. En el norte del país, donde la densidad poblacional es menor, las ciudades más grandes se encuentran cerca de la costa, sin embargo, estas tienen poblaciones inferiores a las de ciudades que se encuentran en la zona central. En la zona central resaltan las tres grandes conurbaciones costeras:

- El Gran Valparaíso, que incluye las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Concón.
- El Gran Concepción, que incluye las ciudades de Talcahuano, Concepción y San Pedro de la Paz.
- El Gran Coquimbo, que incluye por La Serena y Coquimbo.

Estas conurbaciones presentan marcadas diferencias, según se aprecia en la Tabla 31.

Tabla 31: Resumen grado exposición de las grandes conurbaciones costeras.

Conurbaciones	Área expuesta	Población expuesta	Infraestructura	Equipamiento
Valparaíso	Baja	Baja	Medio	Alto
Concepción	Alta	Alta	Alto	Alto
Coquimbo	Media	Media	Medio	Bajo

Por otro lado, el número de elementos de infraestructura es relativamente alto en las comunas del norte de Chile (Figura 125 y Figura 126). Esto puede deberse a que la falta de lugares abrigados en el litoral ha obligado a la construcción de obras portuarias por una parte, mientras que la disposición de las grandes centros urbanos en la costa obliga a la instalación de industrias en el litoral, situación que no ocurre en el resto del país. En forma recíproca, el equipamiento comunal comienza a aumentar en las comunas más australes, debido principalmente por la disposición de establecimientos educacionales en sectores bajos y próximos a la costa. Las grandes excepciones lo constituyen las comunas de Talcahuano, Viña del Mar y Valdivia, cuyos amplios terrenos bajos han propiciado el emplazamiento de diversas edificaciones de servicios bajo la cota de 10 [msnm].

Los elementos del sistema natural cobran relevancia al sur del país (Figura 127 y Figura 128), impulsados por la presencia de humedales costeros, áreas protegidas y de interés para la conservación. Las actividades económicas, en contraste, están presentes en todas las comunas, destacando por su número en las comunas de Valparaíso y Valdivia. Destacan las comunas de Antofagasta y Pichilemu en comparación con las comunas contiguas. Por último, al comparar el índice *ICE*, son las comunas de Valdivia y en menor medida de Talcahuano, las que resaltan por el alto número de habitantes que se encuentran bajo los 10 [msnm].

Figura 125: Número de elementos de equipamiento e infraestructura comunal, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

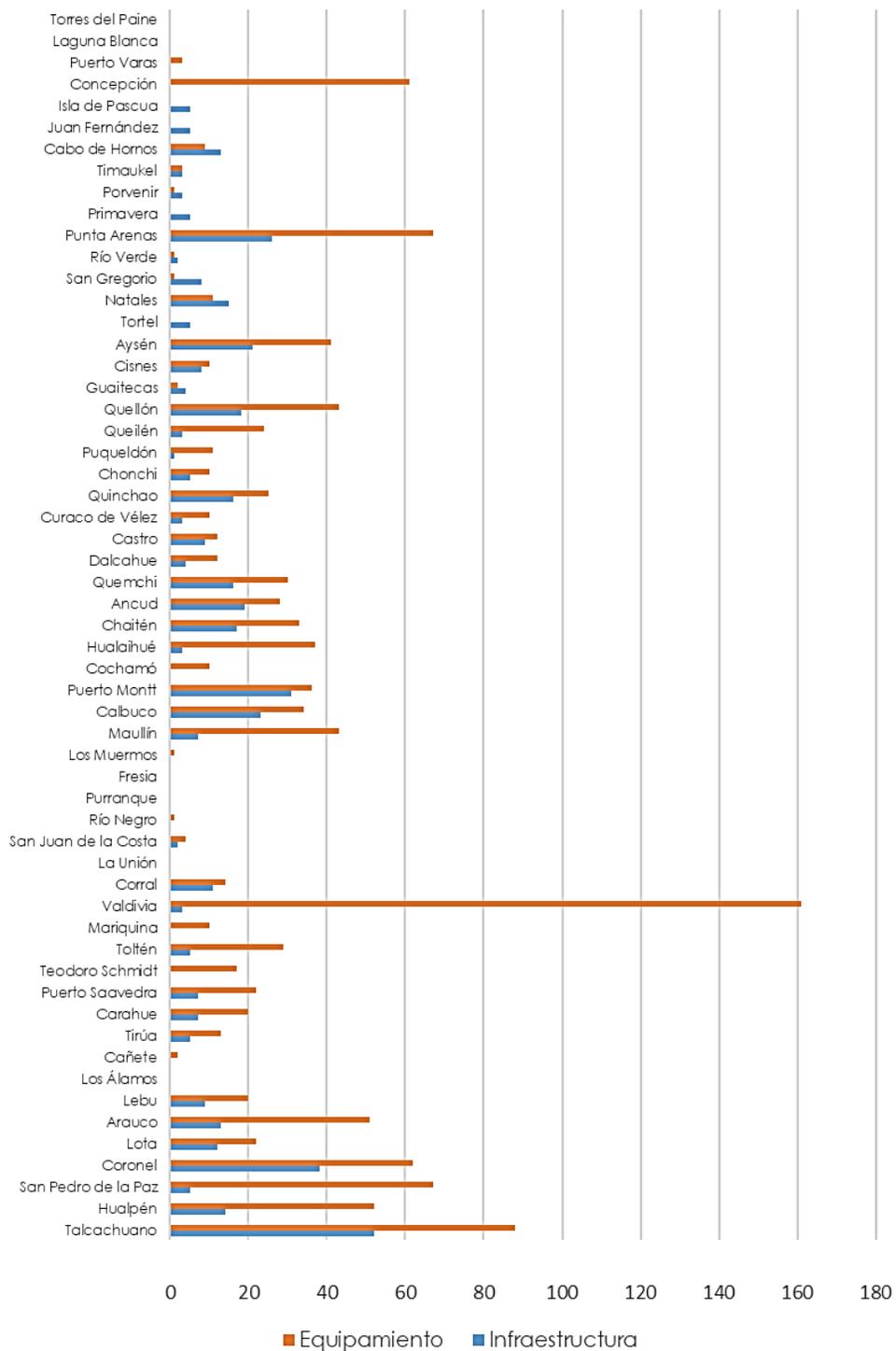


Figura 126: Número de elementos de equipamiento e infraestructura comunal, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm] (continuación).

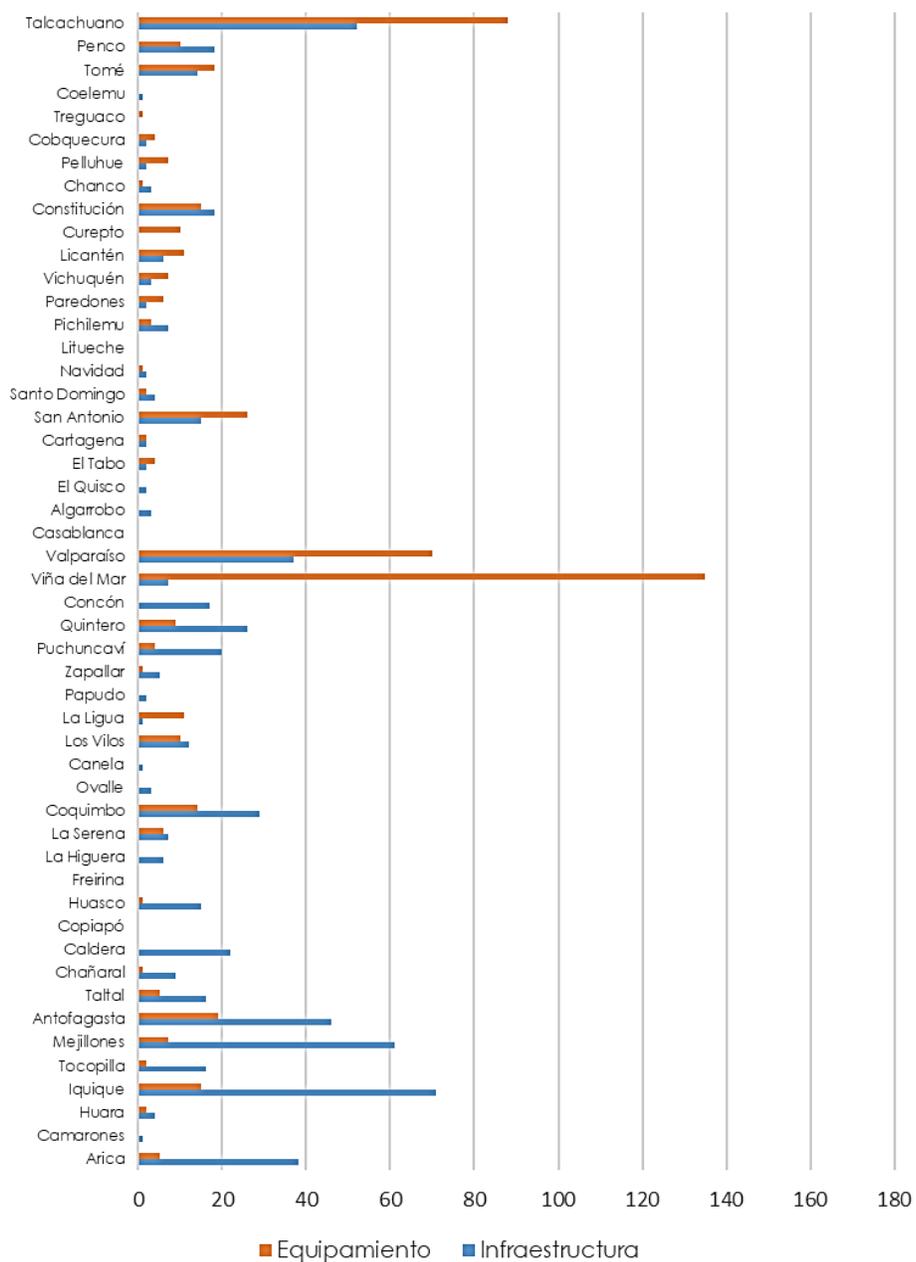


Figura 127: Número de elementos del sistema natural y actividades económicas, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm].

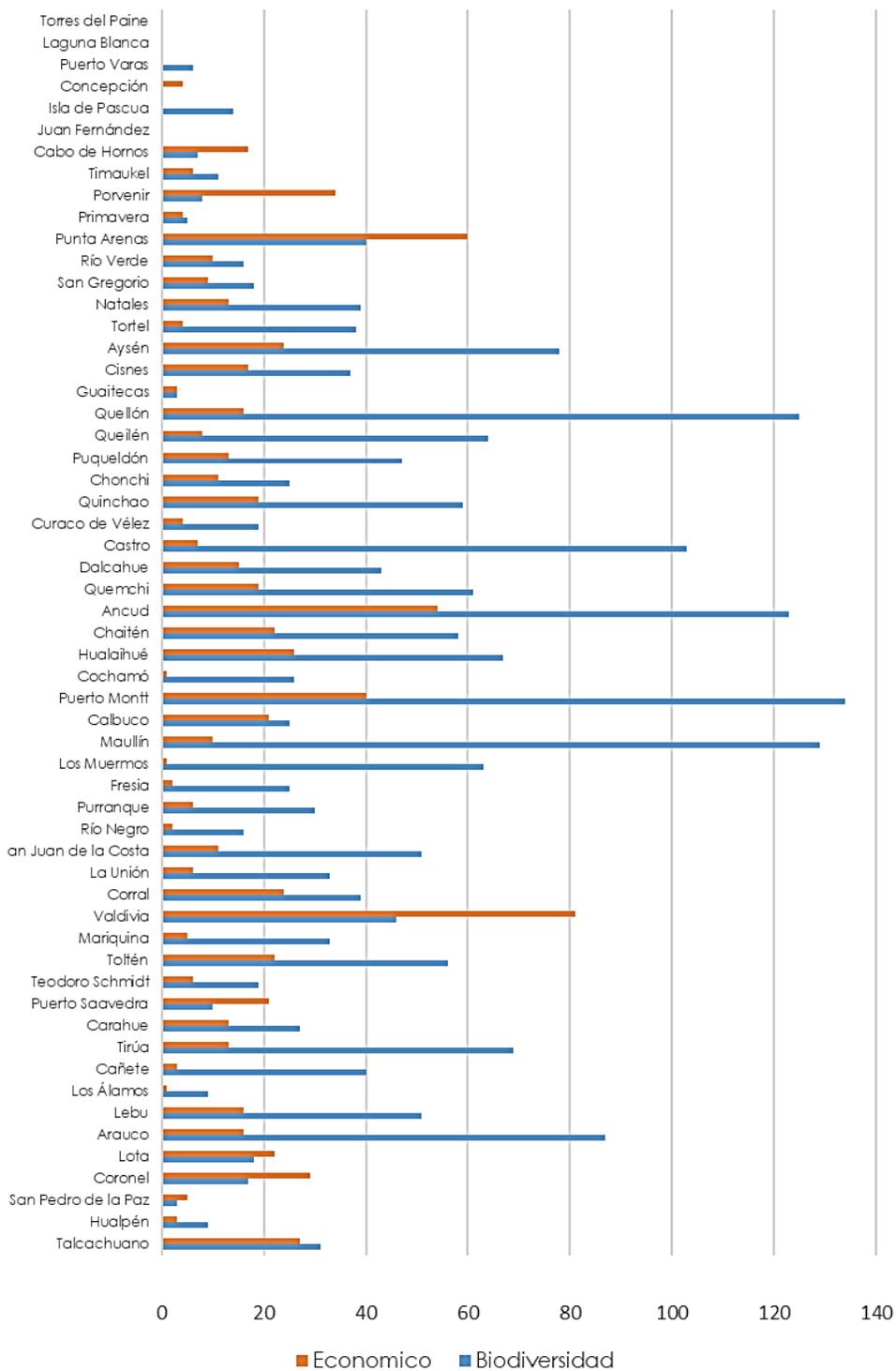


Figura 128: Número de elementos del sistema natural y actividades económicas, en comunas costeras que contienen áreas bajo los 10 [msnm] (continuación).

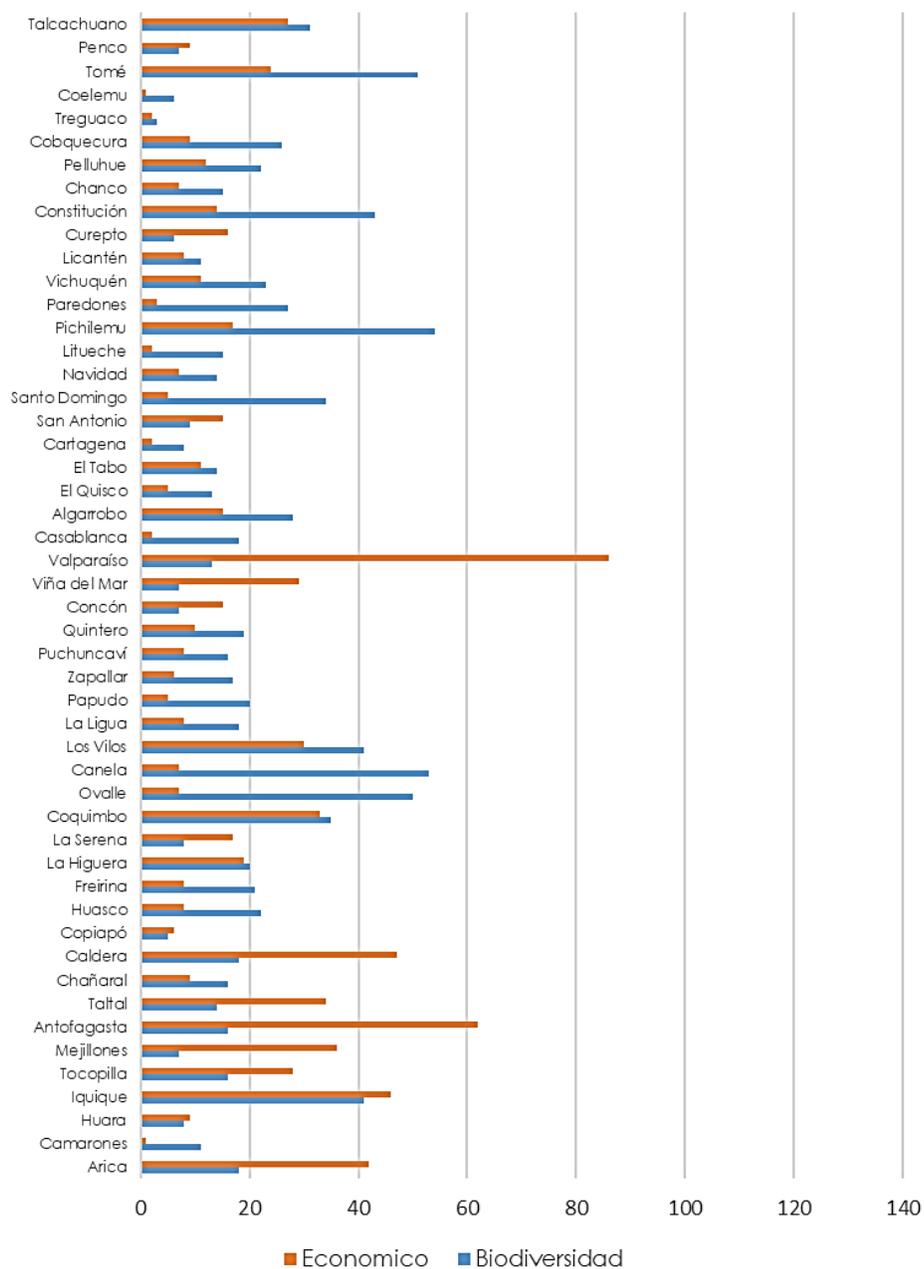
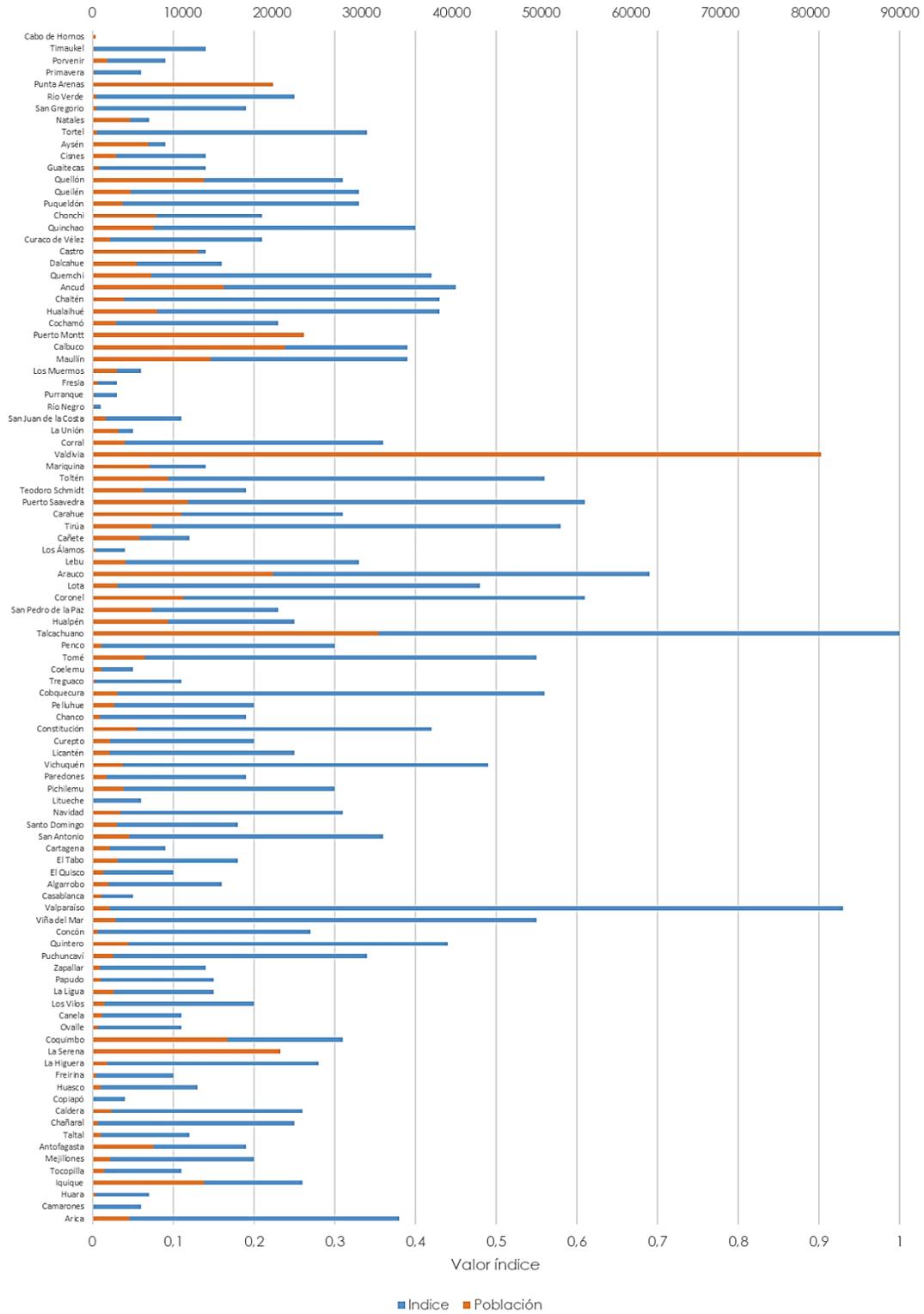


Figura 129: Comparación del índice de exposición y la población total expuesta bajo la cota de 10 m para las comunas costeras del país.



4.9.3 Zonas críticas escogidas

Por conveniencia, las zonas críticas cubren la extensión territorial de una municipalidad. Ello se basa en un criterio metodológico (disponibilidad de data censal) y práctico (unidad de gestión). Los criterios de selección son los siguientes:

- Según el índice comunal de exposición:
 1. Talcahuano
 2. Valparaíso
 3. Arauco
 4. Coronel
 5. Puerto Saavedra

- Según la infraestructura y equipamiento:
 6. Valdivia
 7. Viña del Mar

- Según las actividades económicas y sistemas naturales:
 8. Antofagasta
 9. Pichilemu

- Asimismo, en las Observaciones de la Contraparte Técnica al Informe 1, el Ministerio propone analizar:
 10. Coquimbo

- Finalmente, y dado que en el informe 1 se omitieron las islas oceánicas, se incluyen además los municipios de:
 11. Isla de Pascua
 12. Juan Fernández

Cabe mencionar que, aun cuando no fue requerido en los Términos de Referencia, se efectuarán propagaciones de oleaje a estas municipalidades, en la medida que exista disponibilidad de información topo-batimétrica.

4.10 RECOMENDACIONES

En 15 de las 102 comunas costeras no se cuenta con polígonos que representen en forma adecuada la línea litoral. Estas 15 comunas se emplazan en la zona austral del país donde los grandes rangos de marea, de hasta 8 [m] en lugares como Puerto Montt, inducen errores que pueden ser de varias decenas o centenas de metros en la horizontal. Por ello se recomienda a mediano plazo realizar un levantamiento de la línea litoral, utilizando algunas de las tantas metodologías estandarizadas internacionalmente y sugeridas en la literatura especializada (Griffiths et al., 2019; Jovivek et al., 2019; Pugliano et al., 2019).

El inventario de exposición puede ser ampliado y complementado con otros antecedentes importantes para visualizar los elementos expuestos en la zona costera baja:

- **Infraestructura terrestre:** relaves mineros costeros, red ferroviaria, aeródromos y aeropuertos, puentes urbanos y peatonales, red de comunicaciones, pequeñas industrias, comercio, entre otros.
- **Estructuras marítimas:** Sistema de señalización para el tráfico marítimo.
- **Equipamiento:** educación superior, dependencias municipales, servicios públicos.
- **Biodiversidad:** Atlas de Aves nidificantes y otras fuentes de información para la distribución de diferentes especies.

Además, se podría utilizar la base de datos del Servicio de Impuestos Internos (SII) sobre actividades económicas, para complementar el inventario de exposición, agregando la ubicación de pequeñas industrias y talleres artesanales, entre otros. Esto permitirá identificar sectores productivos que se encuentran en la zona costera de baja elevación.

Por último, en Chile existen unos 300 asentamientos costeros precarios, generalmente tomas, que no han sido evaluados por no estar debidamente registrados en las estadísticas de ordenamiento territorial. Por ejemplo, en el censo 2017, se aprecia que aparecen varios núcleos de manzanas censales rurales en el área expuesta bajo los 10 [msnm] con densidades elevadas de personas y viviendas. Así las densidades de población y vivienda en manzanas costeras puede ser indicadores de la presencia de asentamientos irregulares en la costa, como es el caso de Puerto Viejo o Carrizalillo. Estos asentamientos tienen tipologías de construcción precarias, lo que los hace especialmente vulnerables a inundaciones costeras.

4.11 REFERENCIAS

Bozkurt et al. (2018). Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular Chileno. Desarrollo por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile para el Ministerio del Medio Ambiente,

Campbell, P., McCall, G., & Easton, A. (2014). Impacts to tourism and loss of cultural heritage from climate change and adaptation recommendations. *Rapa Nui Journal*, 28, 2.

Castro C (2015). Geografía de las dunas costeras de Chile: Instrumentos y pautas para su manejo integrado. Ediciones UC, Santiago.

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

CIESIN (2013). Low Elevation Coastal Zone (LECZ) Urban-Rural Population and Land Area Estimates, Version 2. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Center for International Earth Science Information Network - Columbia University. <http://dx.doi.org/10.7927/H4MW2F2J>. Accessed December 25th, 2017.

Contreras-López M, Iguait F, Breuer W & Zamora F (2018) Vulnerabilidad por tsunamis de servicios de emergencia y establecimientos educacionales en el Gran Valparaíso. En: Hidalgo R & Martínez C (eds.). *La zona costera en Chile: adaptación y planificación para la resiliencia*, GEOLIBRO Pontificia Universidad Católica de Chile (en prensa).

Contreras-López M, Figueroa-Sterquel R, Salcedo-Castro J, Vergara-Cortés H, Zuleta C, Bravo V, Piñones C, Cortés-Molina F (2017) "Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central" En Botello A, Villanueva S, Gutiérrez J y Rojas JL (eds.) *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático*, Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) - Universidad Autónoma de Campeche (UAC), 227-246.

CORFO (1964) Inventario de dunas en Chile zona 29°48' - 41°59' latitud sur: Proyecto aerofotogramétrico Chile/OEA/BID

Fritz, H. M., Petroff, C. M., Catalán, P. A., Cienfuegos, R., Winckler, P., Kalligeris, N., ... & Ebeling, C. (2011). Field survey of the 27 February 2010 Chile tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, 168(11), 1989-2010.

GICO (2016). Evaluación del recurso energético asociado a oleaje en Isla de Pascua e Isla Robinson Crusoe, Chile. Grupo de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso

Griffiths, D., House, C., Rangel-Buitrago, N., & Thomas, T. (2019). An assessment of areal and transect-based historic shoreline changes in the context of coastal planning. *Journal of Coastal Conservation*, 23(2), 315-330.

INE (2005). Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caceríos. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en (Diciembre 2018): http://www.ine.cl/docs/default-source/censos/censo_2002_publicado_junio_2005.pdf?sfvrsn=4

Joevivek, V., Saravanan, S., & Chandrasekar, N. (2019). Assessing the shoreline trend changes in Southern tip of India. *Journal of Coastal Conservation*, 23(2), 283-292.

MBN (2018) Infraestructura de Datos Geoespaciales, Catalogo Nacional de Información Geoespacial, Geoportal de Chile. Recuperado de (Diciembre 2018): <http://www.geoportal.cl/visorgeoportal/>

McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and urbanization*, 19(1), 17-37. Paskoff, R., & Manríquez, H. (2004). *Las dunas de las costas de Chile*. Instituto Geográfico Militar de Chile.

Okal, E.A., Synolakis, C.E., Fryer, G.J., Heinrich, P., Borrero, J.C., Ruscher, C., Arcas, D., Guille, G. and Rousseau, D. (2002). A field survey of the 1946 Aleutian tsunami in the far field, *Seismol. Res. Letts.*, 73, 490–503.

Pugliano, G., Robustelli, U., Luccio, D. D., Mucerino, L., Benassai, G., & Montella, R. (2019). Statistical Deviations in Shoreline Detection Obtained with Direct and Remote Observations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(5), 137.

Quilliam, L., Cox, R., Campbell, P., & Wright, M. (2011). Coastal climate change impacts for Easter Island in 2100. In *Coasts and Ports 2011: Diverse and Developing: Proceedings of the 20th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and the 13th Australasian Port and Harbour Conference* (p. 617). Engineers Australia.

Rangel-Buitrago N, Contreras-López M, Martínez C & Williams A (2018) Can coastal scenery be managed? The Valparaíso region, Chile as a case study, *Ocean & Coastal Management*, Elsevier, Vol. 163: 383 – 400.

SHOA (2015) *Derrotero de la Costa de Chile. Volúmenes I a IV*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

Willis, P., C. Boucher, H. Fagard, B. Garayt & M.L. Gobinddass. (2010). Contributions of the French Institut Geographique National (IGN) to the International DORIS Service. In *DORIS: Scientific Applications in Geodesy and Geodynamics*, P. Willis (ed.), *Advances in Space Research* 45(12):1470-1480.

5 ANEXOS

5.1 LISTADO DE INSTITUCIONES OFICIADAS

Tabla 32: Listado de instituciones contactadas para solicitar información.

Instiución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
MMA	Inventario de humedales	Inventario de humedales	Entregado	1692	1330	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Áreas Protegidas	Parque Nacional	Entregado	40	18	Punto
		Monumento Natural	Entregado	16	6	Punto
		Reserva Nacional	Entregado	26	8	Punto
		Reserva Forestal	No Entregado			
		Santuario de la Naturaleza	Entregado	42	22	Punto
		Parque Marino	Entregado	1	1	Punto
		Reserva Marina	Entregado	5	4	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Sitios Prioritarios	Área marina protegida	Entregado	26	22	Punto
		Sitios Prioritarios Ley 19.300	Entregado	63	28	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Otras Categorías de Conservación	Sitios Prioritarios ERB	Entregado	338	106	Punto
		Bien Nacional Protegido	Entregado	54	25	Punto
		Iniciativas de conservación privada	Entregado	377	78	Punto
		Paisajes de conservación	Entregado	2	0	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Ecosistemas	Sitios RAMSAR	Entregado	12	4	Punto
		Reservas de la Biósfera	Entregado	596	205	Punto
		Acuíferos Protegidos Regiones I, II, XV	Entregado	217	N/A	Polígono
		AMERB	Entregado	1363	1363	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Especies Animales	Formaciones vegetacionales Gajardo	Entregado	678535,4 km2	9695,6 km2	Polígono
		Pisos vegetacionales de Pliscoff	Entregado	698098,8 km2	11879,1 km2	Polígono
		Anfibios	No Entregado			
		Arácnidos	No Entregado			
		Aves	No Entregado			
		Crustáceos	No Entregado			
		Insecto	Entregado	6	4	Punto
		Mamíferos	Entregado	20	2	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Especies Vegetales	Peces	No Entregado			
Reptiles		No Entregado				
Árboles		Entregado	585	9	Punto	
Arbustos		Entregado	264	21	Punto	
Cactus		Entregado	412	9	Punto	
	Helechos	Entregado	450	44	Punto	
	Hierbas	Entregado	87	4	Punto	

Institución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
		Líquenes	No Entregado			
		Musgos	No Entregado			
		Trepadoras y epífitas	No Entregado			
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Recursos Hídricos	Áreas de vigilancia de aguas	Entregado	N/A	N/A	Línea
		Estación de calidad de aguas	Entregado	907	18	Punto
		Nodo área de vigilancia de aguas	Entregado	196	7	Punto
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Suelos	Desertificación	Entregado	750913,2 km2	11766,2 km2	Polígono
		Erodabilidad	Entregado	748593,8 km2	11352,7 km2	Polígono
		Erosividad	Entregado	748571,3 km2	11435,5 km2	Polígono
	Patrimonio Ambiental / Biodiversidad / Bosque Nativo	Catastro de Bosque Nativo de Conaf	Entregado		3198 km2	Polígono
	Infraestructura Establecimientos Industriales	Establecimientos industriales químicos	Entregado	195		Punto
		Establecimientos RETC	Entregado	10294		Punto
		Radio riesgo químico	Entregado	42		Polígono
	Equipamiento / Residuos	Tratamiento de residuos	Entregado	169		Punto
	Monumentos Históricos	Monumentos Históricos (Agosto 2016)	Entregado	930		Punto
Zonas Típicas	Zonas Típicas o Pintorescas (Agosto 2016)	Entregado	134		Punto	
Shapes SEA: Proyectos que tengan RCA		No Entregado				
Dirección de Obras Portuarias MOP	Infraestructura costera	Obras de protección costera	Entregado	P		Punto
Dirección de Vialidad MOP	Infraestructura costera	Astilleros	Entregado	P		Punto
		Club de Yates	Entregado	P		Punto
		Obras de borde costero	Entregado	P		Punto
		Puertos	Entregado	P		Punto
		Muelles	Entregado	P		Punto
	Varaderos	Entregado	P		Punto	
	Caletas Artesanales	Caletas Artesanales	Entregado	P		Punto
Puentes	Puentes	Entregado	6588	438	Punto	
Ministerio de Bienes Nacionales	Rutas patrimoniales de Chile	Rutas Patrimoniales de Chile	Entregado	58		Línea
MINVU	Área urbanas	Área urbanas actualizadas	Entregado	63		Polígono

Institución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
	actualizadas	Límites Urbanos PRC	Entregado	676		Polígono
Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (Ministerio de Defensa)	Concesiones marítimas		No Entregado	41000		Punto
SUBPESCA SERNAPESCA	Número de pescadores artesanales inscritos por caleta, desagregado por sexo y actividad		Entregado			Exel
	Número de embarcaciones inscritas por caletas		Entregado			Exel
	Localización de la operación mensual flotas sardina, anchoveta, jurel y demersal entre 2009 y 2017		Entregado			Punto
	Listado de varamientos mensuales(especie, latitud y longitud) entre 2014 y 2017		Entregado			Exel
	Series de tiempos mensuales de desembarque por caletas últimos 30 años		No Entregado			
	Series de tiempos mensuales de desembarque por puertos últimos 30 años		No Entregado			
	Localización de áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura(AAA) vigentes a lo largo del litoral, incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua	Áreas Apropriadas para la Acuicultura	Entregado	1379		Línea
	Localización de las concesiones de	Concesiones de acuicultura	Entregado	5342	5342	Polígono

Institución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
	acuicultura vigentes a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua					
	Localización de áreas para acuicultura de pequeña escala (APE) a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua		No Entregado			
	Polígonos delimitación Áreas Marinas Protegidas vigentes	Áreas marinas protegidas	Entregado	26	22	Punto
	Polígono delimitación Área Marina Costera Protegida de Múltiple Uso (AMCP-UM) vigente		No Entregado			
	Localización de Áreas Marinas y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) más actualizada a lo largo del litoral incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua	AMERB	Entregado	1363	1363	Punto
	Pueblos Originarios ECMPO	ECMPO	Entregado	129	129	Polígono
ONEMI	Áreas de riesgo	Catastro de remociones en masa	Entregado	1088		Punto
		Áreas de evacuación por inundación de tsunami	Entregado	293		Polígono
		Áreas de inundación por tsunami CITSU	Entregado	3374		Polígono
		Densidad de incendios forestales	Entregado	8494		Polígono
		Peligros volcánicos	Entregado	136		Polígono
DIRECTEMAR	Localización de las plantas de tratamiento de agua potable		No Entregado			
	Localización de tratamiento de aguas		No Entregado			

Institución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
	servidas aprobadas para descargue					
	Localización de tomas de agua de mar localizadas en el borde costero incluyendo Juan Fernández e Isla de Pascua		No Entregado			
	Localización de cables submarinos		No Entregado			
	Localización Concesiones Marinas vigentes		No Entregado			
SHOA IGM	Cotas a escala 1:50.000 ó 1:25.000 a nivel nacional		No Entregado			
	Curvas de nivel a escala 1:50.000 ó 1:25.000 a nivel nacional		No Entregado			
	Fotografías aéreas de vuelos bajos (escala 1:60.000) de la costa de la V región en especial proyecto de Borde Costero en formato jpg con resolución sobre 1200 dpi		No Entregado			
	Datos Cierre de Puertos y marejadas (fecha, localización, condición de cierre o restricción, altura, dirección período oleaje, intensidad, dirección del viento y observaciones. Período: enero 2008 – diciembre 2017 para todo el país, incluyendo Isla de Pascua, Juan Fernández		Entregado			Documento
Servicio Sismológico de la Universidad de Chile	Cotas de elevación de los instrumentos de medición ubicados en la costa		Entregado	405		Punto
SISS	Infraestructura sanitaria	Puntos de captación	Entregado	1759		Punto

Institución	Requerimiento	Variable	Estado	Elementos totales	Elementos bajo 10 metros	Tipo
	nacional	Emisario submarino	Entregado	34		Punto
		Planta Elevadora AP	Entregado	2459		Punto
		Planta Elevadora AS	Entregado	1231		Punto
		Planta de tratamiento de AP	Entregado	257		Punto
		Planta de tratamiento de AS	Entregado	274		Punto
		Plantas Osmosis	Entregado	18		Punto
INE	Información CENSO 2017 desagregada por manzana censal		No Entregado			
SERNATUR	Micro-datos de encuesta nacional de viajes de los residentes en Chile		Entregado			
	Micro-dato de la Encuesta Mensual de alojamientos turísticos		Entregado			
	Estadísticas de Cruceros en Chile (posteriores al 2013)		Entregado			
	Registro de actividad de embarcaciones menores dedicada al transporte y turismo		Entregado			
Subsecretaría de Transporte (MTT)	Tarifa de uso de instalaciones portuarias		No Entregado			
	Cierre de puertos		Entregado			Documento
	Capacidad portuaria Nacional		No Entregado			

5.2 CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA TALLERES

En este anexo se presentan los resultados de la cartografía participativa de los talleres efectuados en Valparaíso, Concepción y Antofagasta.

5.2.1 Taller en Valparaíso

Ilustración 1: Resultados cartografía participativa grupo 1 Valparaíso.



Ilustración 2: Resultados cartografía participativa grupo 2 Valparaíso.



Ilustración 3: Resultados cartografía participativa grupo 3 Valparaíso

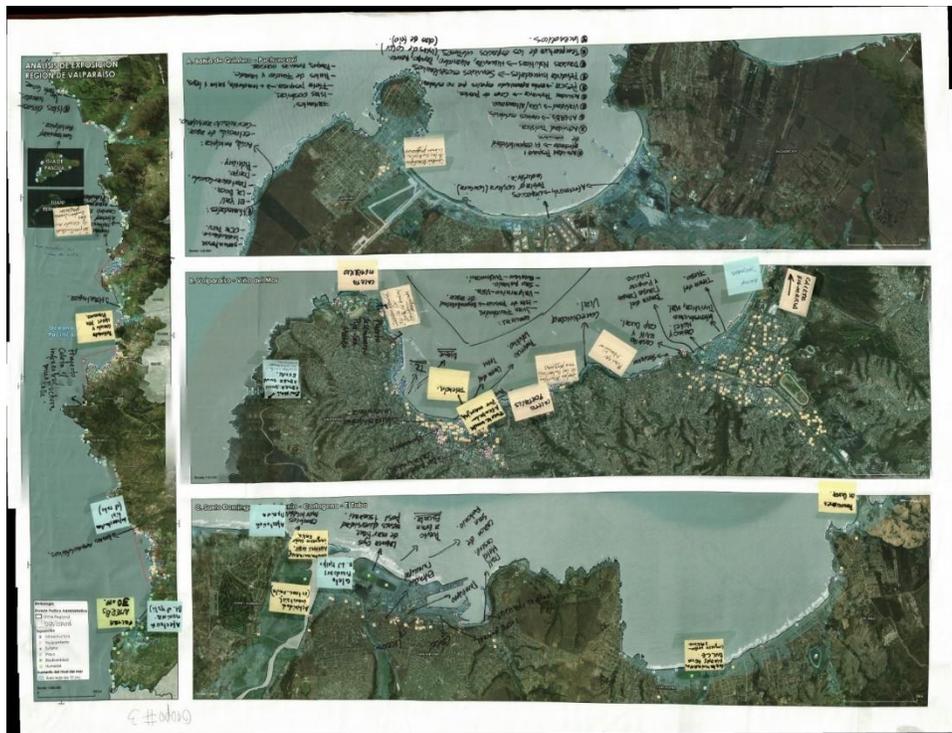


Ilustración 4: Resultados cartografía participativa grupo 4 Valparaíso



Ilustración 5: Resultados cartografía participativa grupo 5 Valparaíso.

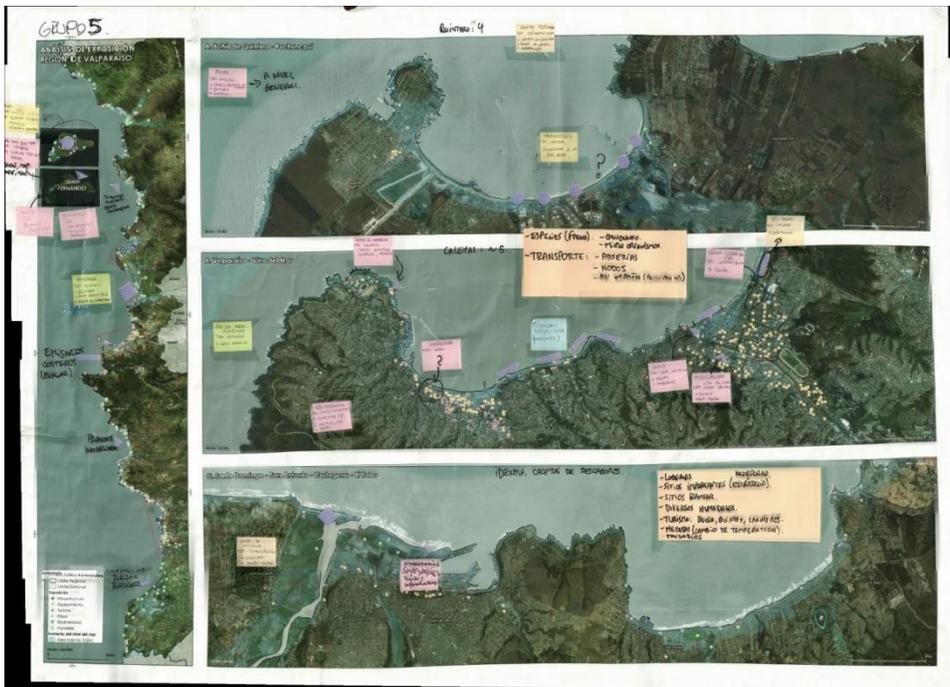


Tabla 33: Observaciones de los grupos que asistieron al taller efectuado en Valparaíso. La transcripción se efectuó solo corrigiendo errores de ortografía de modo de mantener fielmente las observaciones.

Grupo	Observaciones
1	<ul style="list-style-type: none"> • Se destaca la disposición de asentamientos informales • Temas que se deben considerar son los sitios arqueológicos y la ausencia de servicios a medida que nos alejamos de centros urbanos
2	<ul style="list-style-type: none"> • Falta considerar aspectos más biológicos, pesquerías, mínima de oxígeno, etc. • Aspectos de arqueología • Los planes de mitigación de las localidades costeras • El cambio climático afecta actividades económicas reguladas • Hay actividades no reguladas • Existen miradas actuales a corto plazo • Impactos sobre la biodiversidad • Efectos antrópicos (minería, económicos) ¿hay relaves mineros en las zonas potencialmente afectadas? • Actividades productivas cruzadas • Considerar dinámicas de crecimiento urbano
3	<ul style="list-style-type: none"> • La costa de Valparaíso – Viña del Mar, San Antonio – Santo Domingo y la Reserva Nacional El Yali serán los lugares más afectados por el aumento en la ocurrencia de marejadas. • El cañón submarino de San Antonio podría cambiar su dinámica actual, aumentando la erosión y depositación de sedimentos, lo que podría afectar a la actividad portuaria. • Las dunas se encuentran altamente vulnerables por el crecimiento antrópico de la región. Además, si el nivel del mar sube, las dunas podrían generar deslizamientos que afectarían a la población que se encuentra a su alrededor. • En la actualidad, el borde costero de Maitencillo y Horcón se ve altamente afectado por la ocurrencia de marejadas, por lo que es vulnerable frente a este fenómeno. • El cierre de puertos producto de fenómenos meteorológicos tiene una repercusión directa en la pesca artesanal, puesto que a pesar de haber recursos no es posible que las embarcaciones puedan trabajar. • Infraestructura afectada por el aumento en el nivel del mar: Intendencia, Centro de Investigación Montemar de la Universidad de Valparaíso, Escuela de Oceanografía PUCV, Casino de Viña del Mar y San Antonio, Castillo Wulf, Restaurant Cap Ducal, Restaurant Tierra del Fuego, Caleta Portales, Línea Merval, Sheraton Miramar Viña del Mar, Caleta Abarca. • La actividad turística, portuaria, pesca artesanal y educación serán las actividades que presentarán un mayor impacto frente al alza del nivel del mar, marejadas y cambio climático. • Se reconoce una vulnerabilidad constante de la infraestructura vial en la región frente

	<p>a marejadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se reconoce una pérdida constante de humedales y servicios ecosistémicos asociados, por lo que corresponderán a los ecosistemas más afectados por el cambio climático puesto que no tendrían la posibilidad de adaptarse al cambio. Destacan los siguientes humedales: Desembocadura del Maipo, Concón-Mantagua, Pichicuy, El Yali. Además, se reconoce la sobreexplotación de los humedales debido al crecimiento urbano, por lo que aunque el humedal tenga la capacidad de adaptarse al cambio, la presión antrópica intensificará el efecto del cambio climático. • Se reconoce la ausencia del sistema insular de la región. • Se debe considerar el avance tecnológico al momento de proyectar los efectos del cambio climático. Los puntos de fondeo y varado junto con la tecnología portuaria está en un avance constante, no es tecnología que se mantenga estática. • Se debe considerar las Áreas Marinas Protegidas, puesto que se ha documentado la aparición de especies que habían desaparecido y que potencian la pesca artesanal. • Considerar a futuro: Proyecto TCVAl, Puerto San Antonio, desarrollo portuario en Los Molles, proyecto de desarrollo de infraestructura portuaria en Laguna Verde y/o El Membrillo para acoger una flota mayor, proyección terminal portuario n°3 entre Caleta Portales y calle Yolanda, nuevo Dique. • Se identifican, en orden de prioridad, las siguientes comunas como las más afectadas por el cambio climático en la región: Juan Fernández, Isla de Pascua, Valparaíso, San Antonio, Viña del Mar, Quintero – Puchuncaví. • La Avenida Argentina se encuentra en un grado de vulnerabilidad mayor que el resto de la red vial de Valparaíso debido a que corresponde a un estero principal. • Se reconocen como efectos del cambio climático general que deben ser considerados en el análisis: islas de calor y frío, incendios forestales, pérdida de vegetación, aumento de procesos de remoción en masa
4	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación de agua dulce que se ve afectada por ingreso del mar – acuíferos • Recreación: paseos recreativos que conectan lugares y que se ven afectados • Considerar elementos como: infraestructura asociada al turismo recreacional • Afectación vía ferroviaria (MERVAL); que afecta indirectamente a las actividades productivas • Ocupación de la zona costera por viviendas irregulares • Centro de investigación UNAB • Actividades de recolección de algas: tema cultural asociado al cultivo de abalón • Actividades turísticas como zonas de buceo • Biodiversidad: loberías no consideradas, dunas de Concón y Ritoque • Indicador de evolución en el tiempo
5	<ul style="list-style-type: none"> • Para los efectos que puede estar produciendo el cambio climático en la zona costera de la región, se mencionan con relevancia las islas de Juan Fernández (incluyendo Alejandro Selkirk) y Rapa Nui, las cuales se podrían ver directamente afectadas en cuanto a infraestructuras y equipamiento situado en el borde costero, se mencionan las construcciones del poblado San Juan Bautista, los estanques de combustible del aeropuerto Mataverí (amenaza) y los Ahu (plataformas ceremoniales donde hay moais) que podrían aumentar su erosión y conllevar a una importante pérdida de

	<p>patrimonio cultural.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el continente sobresalen los cada vez más frecuentes “eventos extremos” (marejadas), los cuales se asocian a condiciones atmosféricas determinadas. Ejemplo que todos mencionaron fue el “meteotsunami” de agosto de 2015, el cual afectó no solo playas e infraestructura/equipamiento del borde costero de la zona, sino que también fragmentó la conexión del servicio Merval entre Valparaíso, Viña del Mar y el interior, dejando en evidencia lo frágil que resulta ser la comunicación entre estas ciudades. • Las marejadas también afectan la producción y turismo de las diversas caletas, playas y comercio de la zona, causando estragos diversos sectores. • Las falencias o deficiencias que están presentando los instrumentos normativos y de planificación territorial de las diversas comunas en cuestión, ya que muchos no han sido actualizados y es importante incorporar una serie de variables a estos, para poder proteger y lograr generar un cambio en la forma de construir y presentar proyectos. • Otro aspecto o inquietudes que quedan dentro del grupo se relacionan con las especies que habitan en el borde costero: Fauna (loberías, pingüinera, medusas y su relación con la temperatura del mar, algas y microorganismos como disponibilidad alimenticia para una serie de especies). • Con relación a los elementos que parecen ser los más afectados, se menciona lo siguiente: • Dentro de lo que es el borde costero de las principales comunas, cobran relevancia los emisarios de aguas de uso domiciliario y los efectos que puedan tener los eventos extremos sobre estos. • Los proyectos inmobiliarios que se han desarrollado y están proyectados en la zona costera, así como también las playas y sitios de conservación e importancia (en cuanto a biodiversidad). Lo cual se asocia al desarrollo turístico de cada comuna, ya que al desaparecer o verse afectados estos ambientes, disminuyen considerablemente. • Otro punto mencionado son los puertos y su almacenamiento (carga peligrosa en San Antonio y Quintero). • También se habla del cambio de la calidad del suelo, al haber un cambio en el patrón de precipitaciones, se genera aumento de la salinidad de algunos suelos, como es el caso de la desembocadura del río Maipo. • A su vez se mencionan las quebradas de Valparaíso como sitios que responden de diferente manera a los eventos extremos, en este caso se asocia con las precipitaciones. El aumento de intensidad y disminución de tiempo en el cual precipita. Lo cual desencadena una serie de eventos donde podemos incluir patrones biológicos, sanitarios, riesgos asociados a remociones y pérdida de suelo o sustento de este. • Un tema no menor, fueron las diversas construcciones cuyo uso y ubicación dan una alerta al momento de ocurrir un evento determinado, se ejemplifica con la intendencia y servicios que están en el plan de Valparaíso, jardines infantiles cercanos a la línea de costa, mall de San Antonio y Viña el Mar, hoteles presentes en el borde costero, casino y municipalidad de Viña del Mar, Capitanías de Puerto, entre otras estructuras que el grupo considera en riesgo latente. • Dentro de las comunas que podrían ser las más afectadas, se concluye lo siguiente: Viña del Mar, Rapa Nui, Quintero, Valparaíso, Juan Fernández, San Antonio, Santo Domingo, Concón, entre otras.
--	---

Ilustración 8: Resultados cartografía participativa grupo 3 Concepción.



Ilustración 9: Resultados cartografía participativa grupo 4 Concepción.



Tabla 34: Observaciones de los grupos que asistieron al taller efectuado en Concepción. La transcripción se efectuó solo corrigiendo errores de ortografía de modo de mantener fielmente las observaciones.

Grupo	Observaciones
1	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos del cambio climático en la zona costera: cambios de temperatura atmosférica, cambio en los vientos, temperatura del mar, cambios en la matriz productiva pesquera artesanal (las áreas más expuestas son las caletas pesqueras artesanales que representan una actividad económica importante en la región), saturación del suelo, problemas de infiltración, cambios en el caudal de los ríos. Menos precipitaciones, pero más intensas. • Se han observado cambios en los fenómenos meteorológicos: ha aumentado la intensidad de las lluvias, pero el agua caída es cada vez menor, generando marcados cambios en la estacionalidad (verano e invierno bien marcados, otoño y primavera cada vez se notan menos). Actualmente se registran alertas meteorológicas en noviembre y los incendios forestales son cada vez de mayor magnitud. • La realidad histórica de la región ya no se ve representada en la realidad: han cambiado los parámetros hidrometeorológicos que definen el clima de la región. • Se distinguen los siguientes lugares como las más afectadas por marejadas: Lo Rojas, Maule, Tomé, Lota, Llico, Tubul, Lebu, Punta Lavapié, Coronel. Las marejadas de esta región son diferentes a las que afectan a la zona central. Hay sectores específicos que constantemente son afectados por las marejadas: Isla Santa María, Cobquecura, Tomé, Dichato. • Las actividades económicas más afectadas directa o indirectamente son: pesca artesanal, turismo (incendios forestales, fragata portuguesa, cierre de playas), actividad portuaria (puertos de Coronel están siendo proyectados para desembarcar el triple de la actividad portuaria actual, lo que significa reprogramar la logística de embarque por lo que aumenta el costo, aumentando las horas de cierre de puertos. El terminal San Vicente y Talcahuano también se verán afectados). Se reconocen las caletas artesanales como las más afectadas puesto que los cierres mayoritariamente son para embarcaciones menores, a diferencia de lo que ocurre en grandes puertos. • Efectos positivos del cambio climático: nuevas oportunidades de cultivo, diversificación de cultivos y actividades (cambio de industria forestal a agricultura), cambio cultural respecto a la importancia de barreras naturales como dunas y humedales (esto también se reconoce como un proceso que se manifiesta en la actualidad), diversificación de las empresas marinas producto del cambio en temperatura y otros parámetros del agua de mar. Estos efectos positivos se producen mediante un proceso de adaptación, lo que en el caso portuario se asocia a cambios o avances tecnológicos. En términos normativos, se reconoce la urgencia de planes de recuperación, adaptación y descontaminación ambiental; también se reconoce una mayor rigurosidad en los instrumentos de regulación (evaluación de proyectos habitacionales, planes ambientales). • Planificación de la zona costera: la proyección de la planificación urbana actual (proyectos inmobiliarios) genera vulnerabilidad para la población producto de la cercanía con la zona costera en áreas bajas. • Se observan cambios en la barrera de arena del río Itata producto de las marejadas: se deposita más arena, la barra de arena es más extensa y se inundan familias de Coelemu y Treguaco. Luego de esto MOP debe intervenir para romper la barra de arena. • Equipamiento e infraestructura más afectado: infraestructura portuaria, ruta 160, polo industrial de Coronel, más de 300 establecimientos educacionales, polo industrial Hualpén-Talcahuano, ENAP, Siderúrgica, plantas eléctricas, emisarios,

	<p>planta Arauco-Horcones, empresas pesqueras de Coronel, el aeropuerto, centros comerciales de Concepción, "todos los servicios públicos de Concepción", hospitales, arsenales y puerto militar de Talcahuano, Isla Quiriquina, puerto Penco-Lirquén.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas naturales afectadas: humedal Rocuant-Andalién, humedal Boca Maule, humedal Los Batros, humedal Lengua, humedal Tubul-Raqui, Laraquete. Playa infiernillo, playa Rocuant y humedal Paicaví han desaparecido por efecto antrópico. • Se reconocen falencias en las normas urbanísticas respecto al resguardo de áreas naturales y conservación de la biodiversidad. Los planes reguladores – metropolitanos y comunales – no consideran áreas de protección natural y la proyección de las áreas urbanas sobre áreas naturales (como el humedal Rocuant-Andalién, por ejemplo), por lo que representan una amenaza constante. • Otros elementos a considerar: efecto invernadero producido por centrales termoeléctricas (en Coronel hay más de 50 calderas y no hay control sobre ellas) y calefacción domiciliaria, cambios sedimentológicos producto de la construcción de grandes embalses hidroeléctricos.
2	<ul style="list-style-type: none"> • En general, la conectividad vial en zonas bajas está expuesta a inundaciones. • Se debe considerar la erosión costera • Afectación de zonas industriales/población por inundaciones costeras • Falta una mayor planificación territorial que contemple la recolonización de las zonas afectadas por el tsunami del año 2010. • Falta mayor protección a los Humedales costeros de la región, que están siendo afectados por el desarrollo inmobiliario • La contaminación urbana no es tan relevante frente a la contaminación industrial, destacando la industria de la Celulosa • Un sector vulnerable lo constituyen las comunidades Mapuches del sur de la región.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Área más vulnerable: Área Industrial (Talcahuano - Hualpén - San Pedro de la Paz - Concepción). • La población puede ser el elemento más afectado. • Se debe considerar también el almacenamiento de sustancias y residuos peligrosos en la zona industrial de Talcahuano y Coronel. • Sector portuario (flotas pesqueras). • No tenemos información de Arauco hacia el sur, ni de Chiguayante. • Falta un catastro de residuos y sustancias peligrosas utilizados por la industria y una mayor comprensión de cómo funcionan los sistemas naturales de forma integrada
4	<ul style="list-style-type: none"> • La erosión costera es uno de los factores que se va a incrementar y a su vez se le relacionan una serie de consecuencias como el embancamiento de los puertos (lo que frena de cierto modo la actividad portuaria), la pérdida de sistemas dunarios, los cuales cumplen un rol fundamental para la protección de amenazas naturales como los tsunamis o marejadas asociadas a sistemas frontales. • Se menciona el cambio del paisaje y biodiversidad costera, ya que al alterarse los patrones de temperaturas (por muy menor que sea), comienzan a desaparecer o desplazarse ciertas especies y aparecer o bien llegar otras, cambiando los patrones existentes. • La gran cantidad de divisiones comunales hace difícil poder abordar toda el área que involucran los municipios costeros, más aun cuando no existen Planes Reguladores actualizados y los que hay, solo sirven para un territorio que tiene límites, considerando que el espacio físico no se limita por divisiones políticas, en resumen, el Ordenamiento Territorial debe ser acorde a los cambios que vienen, donde palabras como adaptación o resiliencia deben estar incorporadas y en el

	<p>subconsciente colectivo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Sería bueno poder realizar la valorización del riesgo, demostrando estar conscientes de lo complejo que puede llegar a ser, ya que al agregar o asignar un valor a cada variable, la ecuación sería bastante grande.• Por otro lado, todos están de acuerdo en que el cambio climático es solo una parte de un Cambio Global que se está evidenciando. Lo que se relaciona directamente a las actividades antrópicas, las que están acelerando los procesos de cambio.
--	---

Tabla 35: Observaciones de los grupos que asistieron al taller efectuado en Antofagasta. La transcripción se efectuó solo corrigiendo errores de ortografía de modo de mantener fielmente las observaciones.

Grupo	Observaciones
1	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos del cambio climático: aparición de la fragata portuguesa y otras especies como pez luna u otras de carácter tropical. Además, se han detectado temperaturas sobre lo normal en verano, cambio en el patrón de vientos (el anticiclón del pacífico se mueve de forma latitudinal y se genera viento norte con mayor frecuencia) y aumento de la intensidad de las precipitaciones en cortos períodos de tiempo. • Actividades económicas afectadas por el cambio climático: actividad portuaria, pesca artesanal, matriz energética (mayoritariamente Mejillones) y actividad turística. Especial atención en el terminal de Enx que distribuye gasolina y diesel a la zona norte. • Toda la infraestructura se encuentra afectada por el cambio climático (servicios públicos, escuelas, infraestructura portuaria y energética) dado que mayoritariamente se encuentran bajo los 10 metros. Por ejemplo, se tiene conocimiento de que el agua de mar ha llegado a la Plaza Colón, donde se encuentra la Intendencia. • La mayor amenaza por cambio climático corresponde a los aluviones, dado que por el cambio en el patrón de lluvias este fenómeno es cada vez mayor. • Se ha detectado un aumento en la duración de las floraciones de algas (por ejemplo, verano 2019 estuvo siempre con floración de algas frente a la costa), además de que han aparecido floraciones de algas nocivas, un problema que por lo general se manifiesta en la zona sur de Chile. • Taltal presenta el mayor índice de suelos contaminados. • Comunas más afectadas: Mejillones (por temas estratégicos), Antofagasta y Taltal (por afectación a la población).
2	<ul style="list-style-type: none"> • Con respecto a las comunas más afectadas de la zona costera de la región de Antofagasta podemos generar el siguiente ranking: <p>Tocopilla: Se menciona Tocopilla porque es la comuna más al norte y distante del centro regional, por lo tanto, todas las respuestas ante los eventos que afecten la costa son lentas y en caso de haber un evento extremo donde se requiera inmediatez, tarda por lo menos 3 horas en llegar. Además, es una zona sumamente accidentada con respecto a la geografía, viendo una erosión más alta.</p> <p>Taltal: Se menciona ya que es una comuna bastante pobre en general. Se comenta que es donde están las zonas de carga a granel más grandes, la que se encuentra en zona crítica</p> <p>Antofagasta: El grupo menciona que la respuesta ante efectos es bastante rápida y se mitigan con mayor facilidad.</p> <p>Mejillones: Al ser una bahía altamente protegida, los efectos críticos no se evidencian a grandes rasgos, lo que afectaría sería una alteración de la temperatura y nivel del mar, generando variaciones en las operaciones portuarias, las que son las principales de la zona norte.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En general, toda la costa está afecta a los cambios, la ciudad de Antofagasta, al tener una orientación y crecimiento de norte a sur (o viceversa), se enfrenta directamente a esto y encontraremos diversos tipos de establecimientos, lo que se enmarca en la tipología de infraestructura y equipamiento de toda índole que se desarrolle en el borde costero. Se mencionan establecimientos educacionales,

	<p>jardines infantiles (públicos y privados), carabineros, bomberos, organismos públicos e incluso reparticiones de la autoridad marítima.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se menciona el tema vinculado a tsunamis y las evacuaciones que tiene dispuesta la ciudad, pero que, al presentar una configuración norte-sur, se generan situaciones críticas de respuesta.• Un efecto directo que se le atribuye al Cambio Climático es el alza de las temperaturas ambientales, lo que se traduce en un aumento de avisos emitidos por la Dirección Meteorológica de Chile, lo que lleva a enfrentar de diversas formas el evento a nivel ciudad. También se menciona que Antofagasta ha presentado eventos en los que la temperatura máxima supera los 30°C.• Existen a lo largo de toda la costa de la región, diversos asentamientos precarios, los cuales se componen por personas que estuvieron vinculadas a la minería, entre otros. Los algaros de Santa María son un ejemplo nombrado recurrentemente. De esto se tiene información cuantitativa pero no manejan cifras con claridad. Se habla de un número superior a 30 en general.• Otro "problema" asociado al aumento o cambio en la temperatura del mar es la aparición de la Fragata Portuguesa (medusa) la que no solo se encuentra en el mar, sino que también podemos ver varazones a lo largo de la costa.• Afloramiento de algas nocivas, Bloom, eutroficación, variación en los procesos de surgencia litoral.• Un punto no menor mencionado fue la descarga de combustible (bencina) en pleno centro o borde costero de Antofagasta, perteneciente a la empresa ENEX. Esta planta que descarga y almacena se ve afectada por diversos eventos, siendo el cierre de puerto el principal efecto negativo, ya que es el ingreso del combustible vehicular para la zona norte del país.• También se menciona el aumento de la biodiversidad marina, ya que al cambiar la condición local, se puede evidenciar un aumento de las diferentes especies que antes no se avistaban con frecuencia, se da el caso de la bahía de Mejillones como el ejemplo clave.
--	---

5.3 CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EXPUESTA EN COMUNAS COSTERAS E INTERIORES

Nota: En la versión digital, este anexo se incluye en un documento aparte.

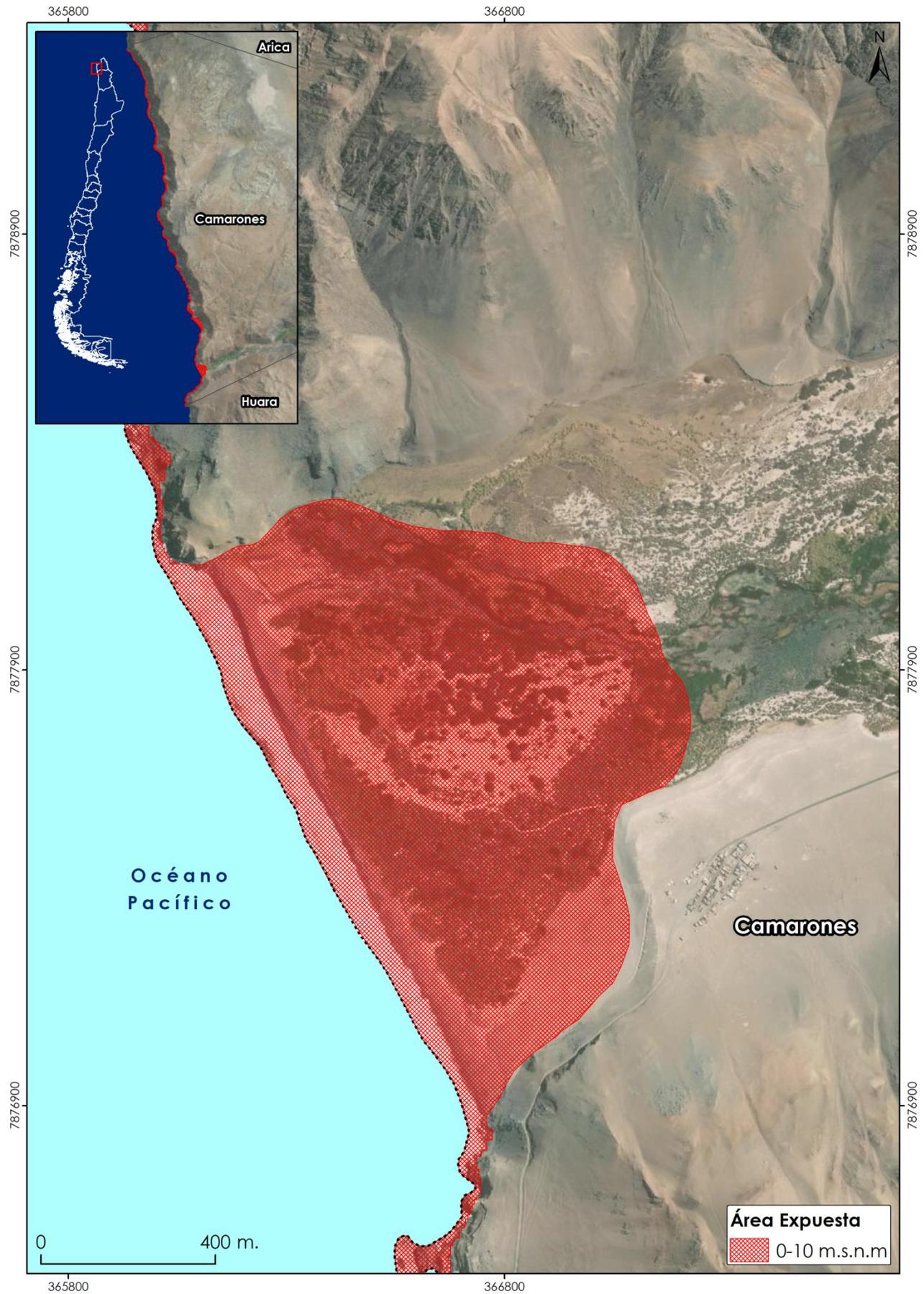
5.4 DIFERENCIAS ENTRE LA LÍNEA DE COSTA DEL INE Y SUBPESCA

Nota: En la versión digital, este anexo se incluye en un documento aparte.

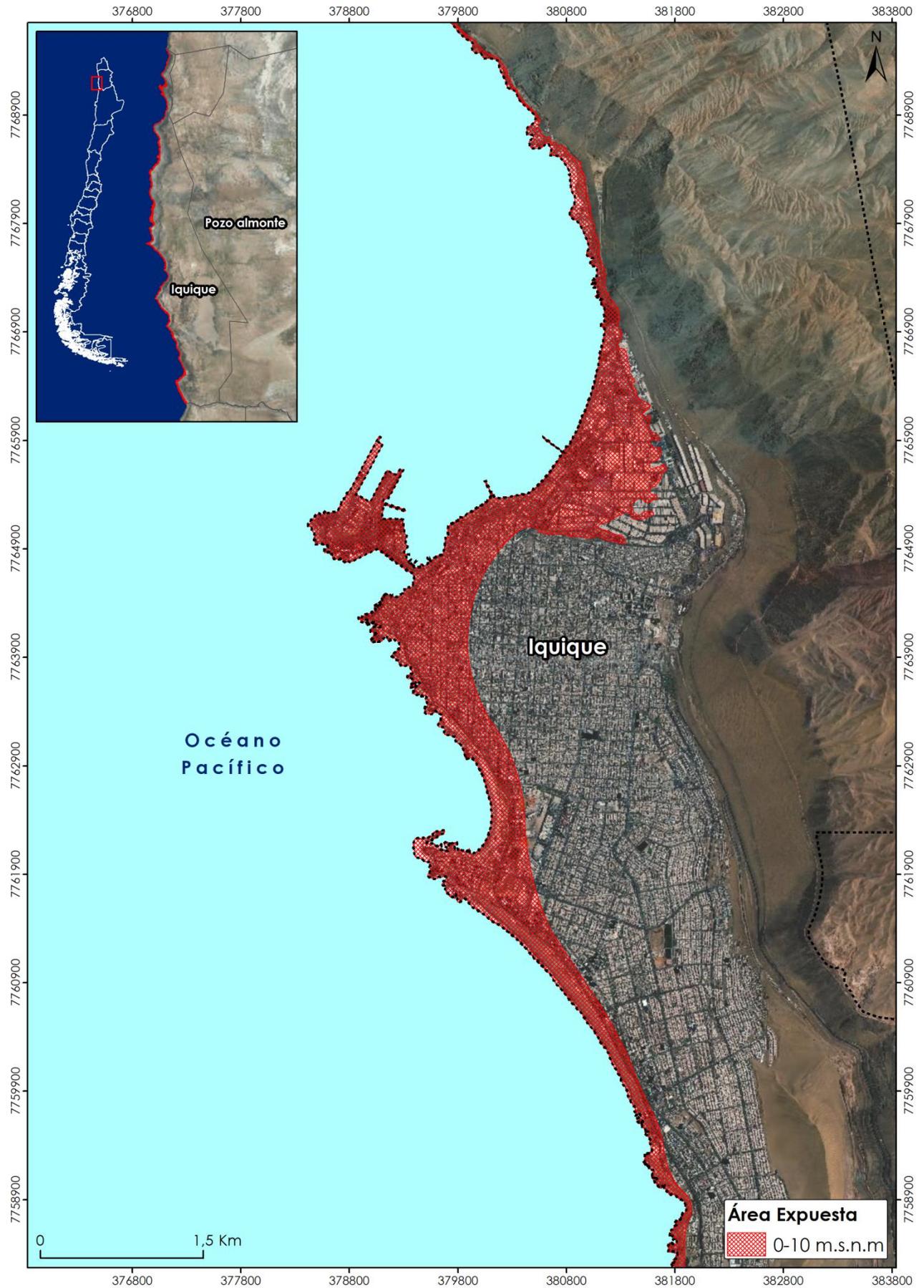
CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EXPUESTA EN COMUNAS COSTERAS E INTERIORES

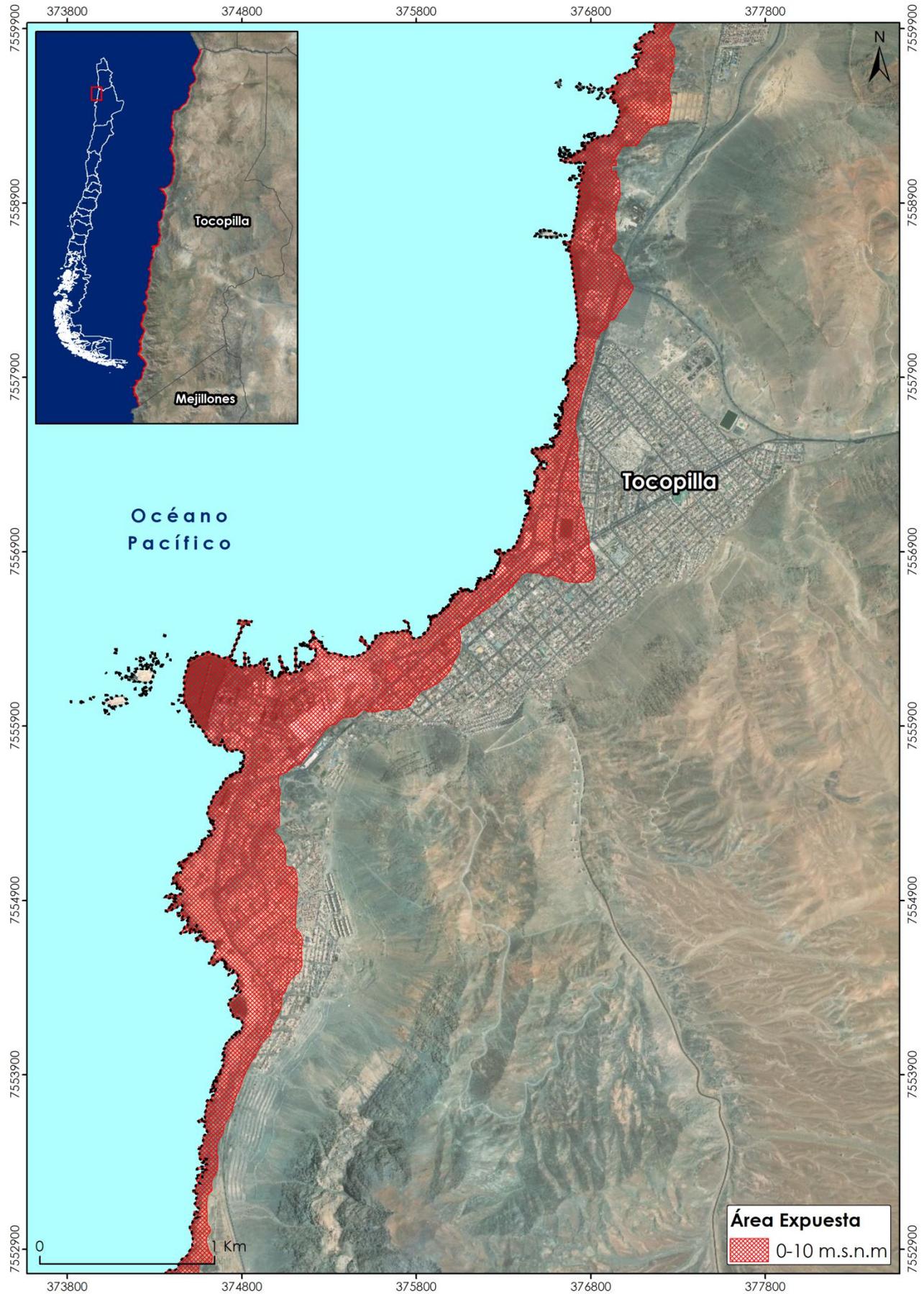
COMUNAS COSTERAS [100]

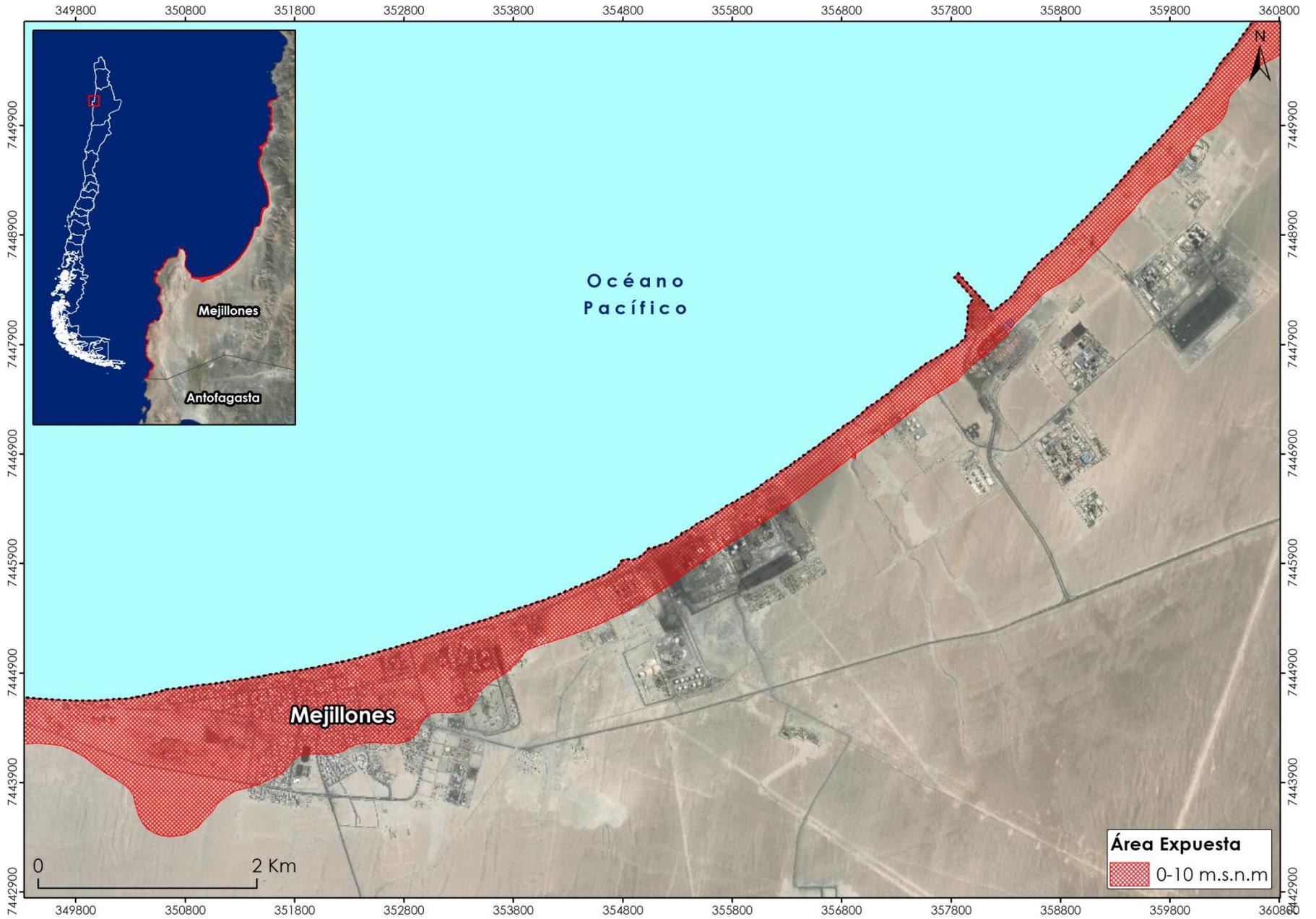


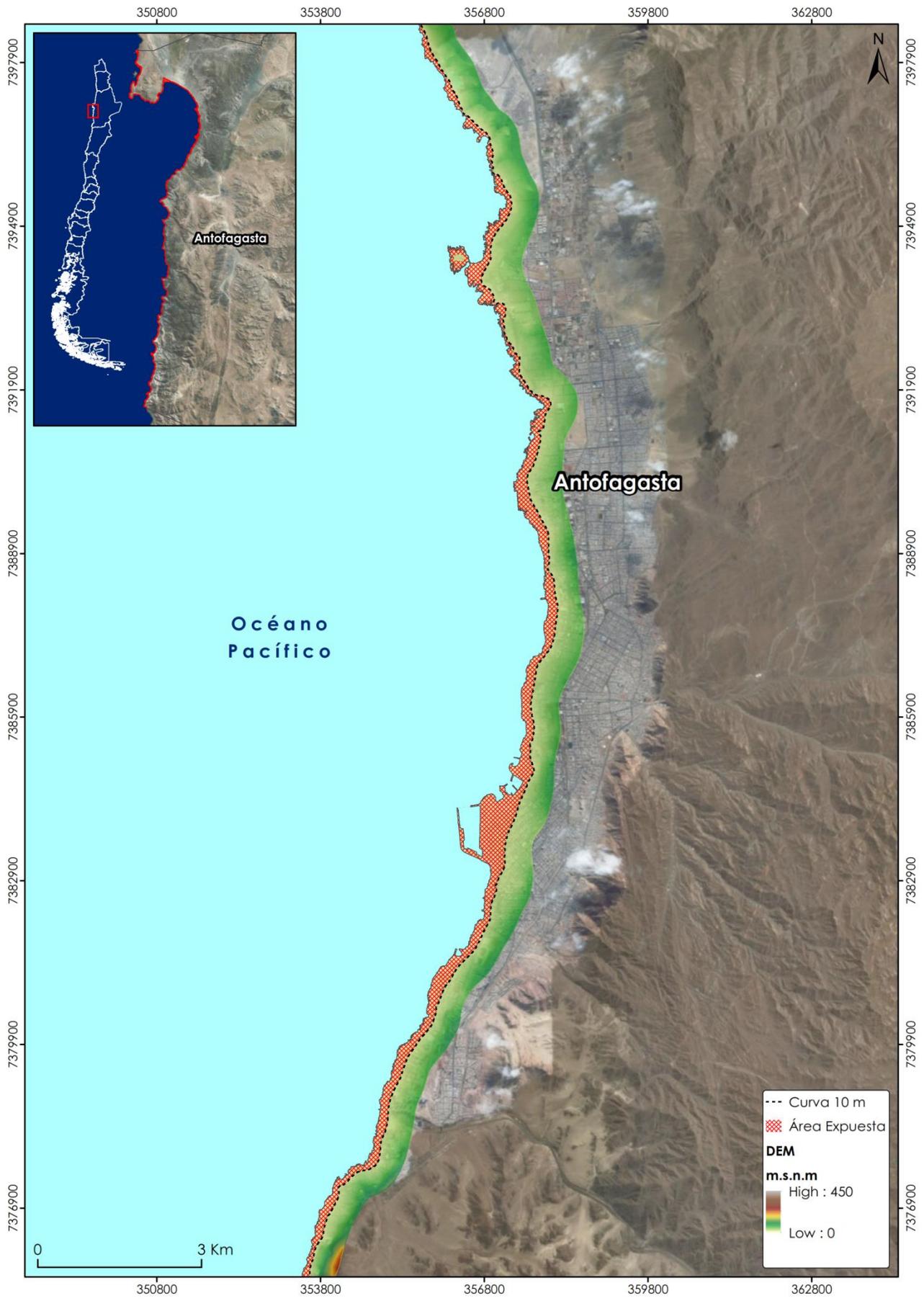


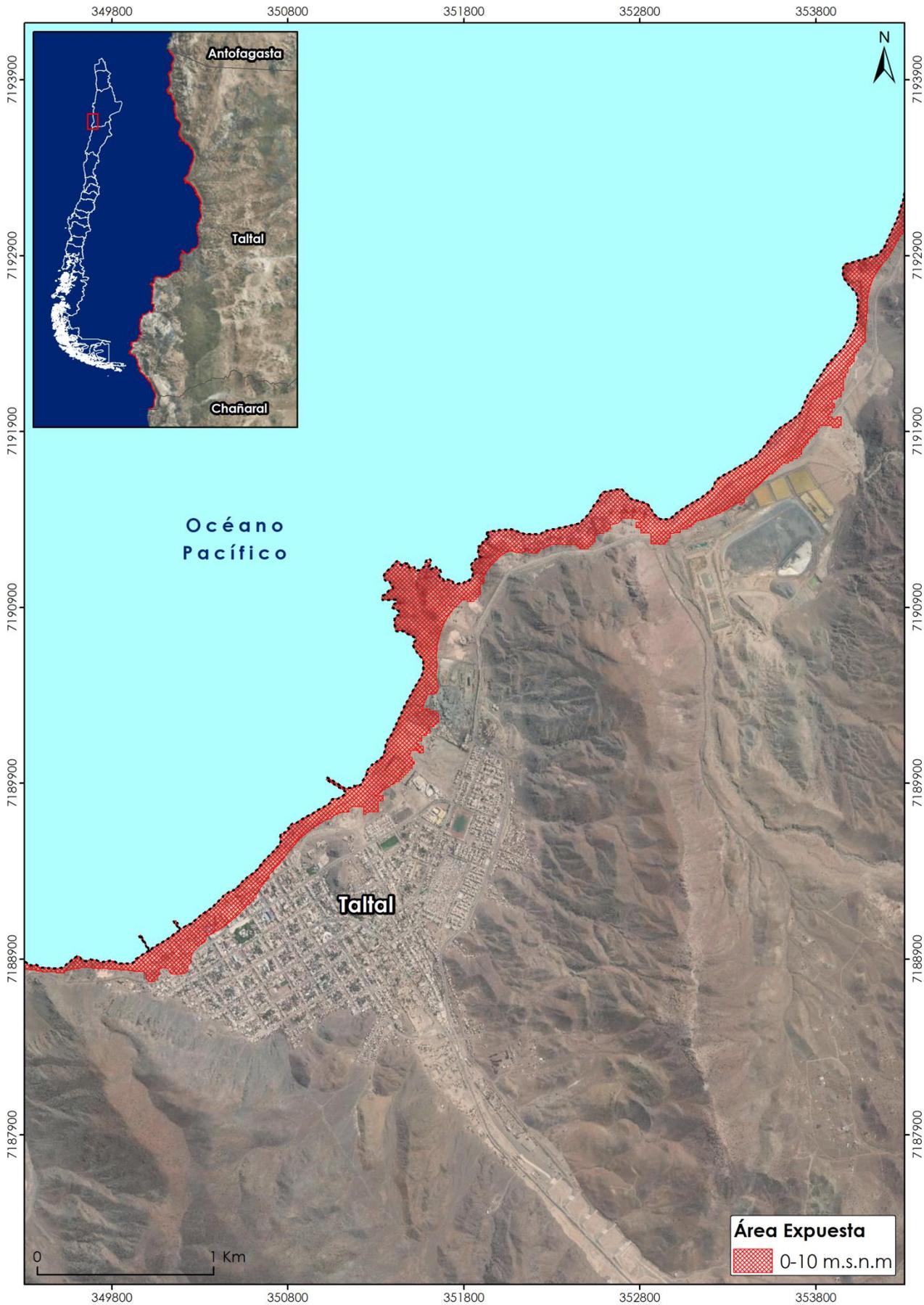


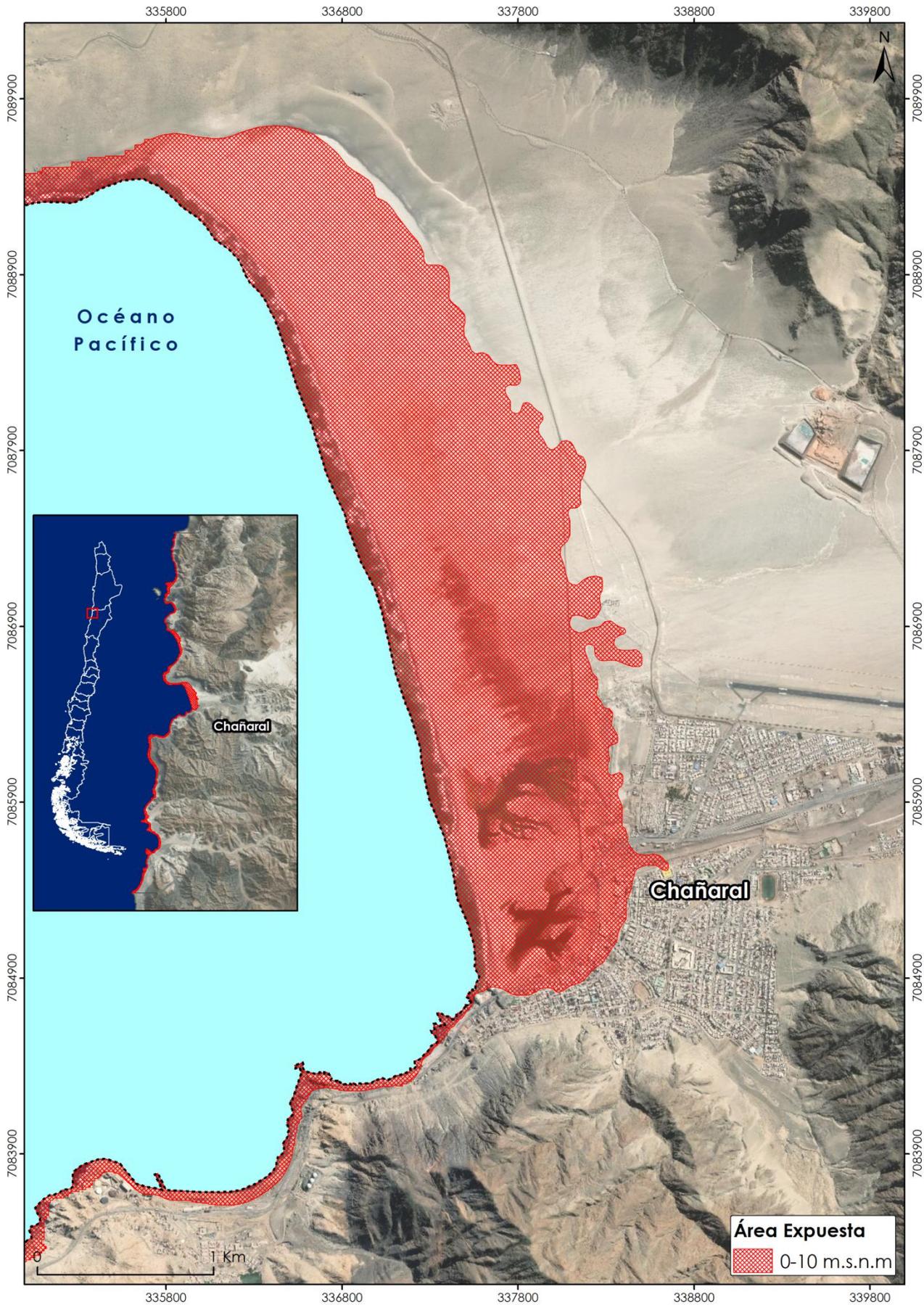


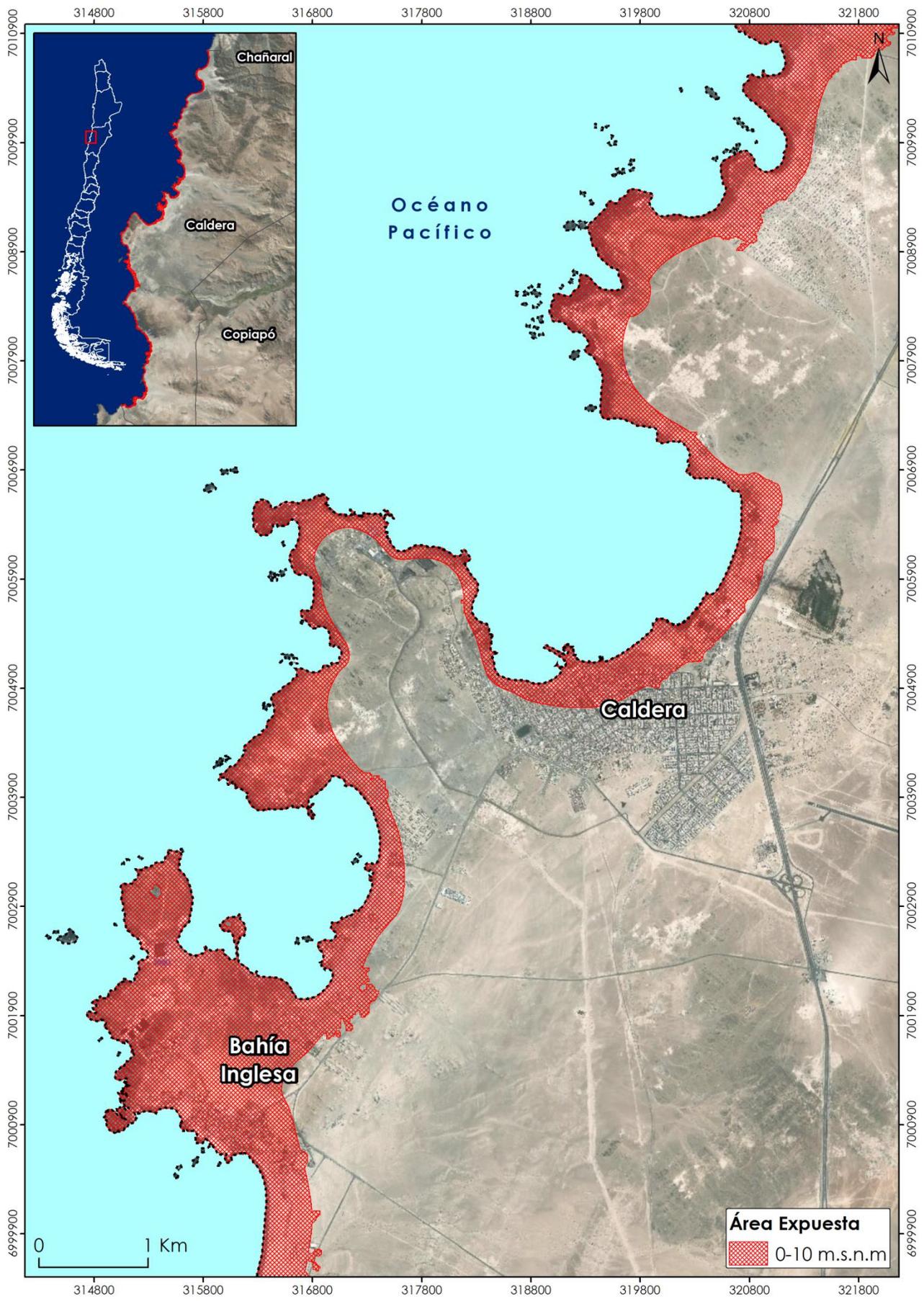




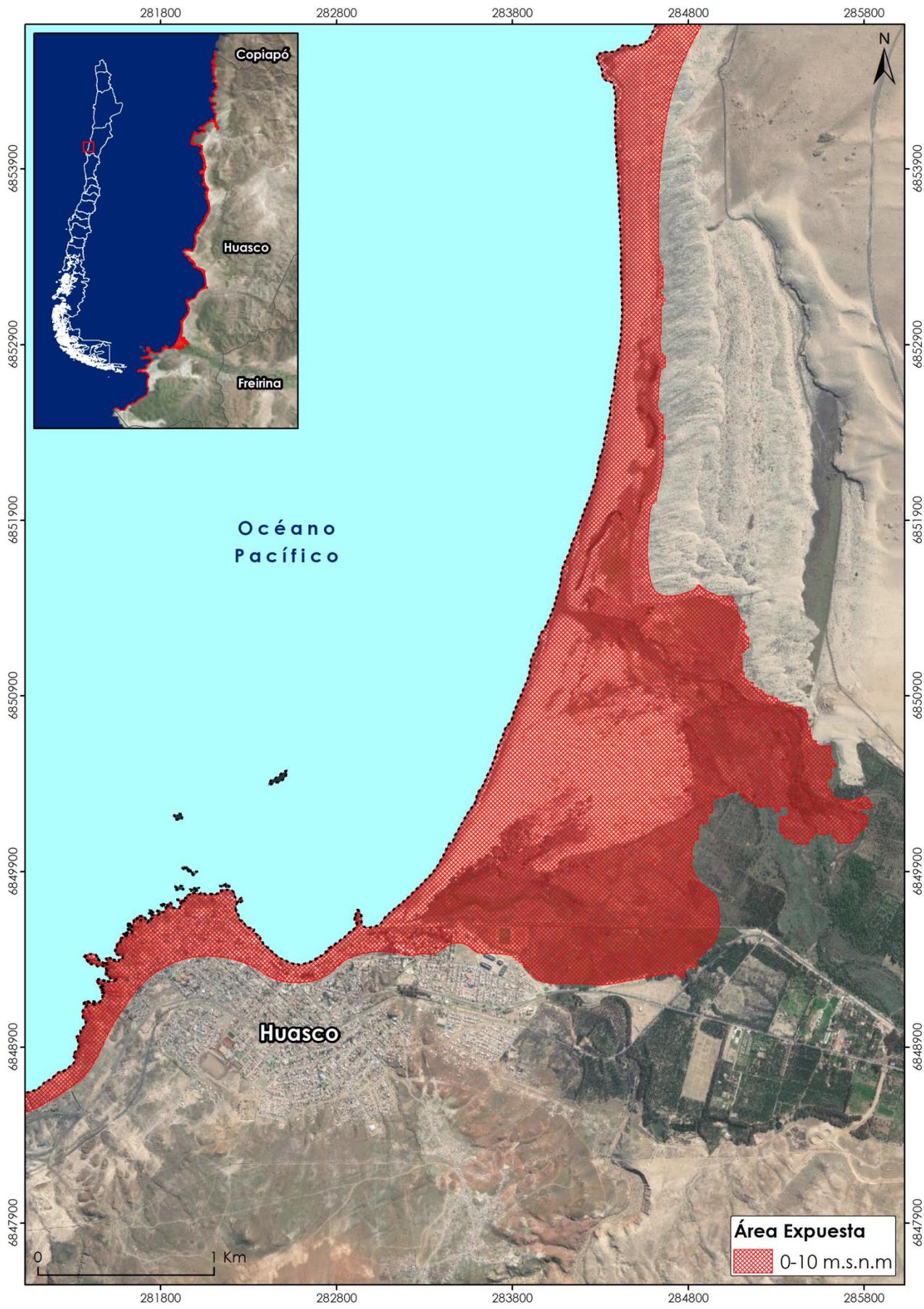




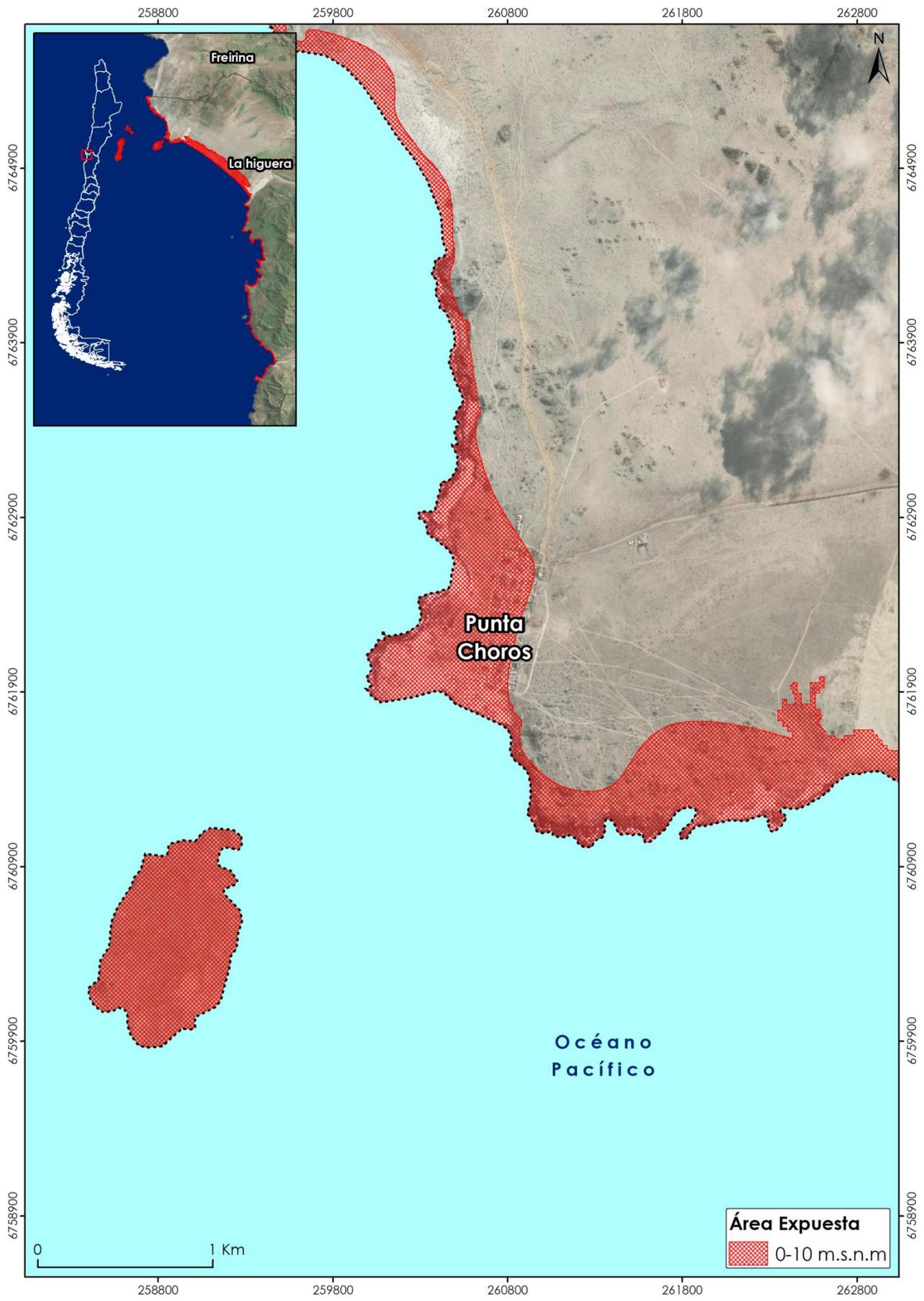


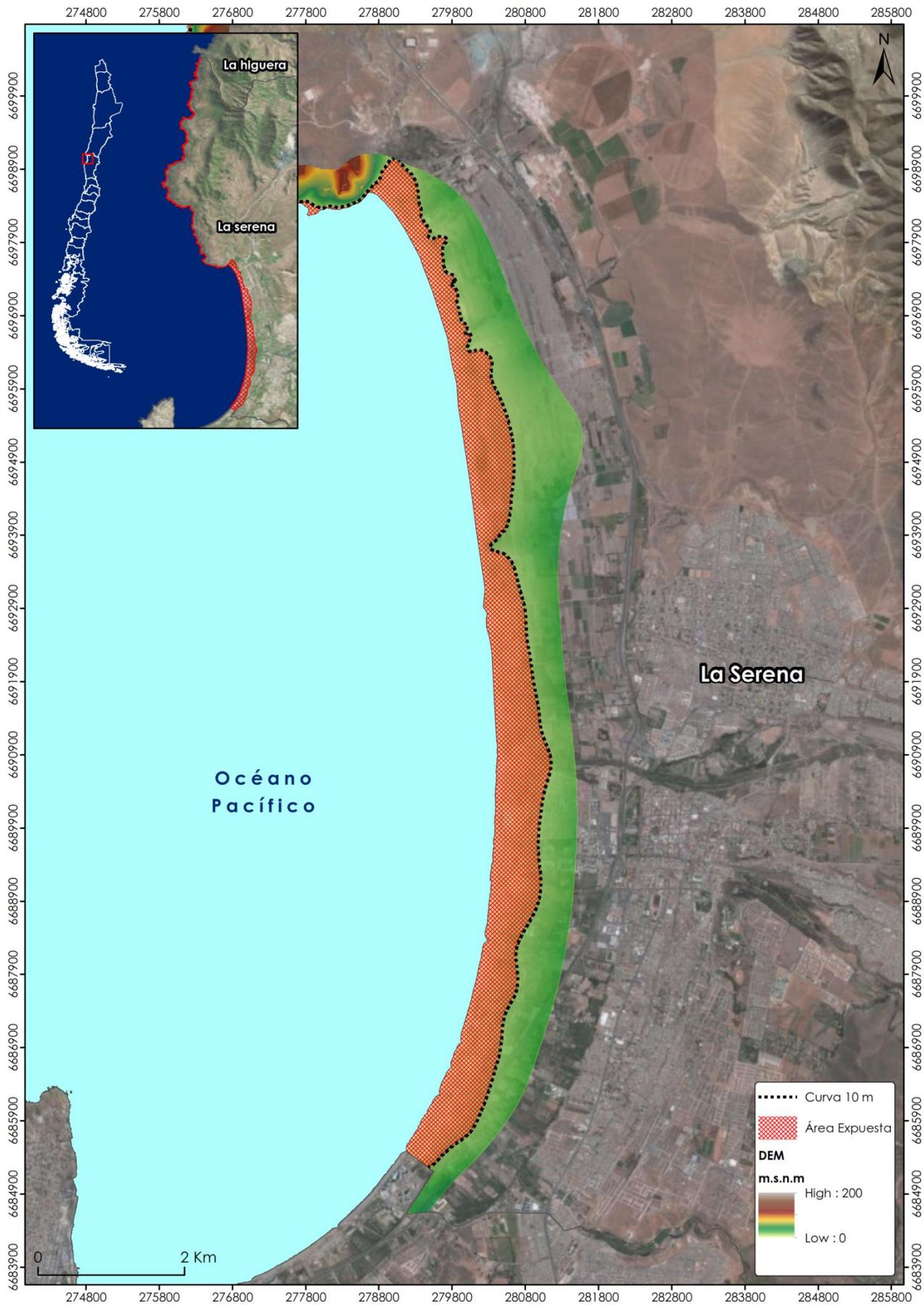


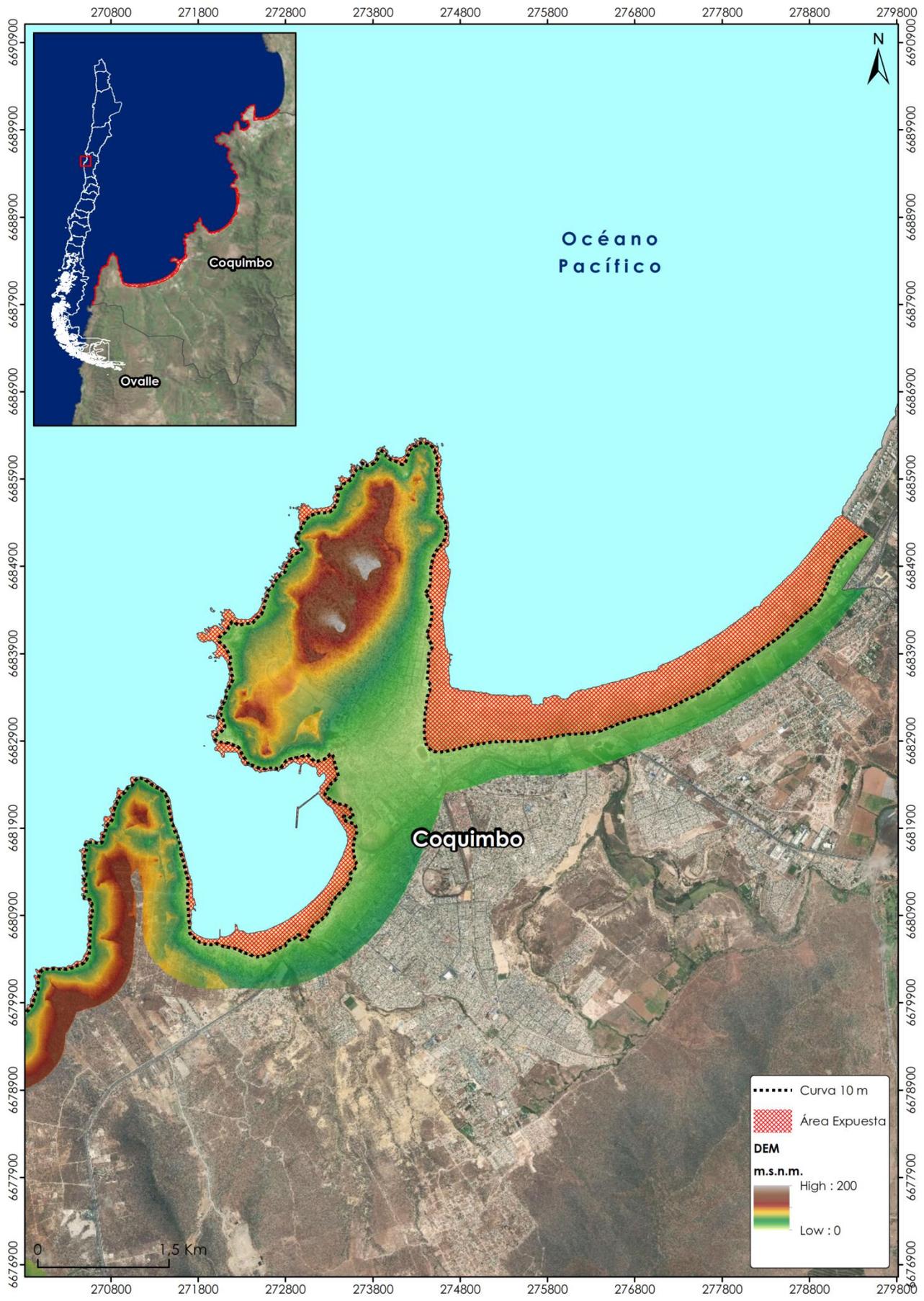




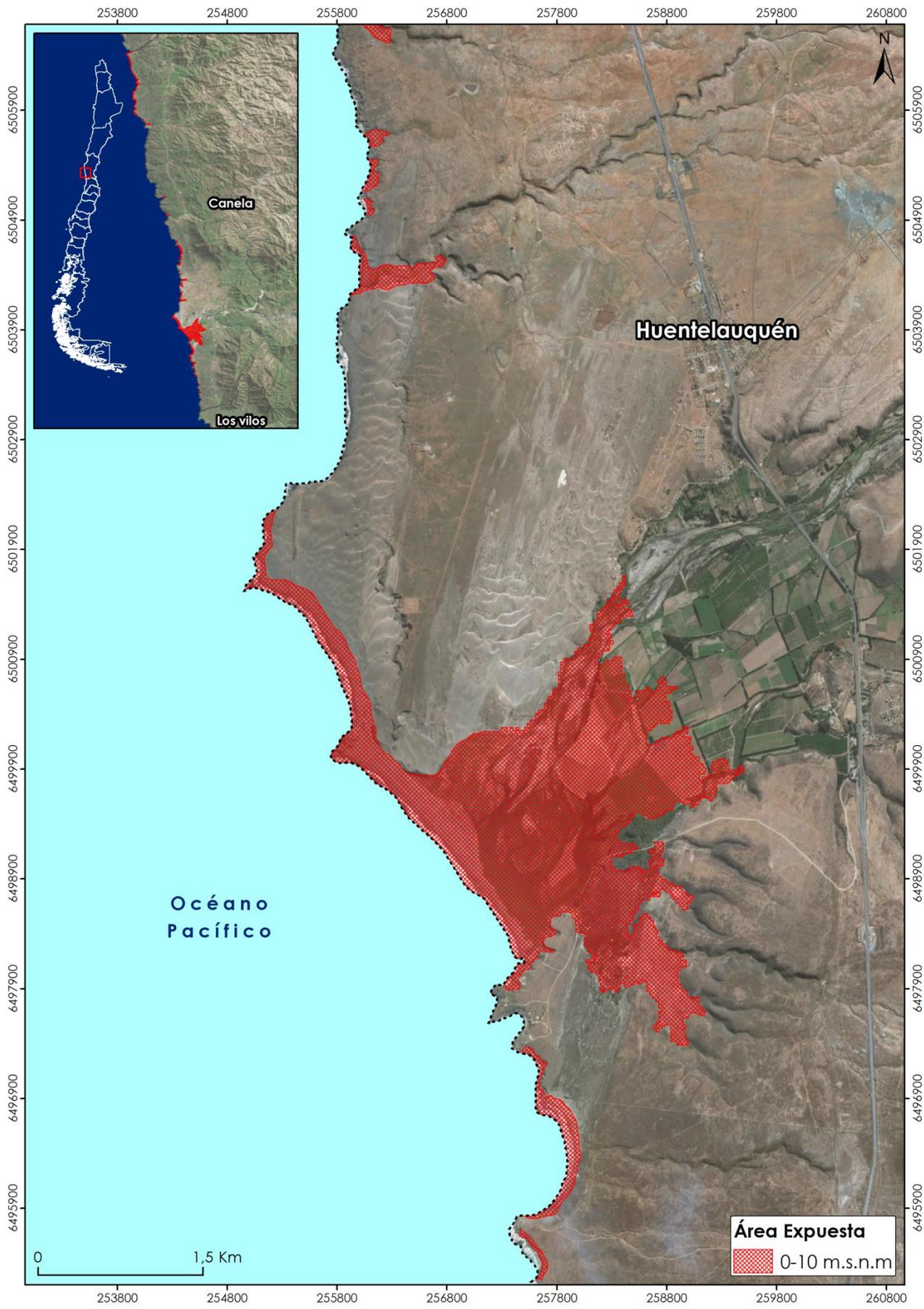


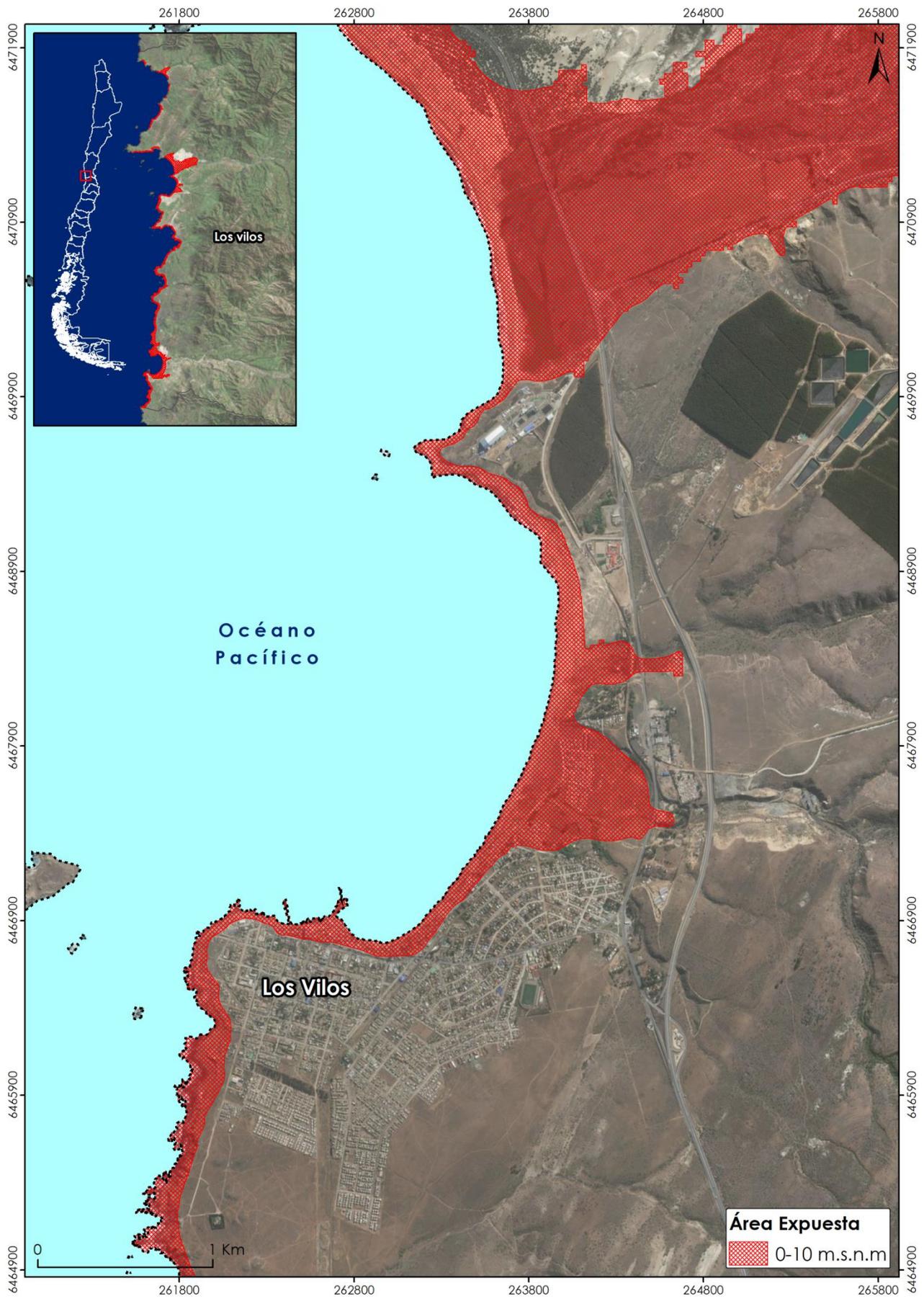


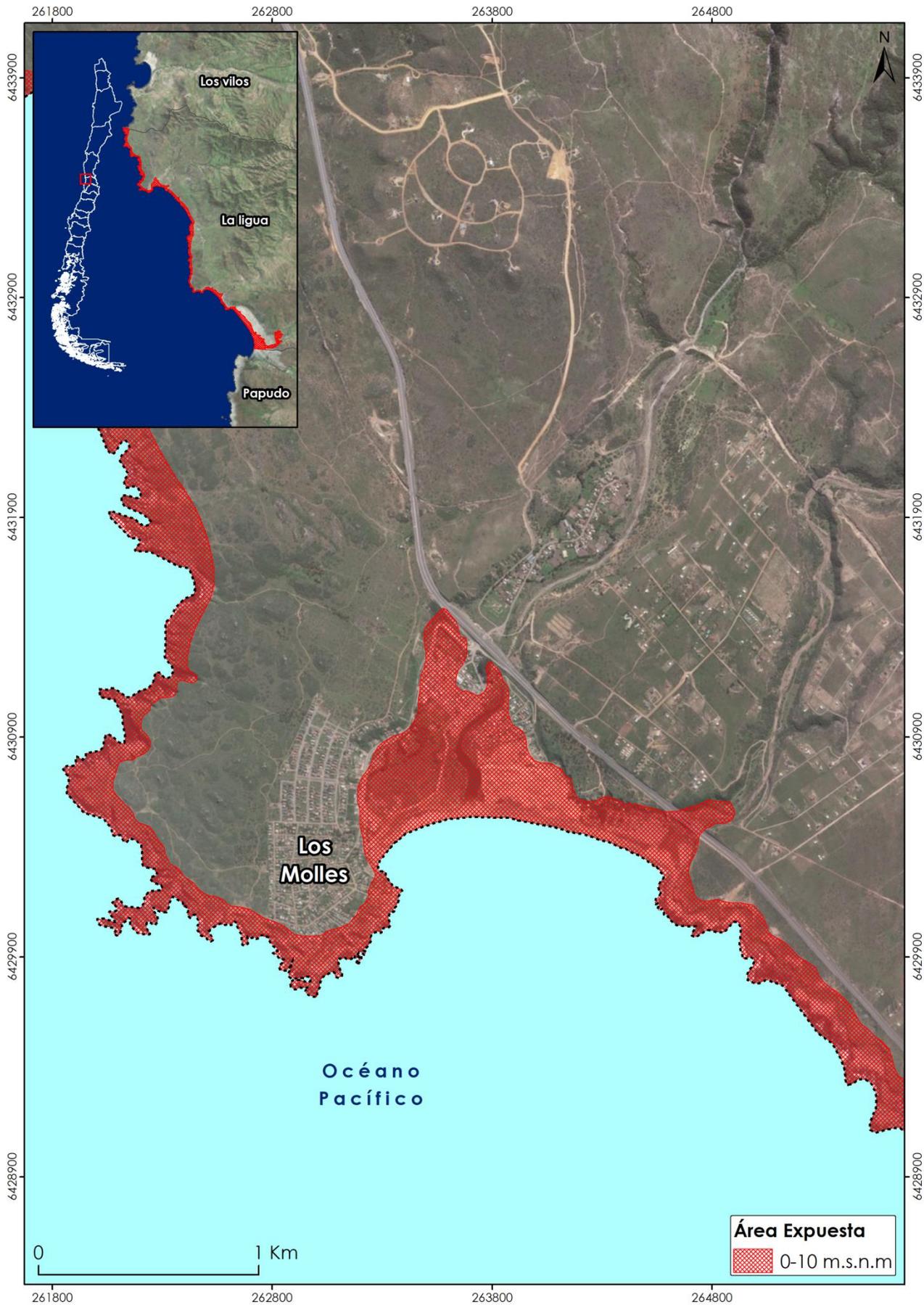


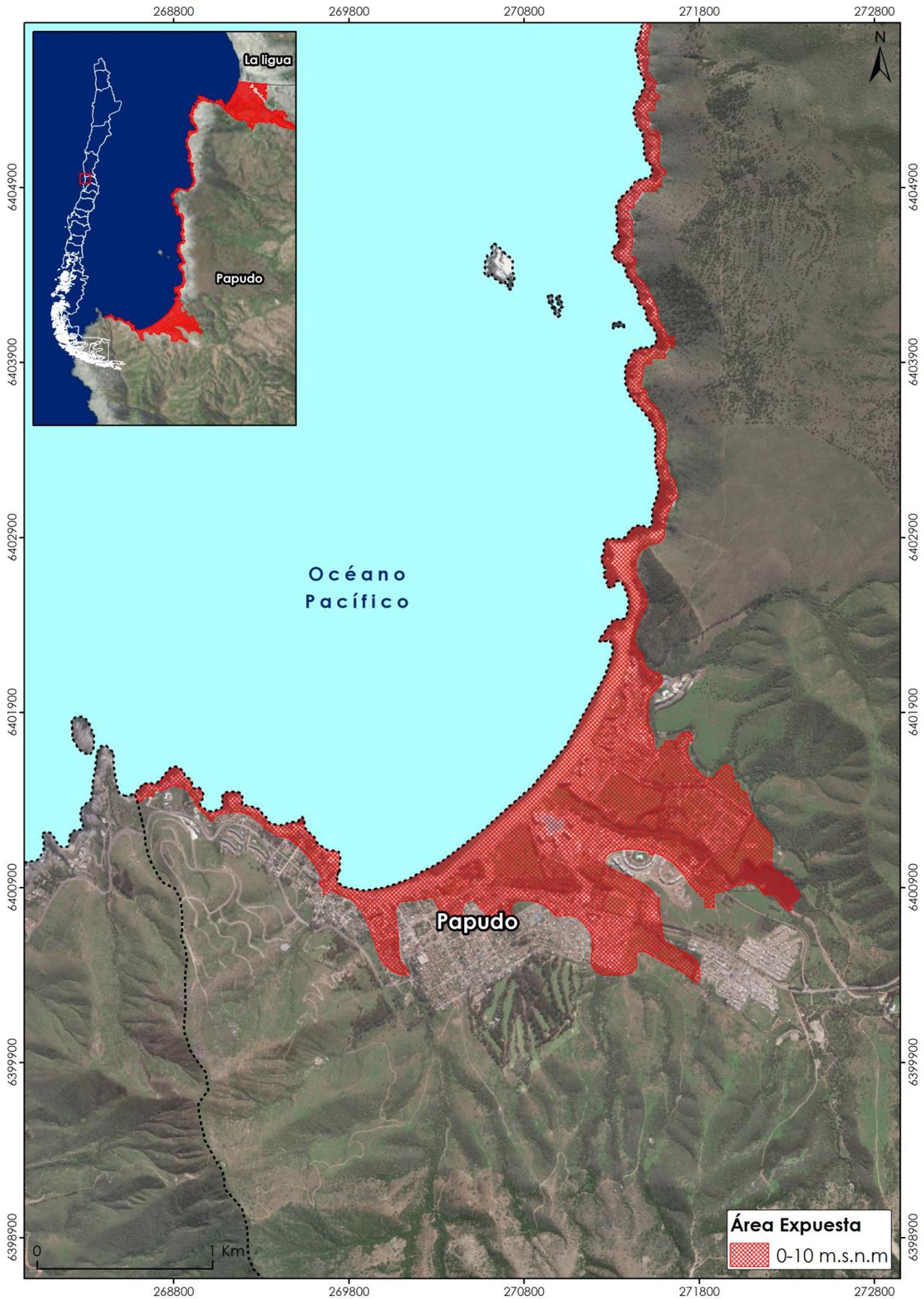


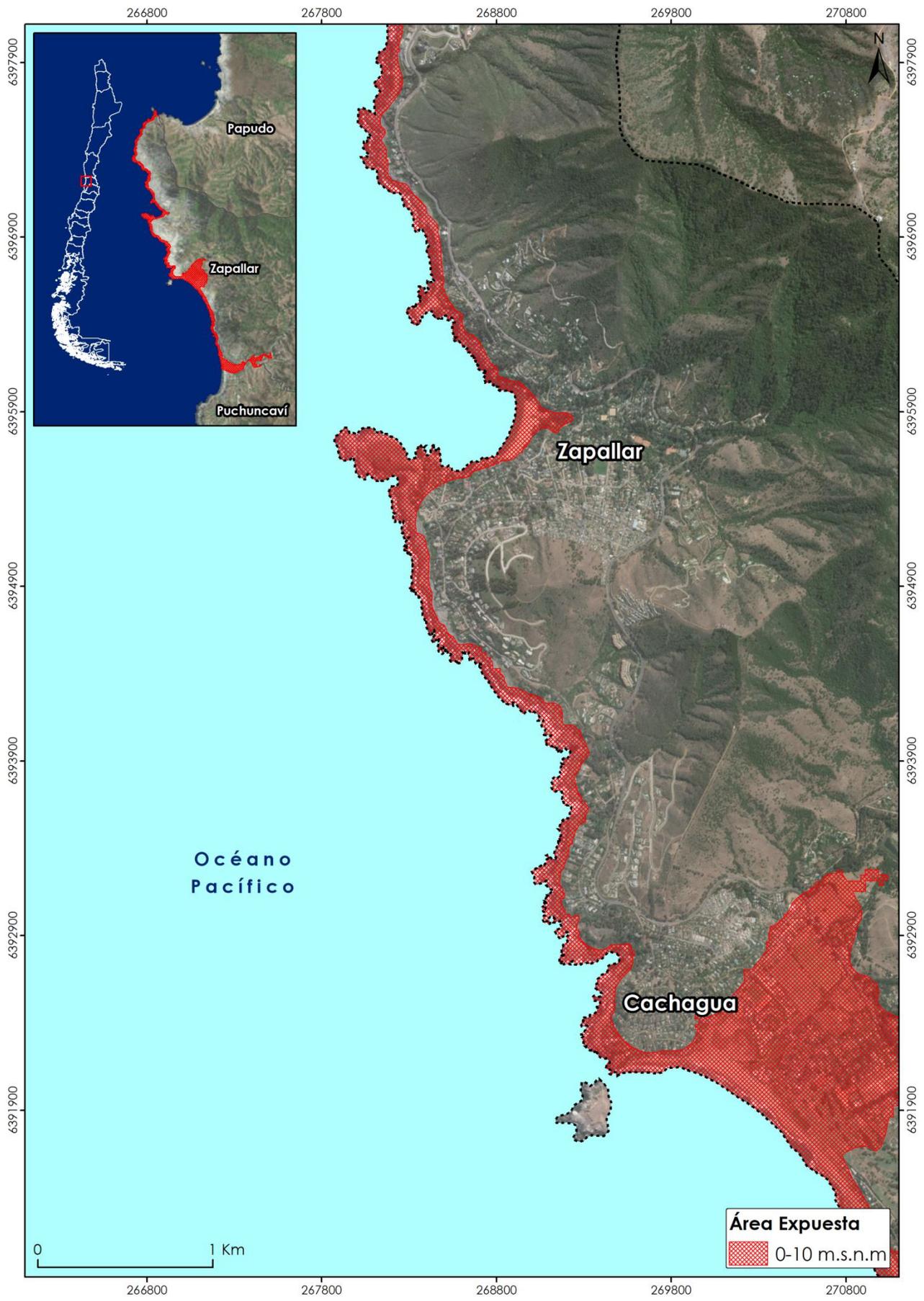


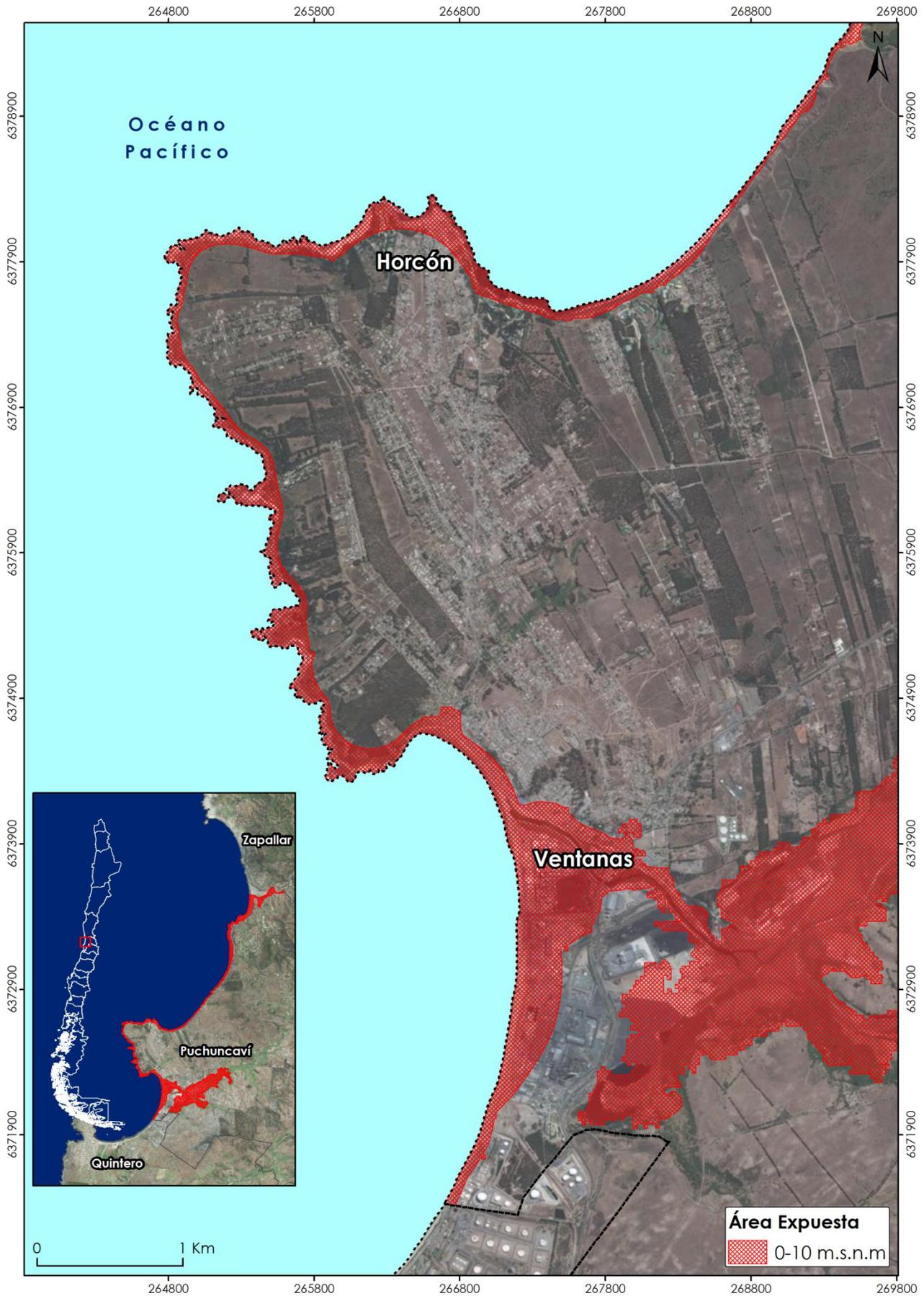


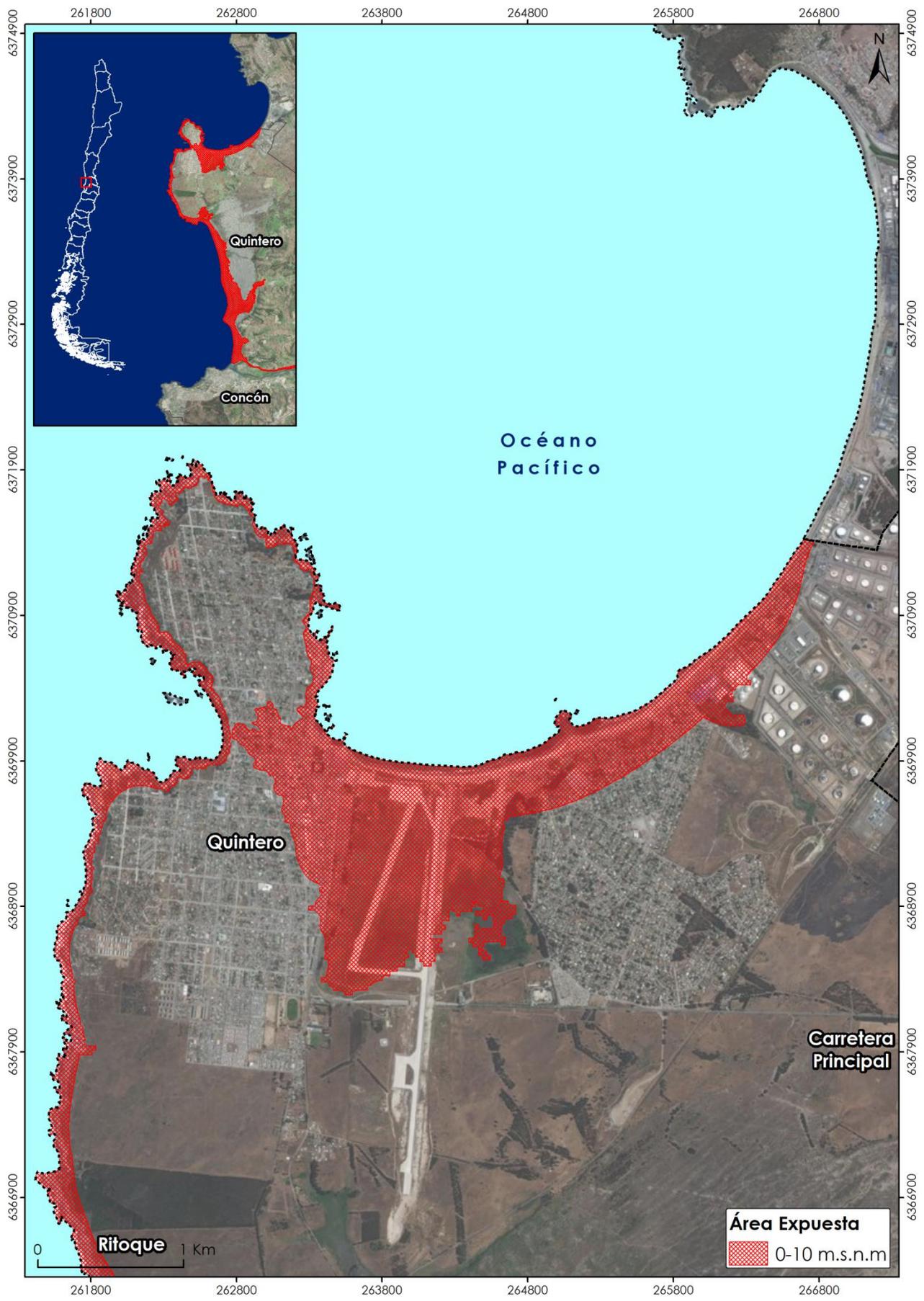




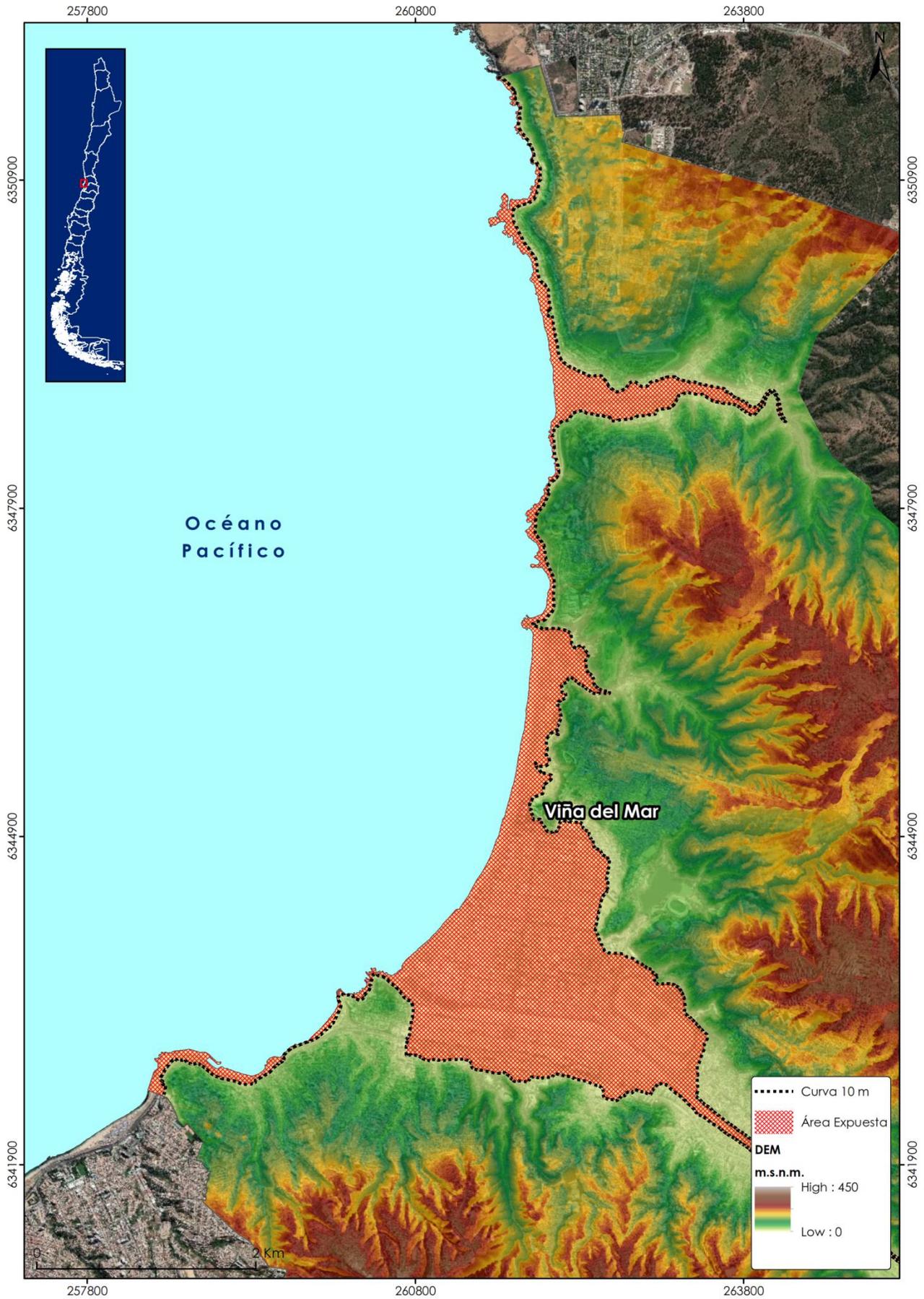


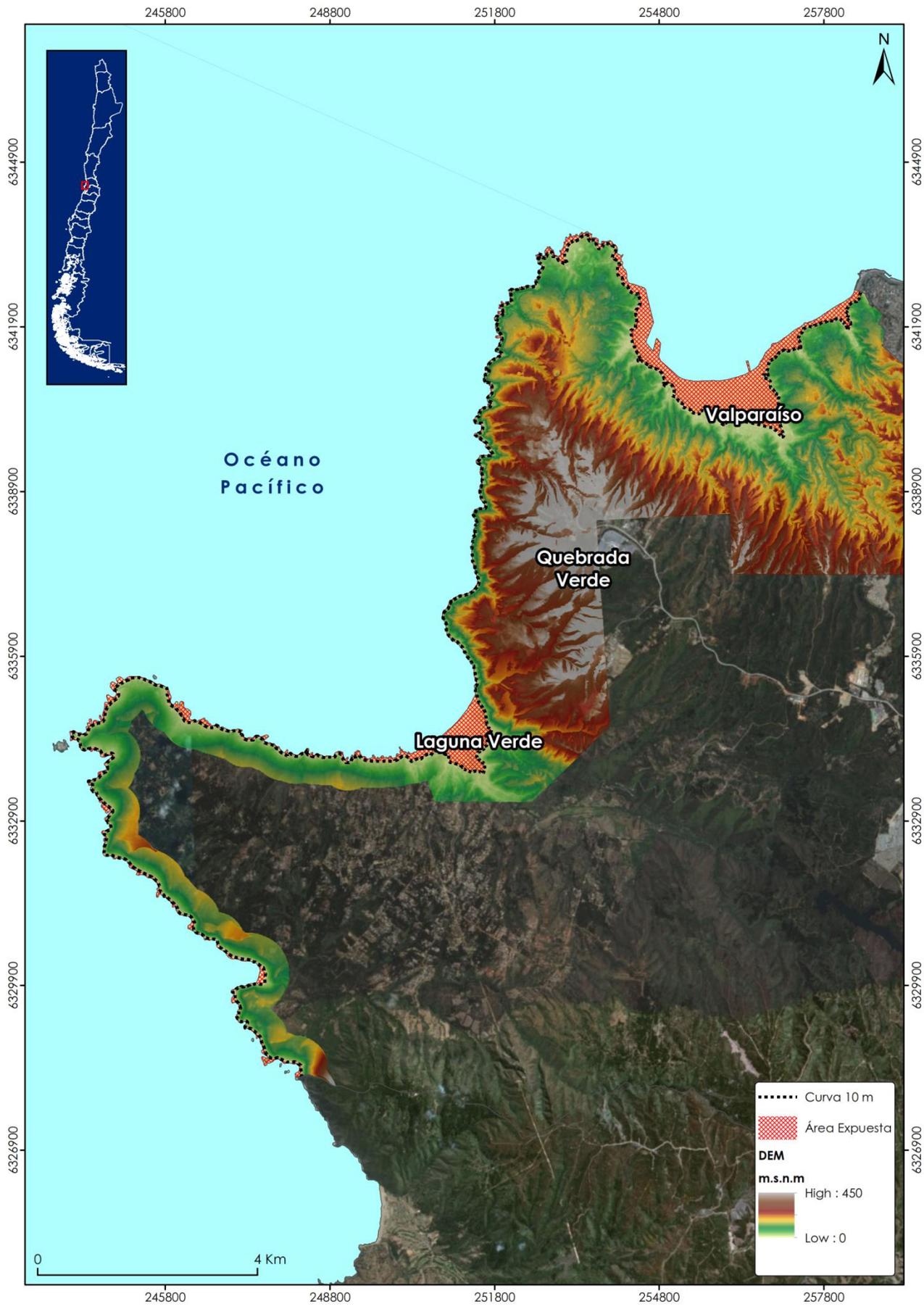


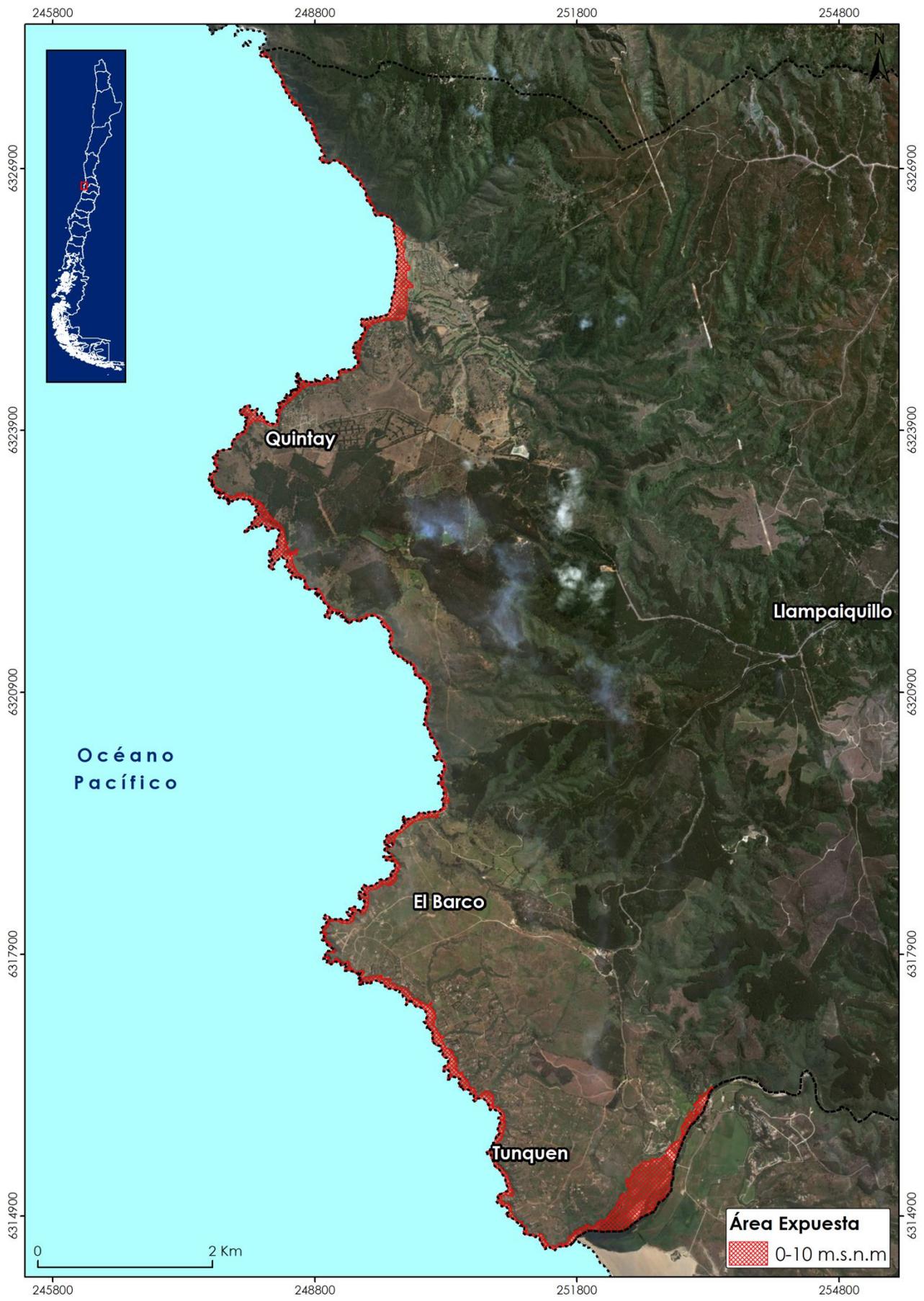


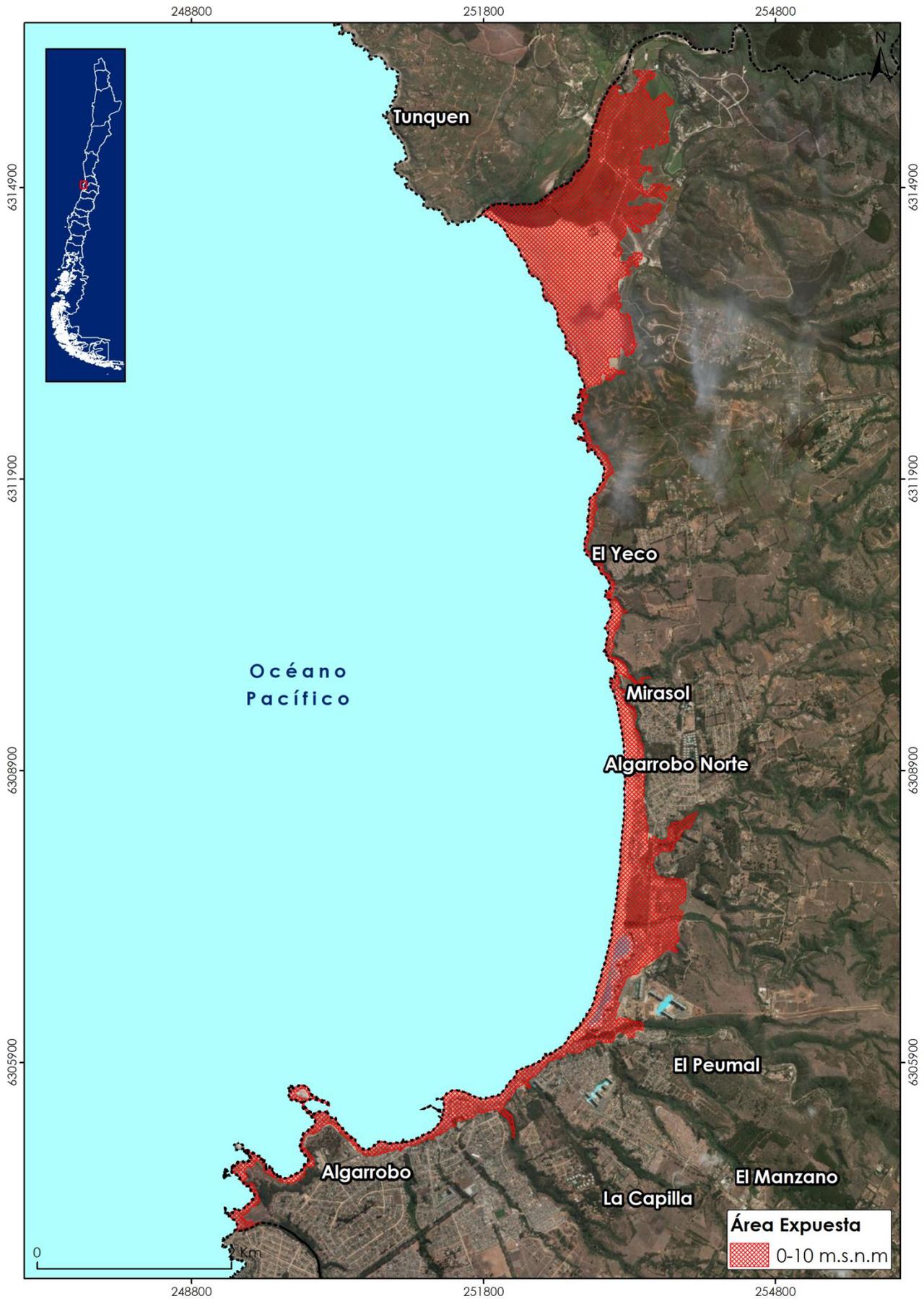




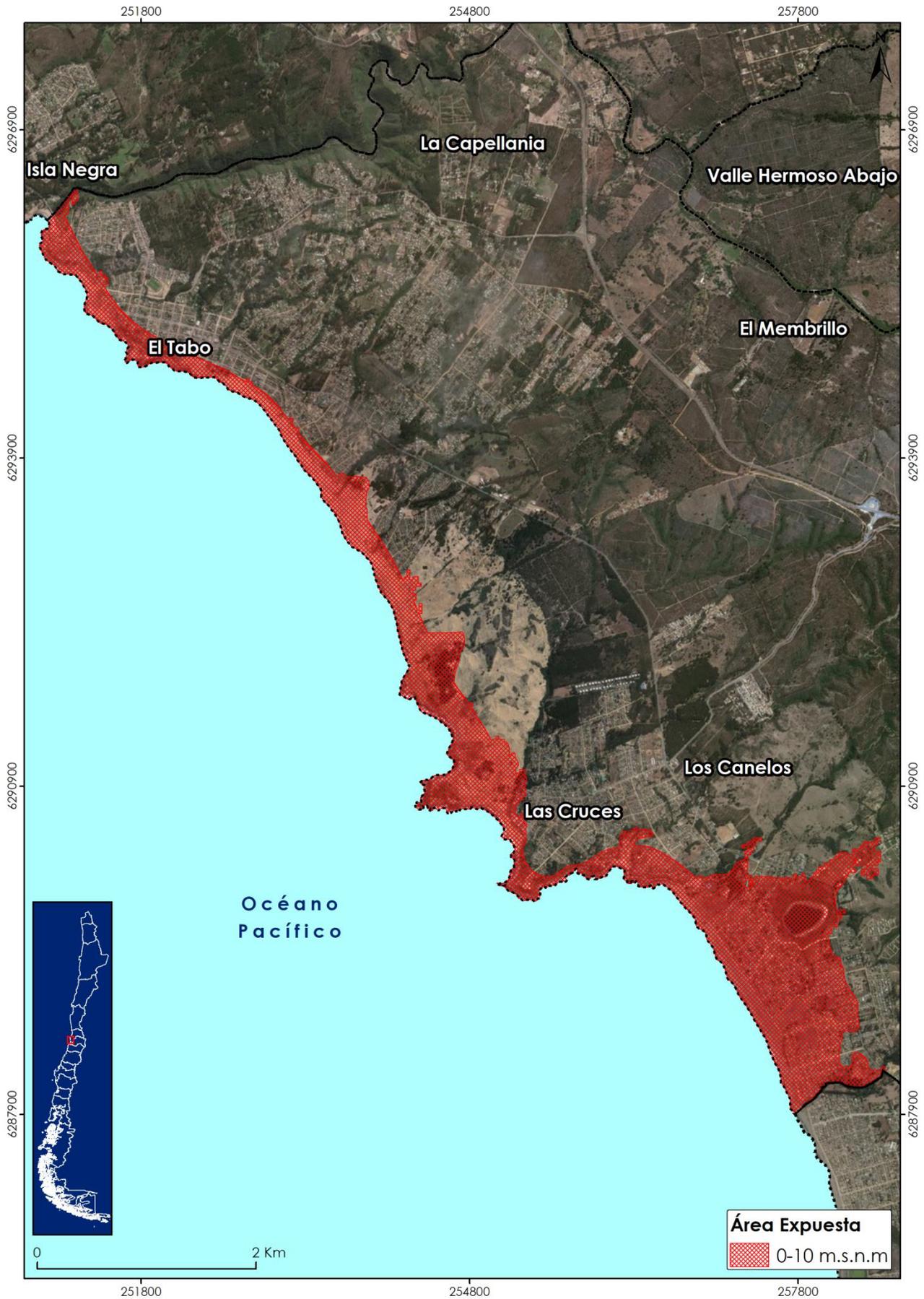


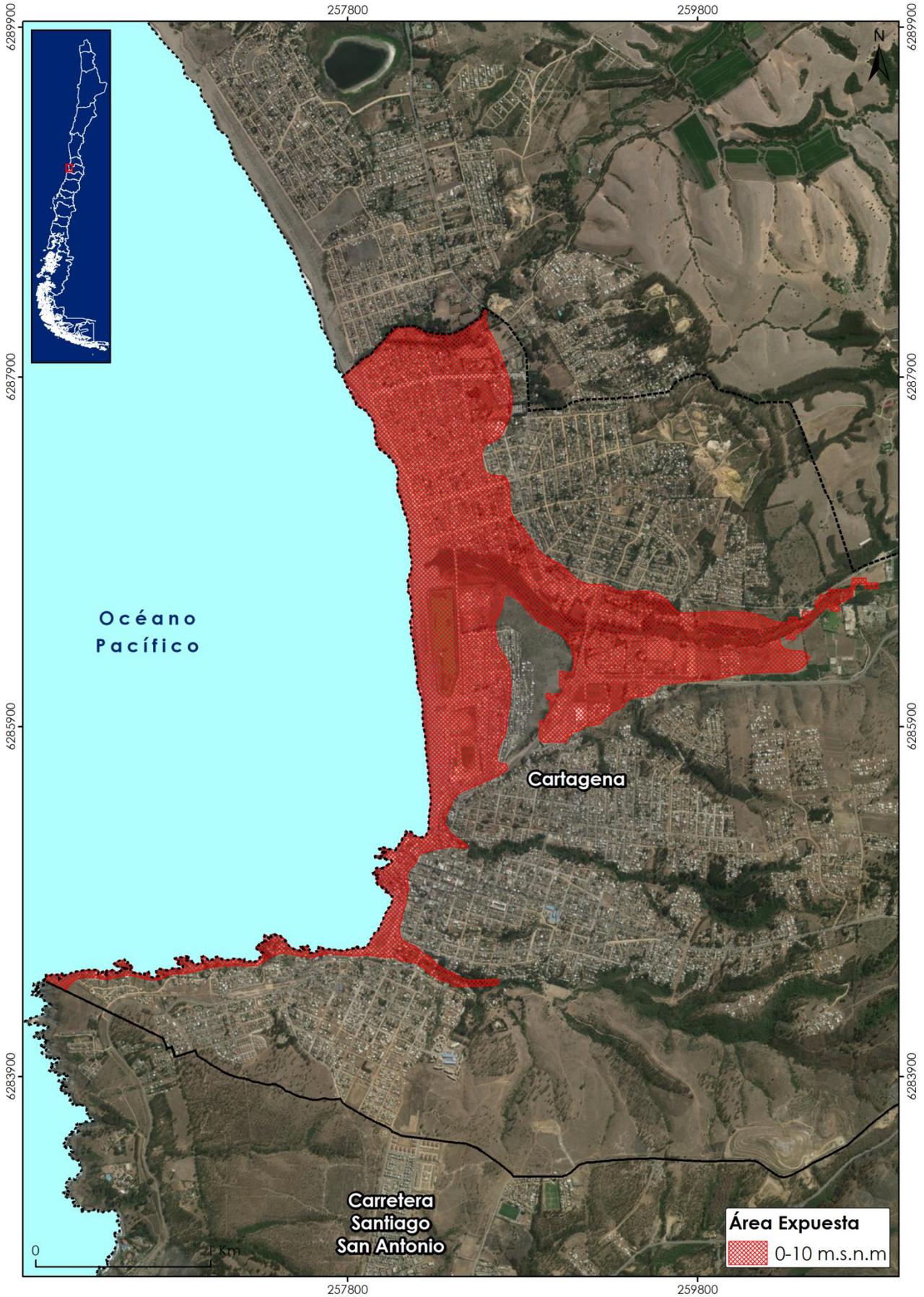


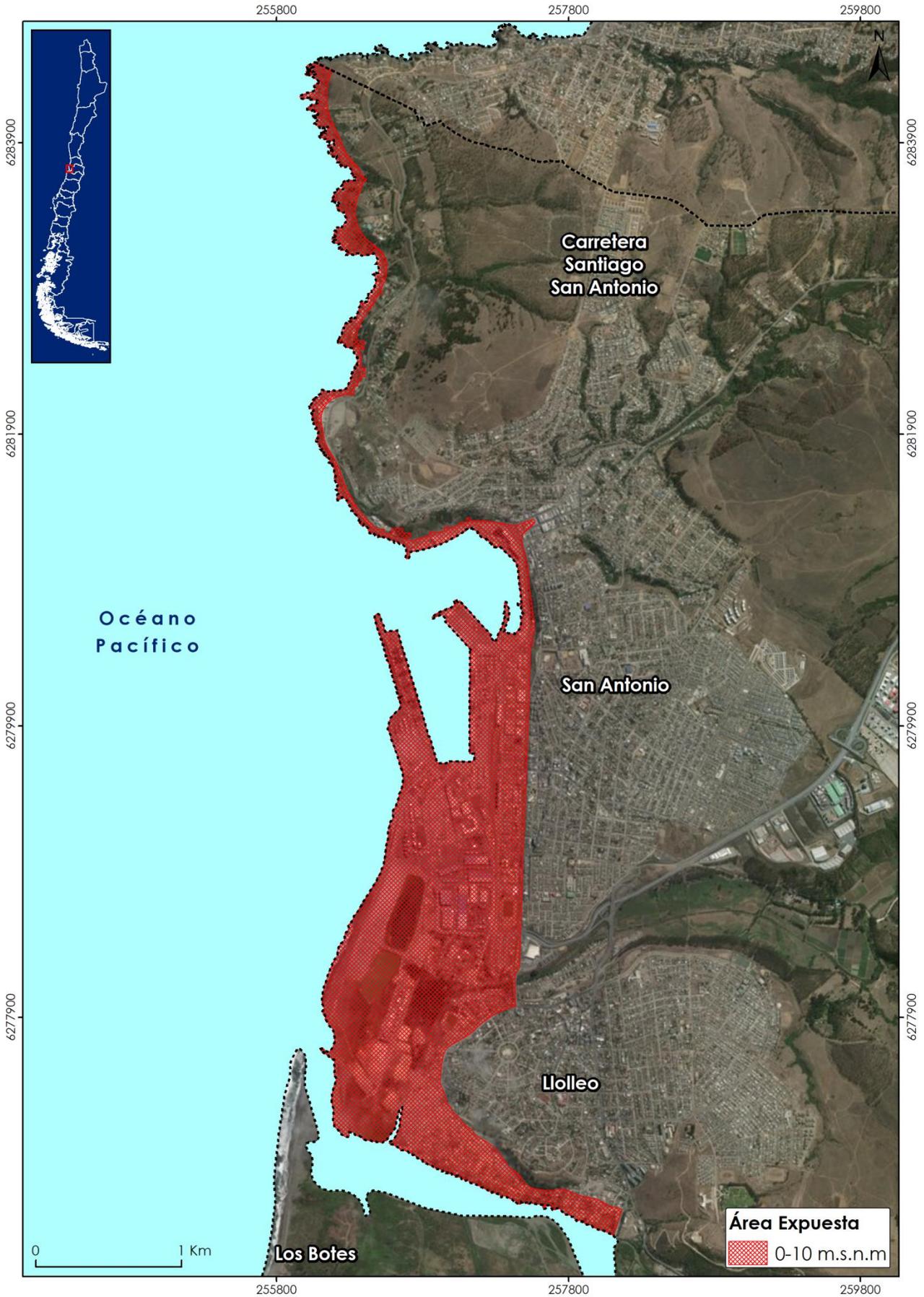


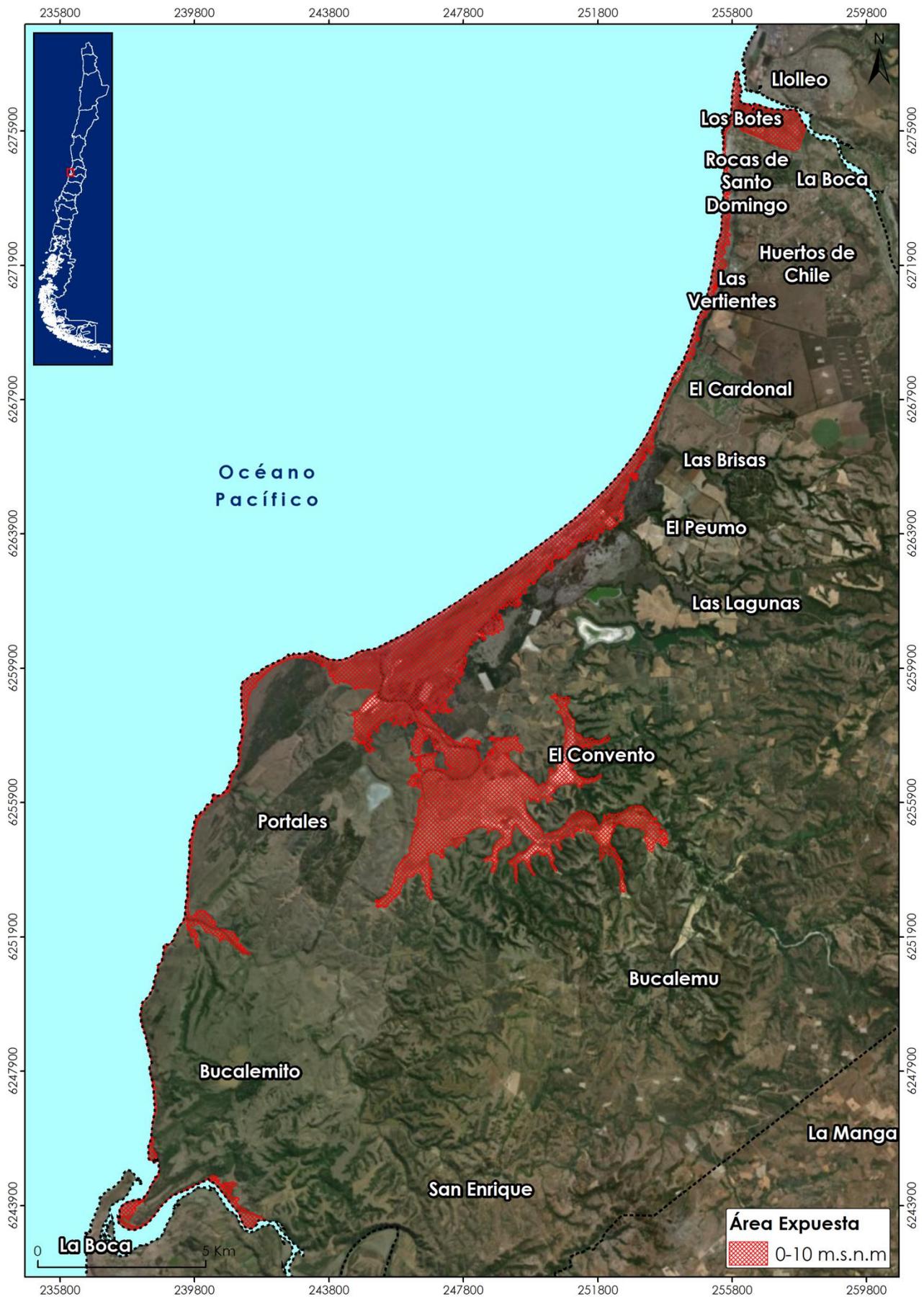


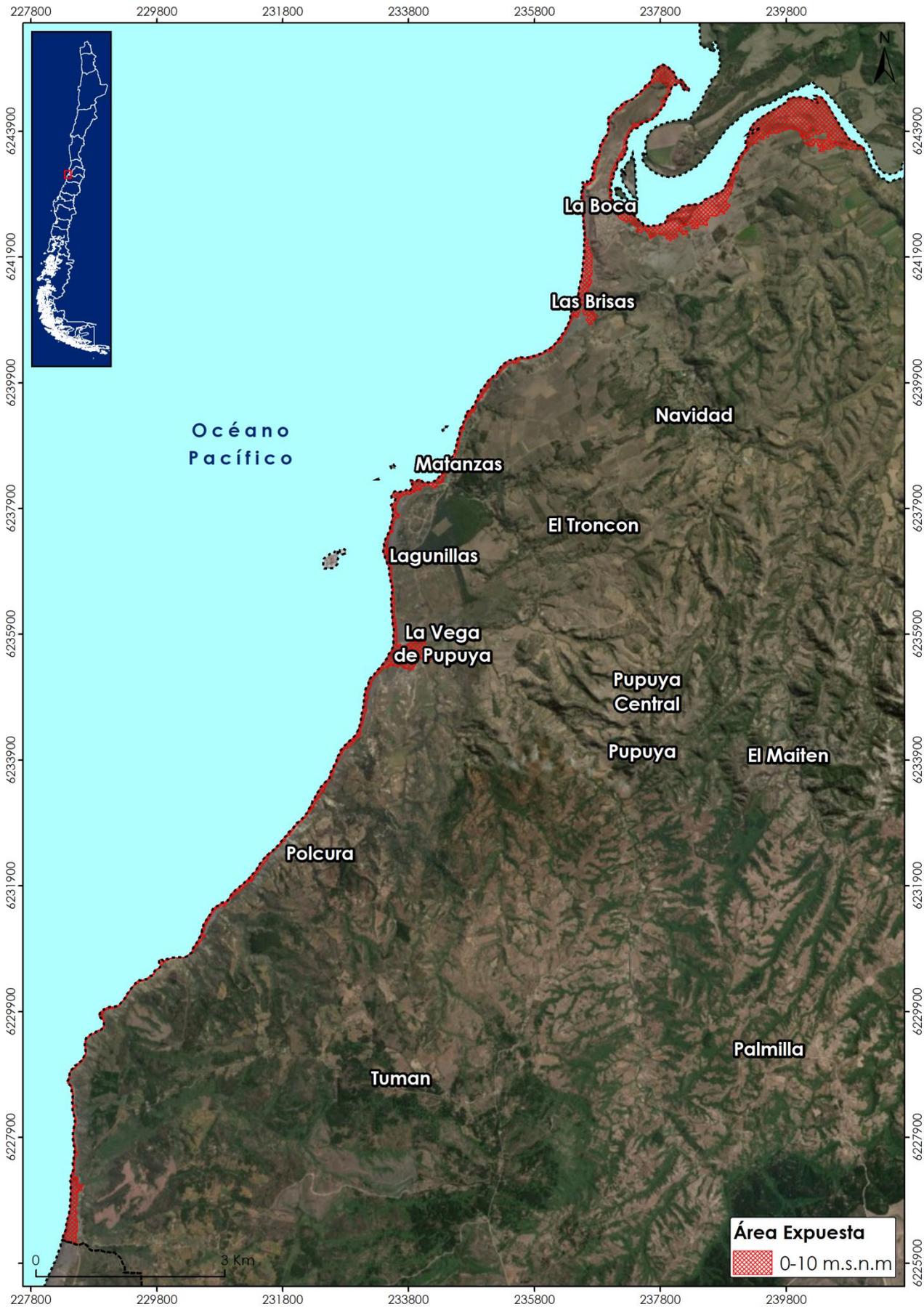


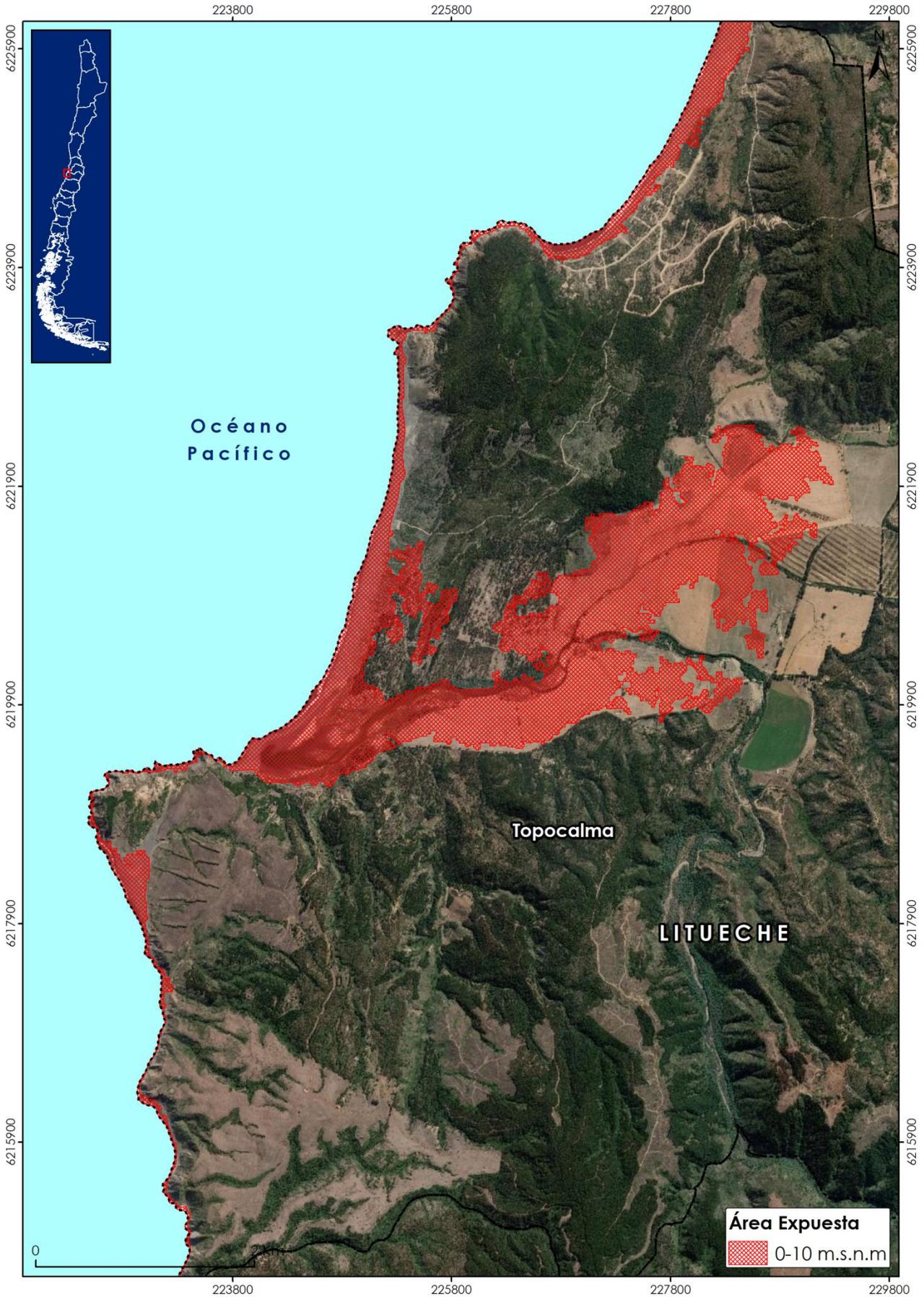


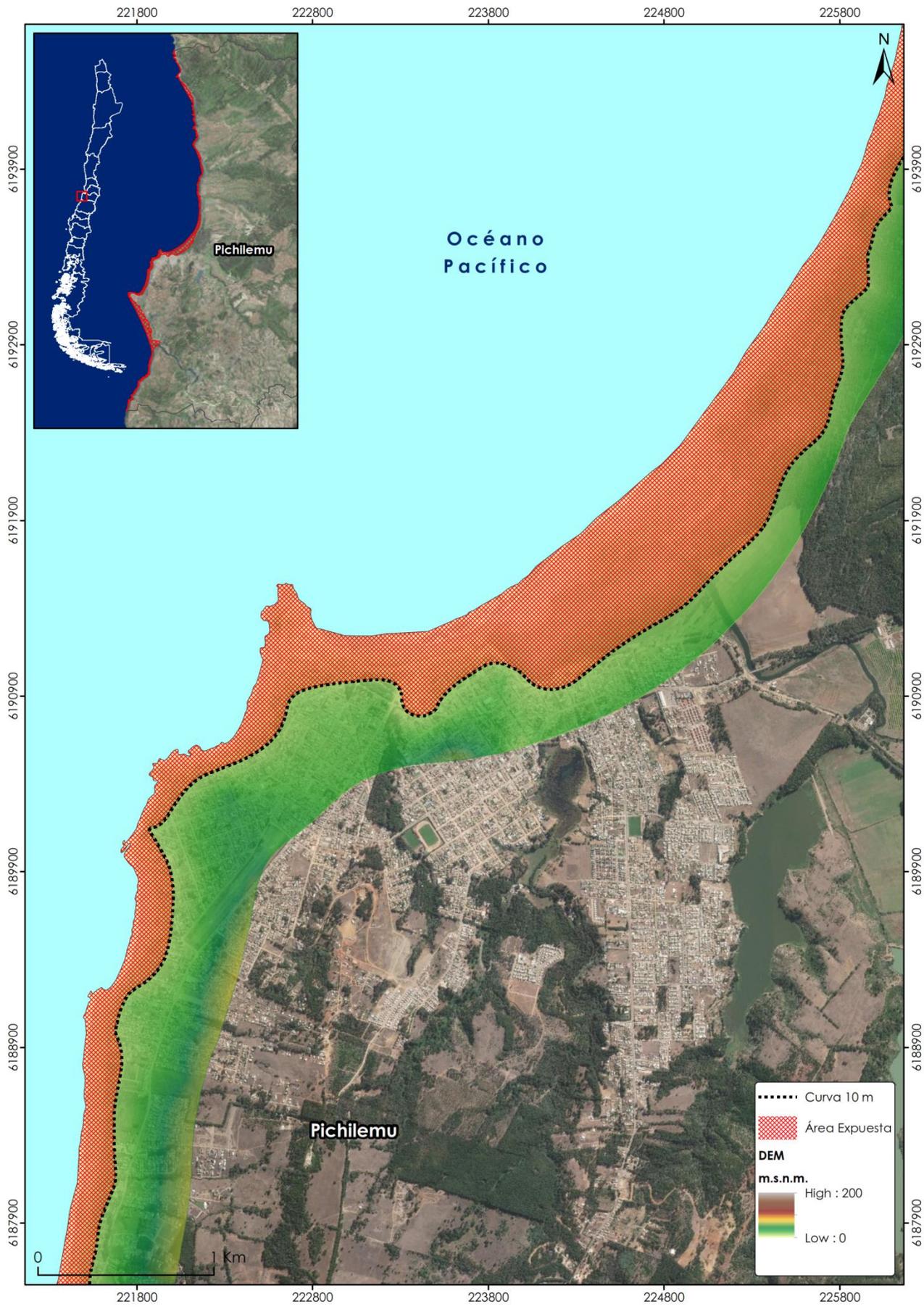


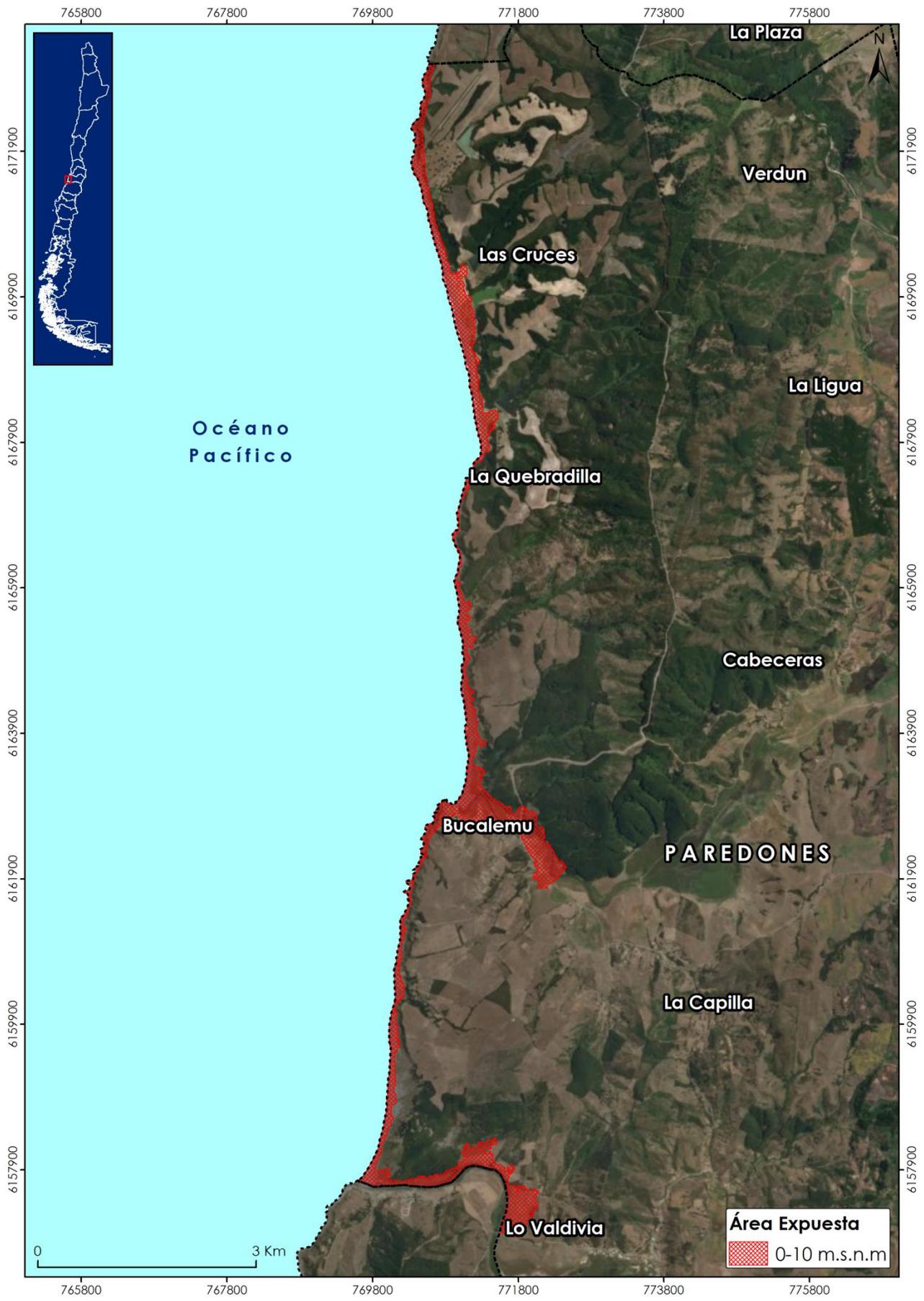


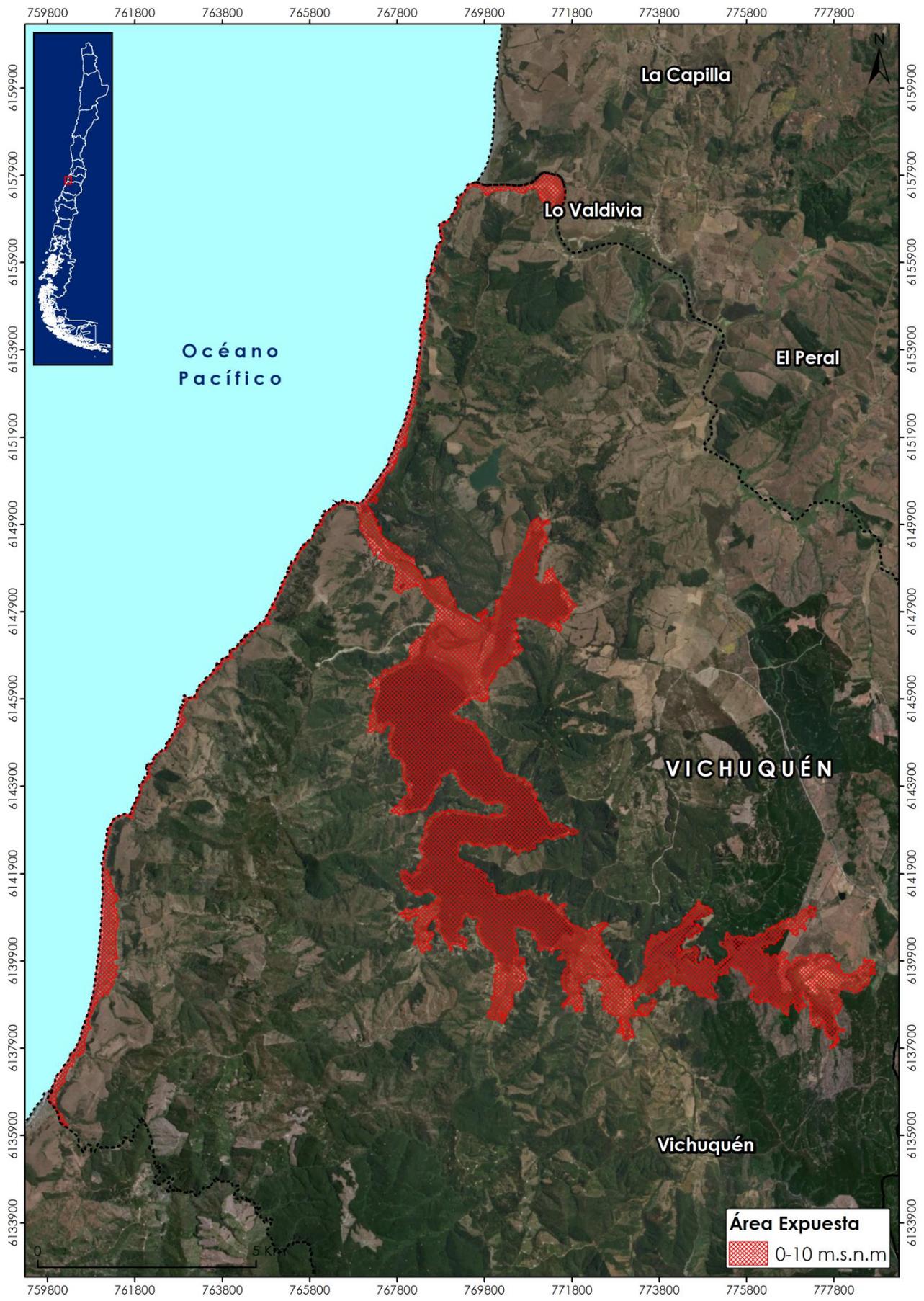


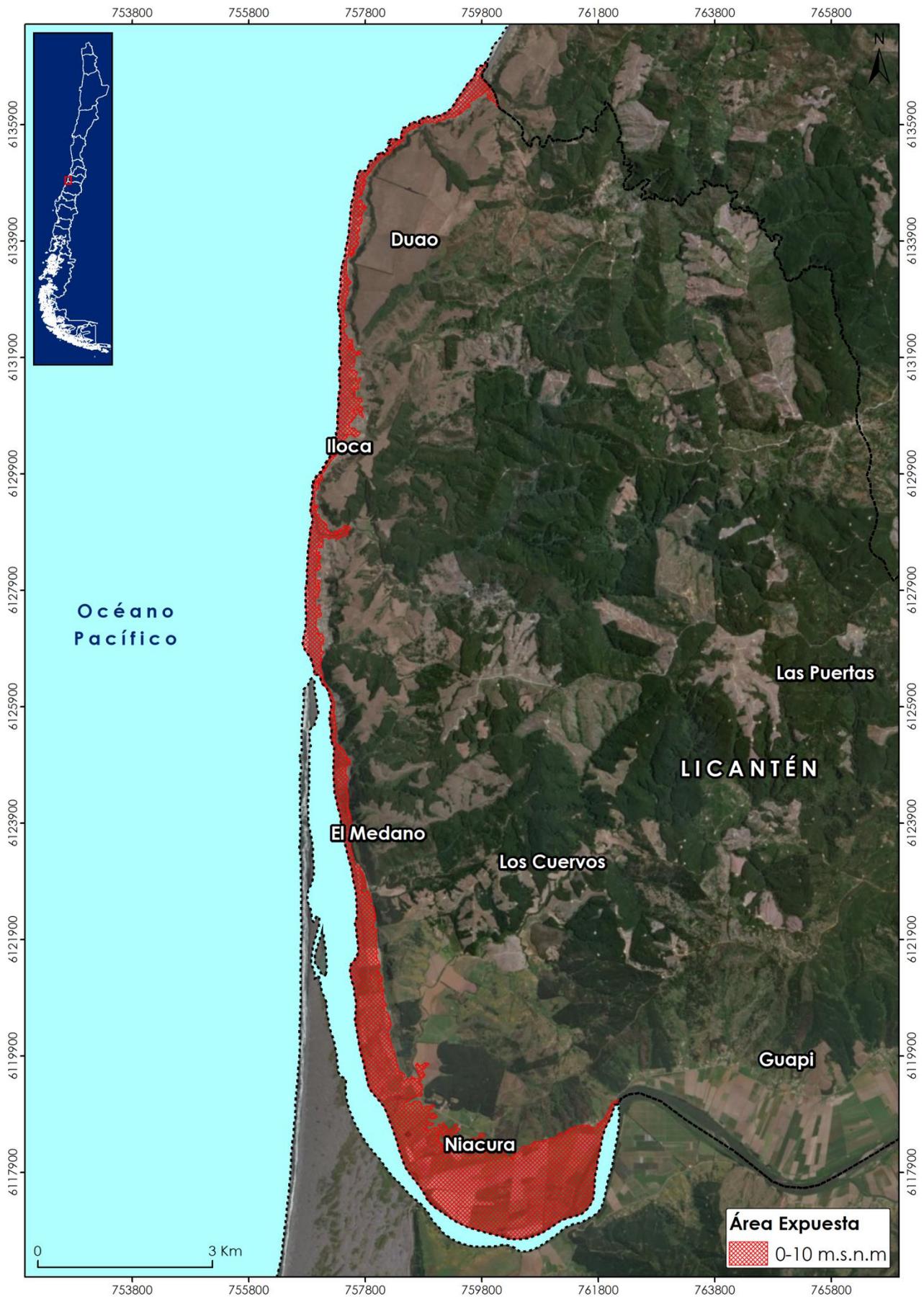


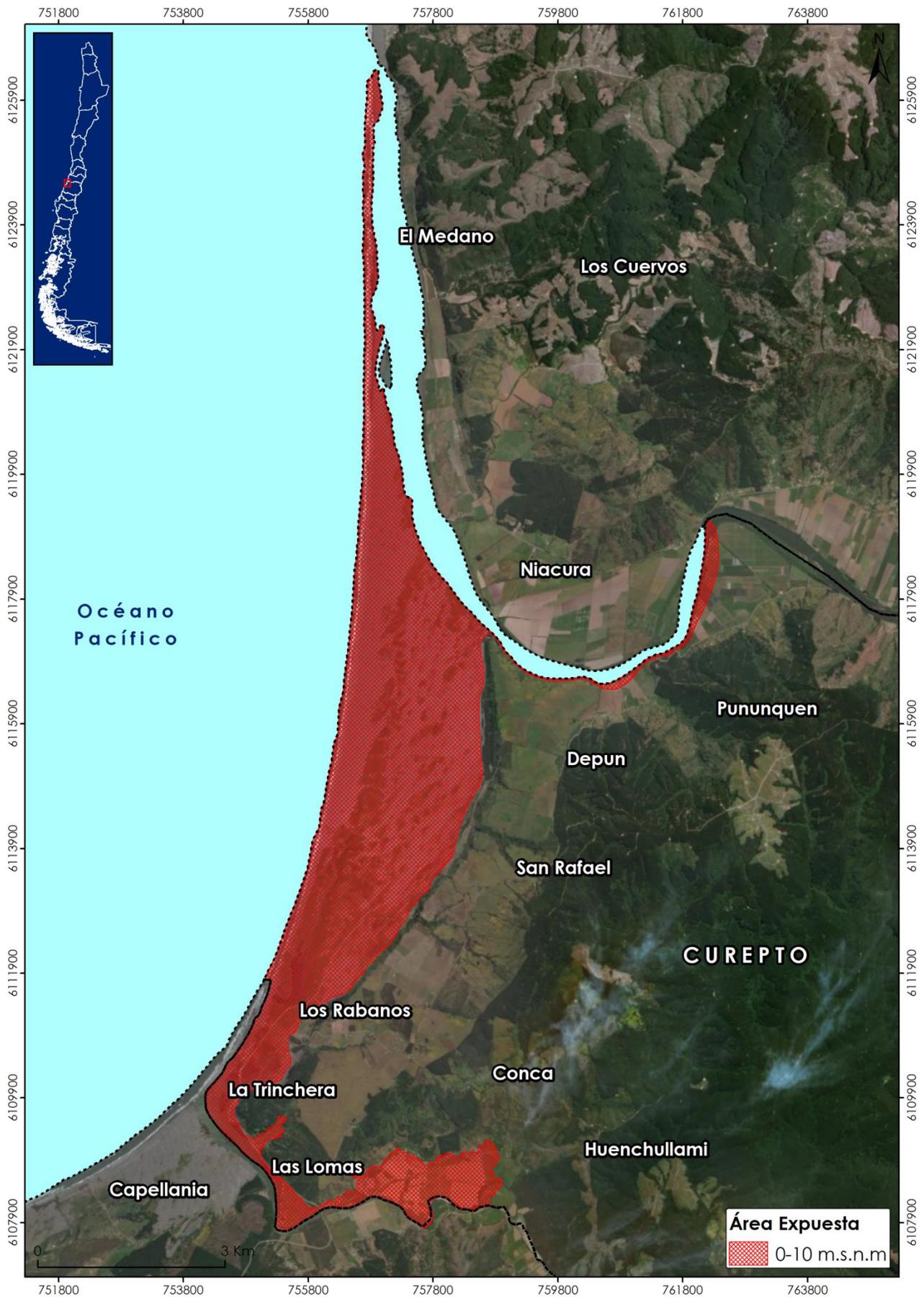


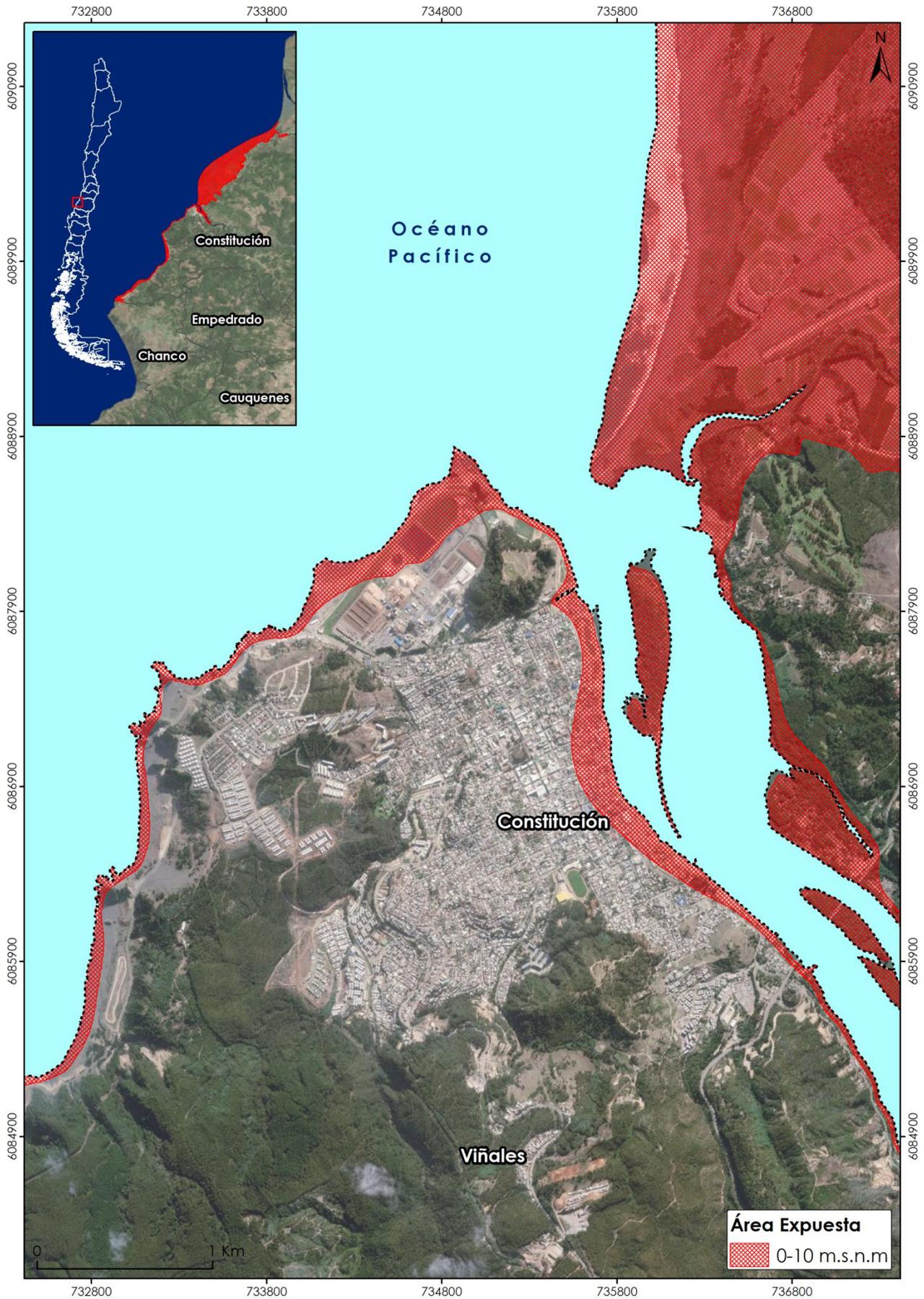


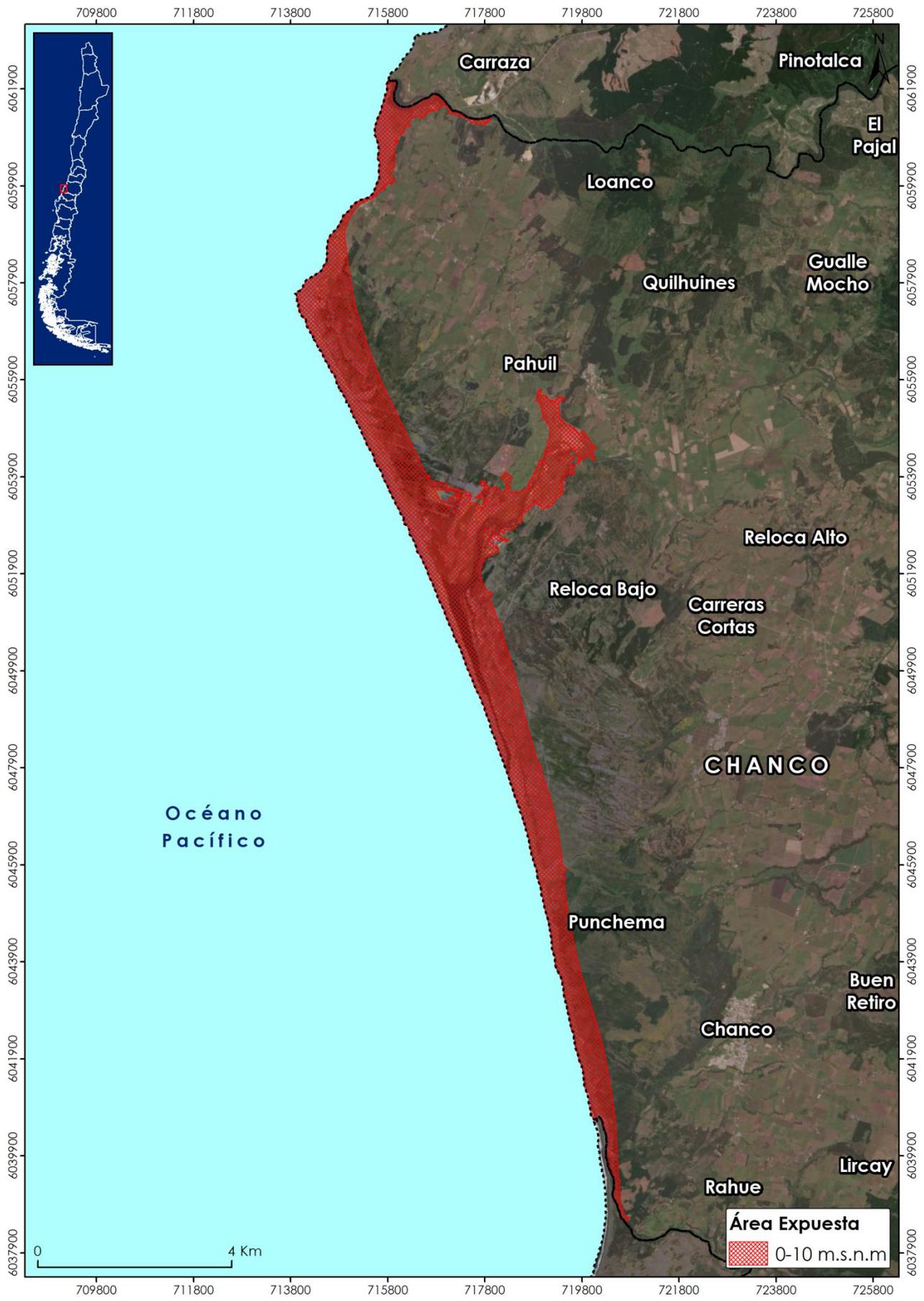




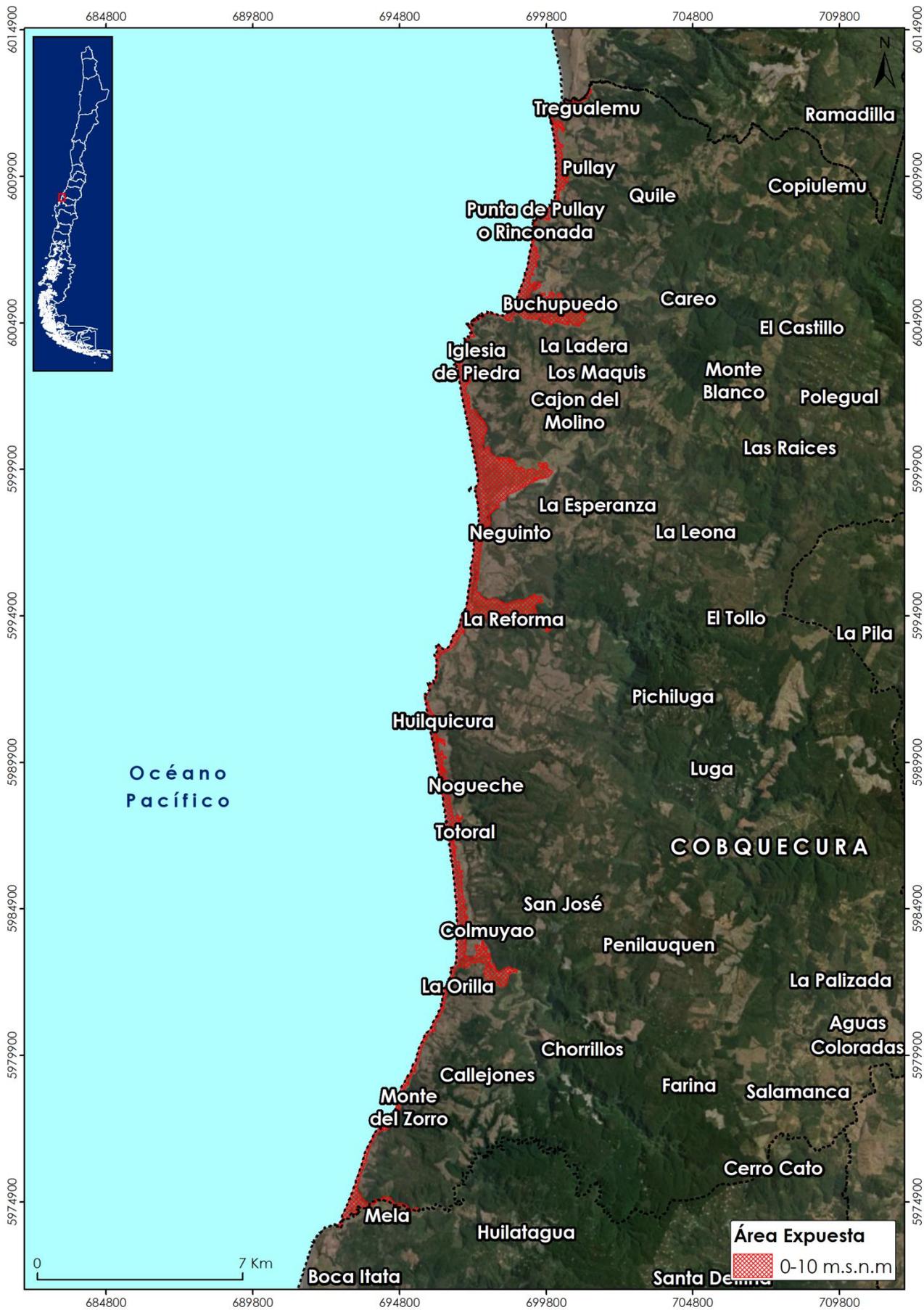


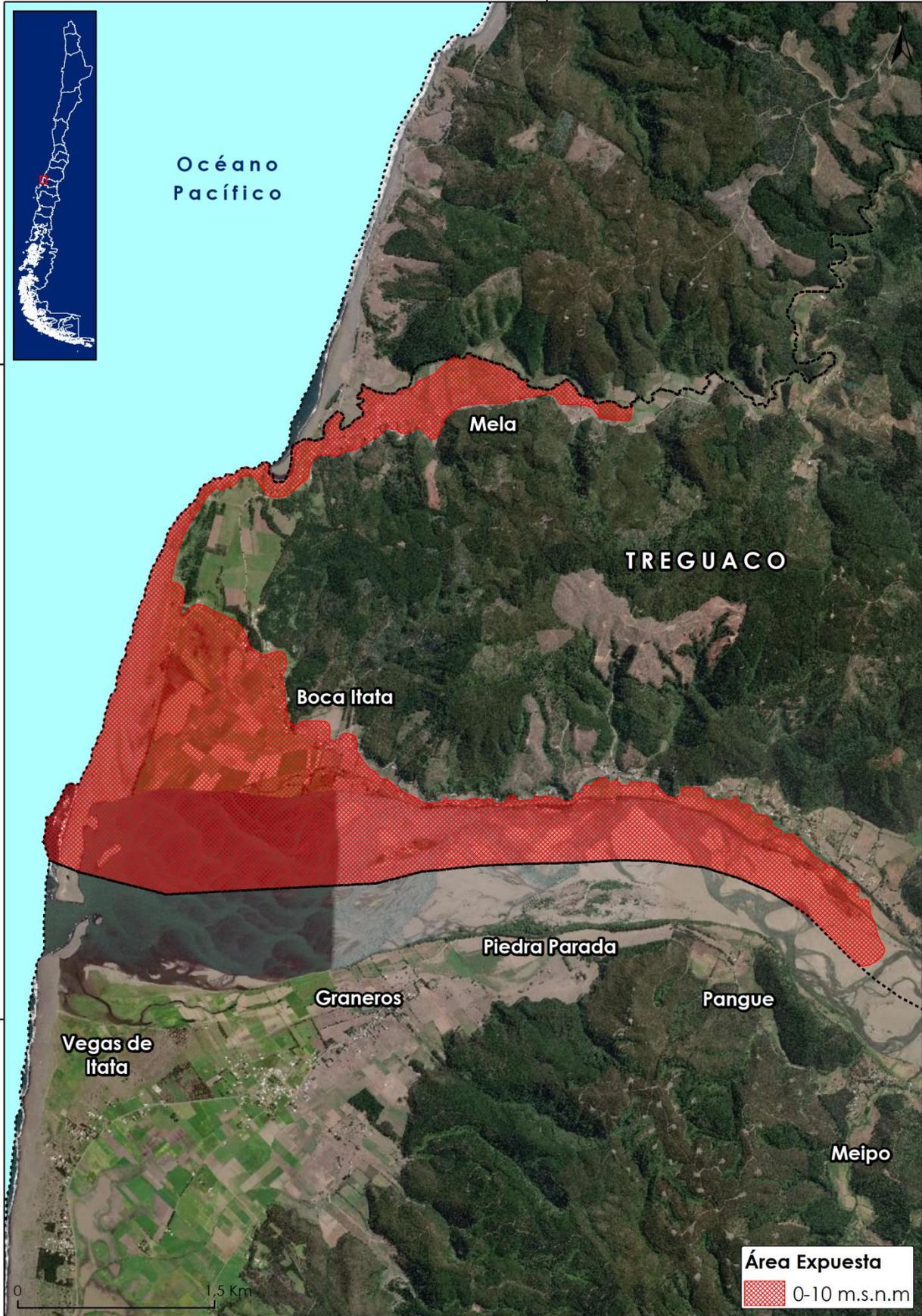


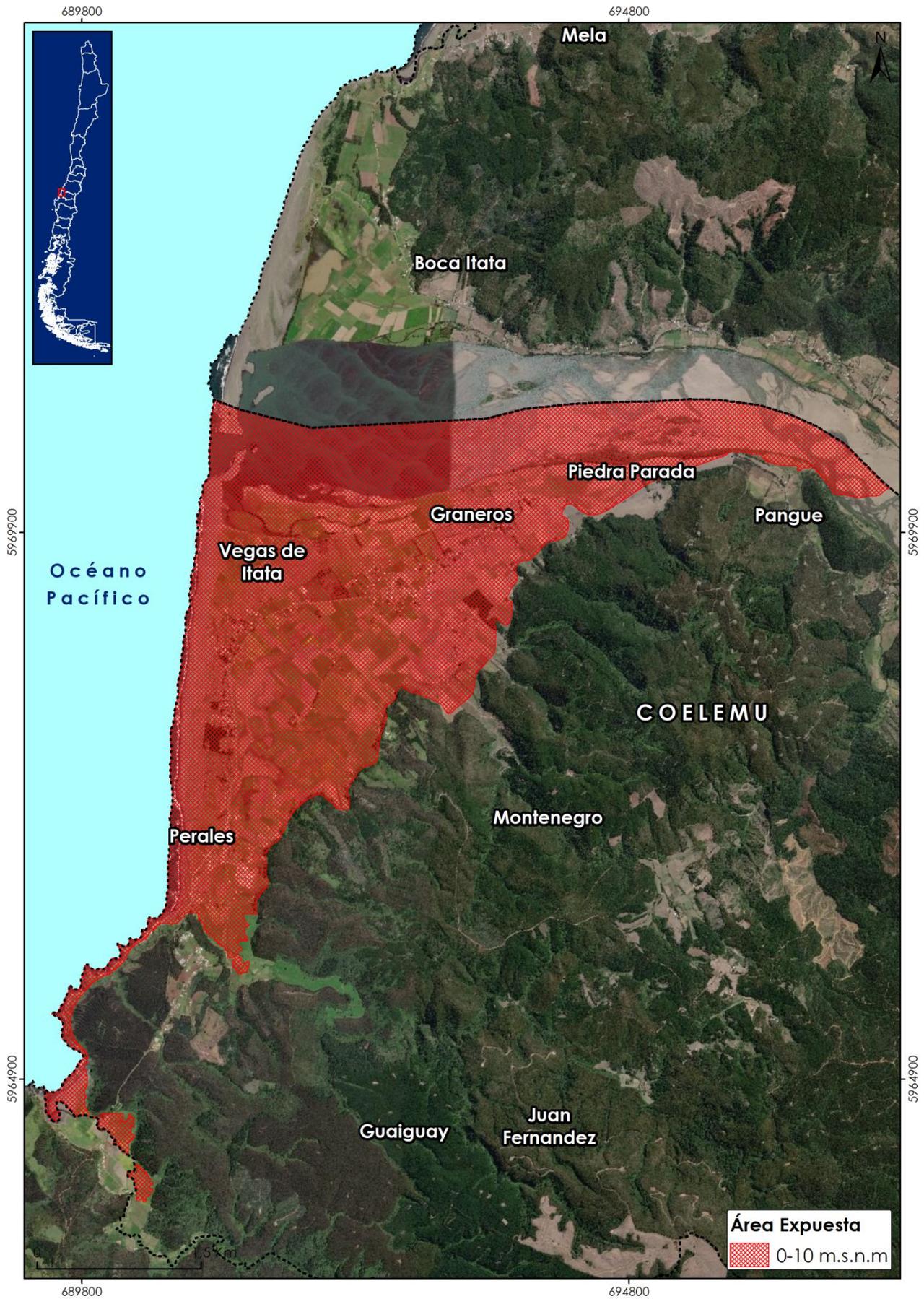


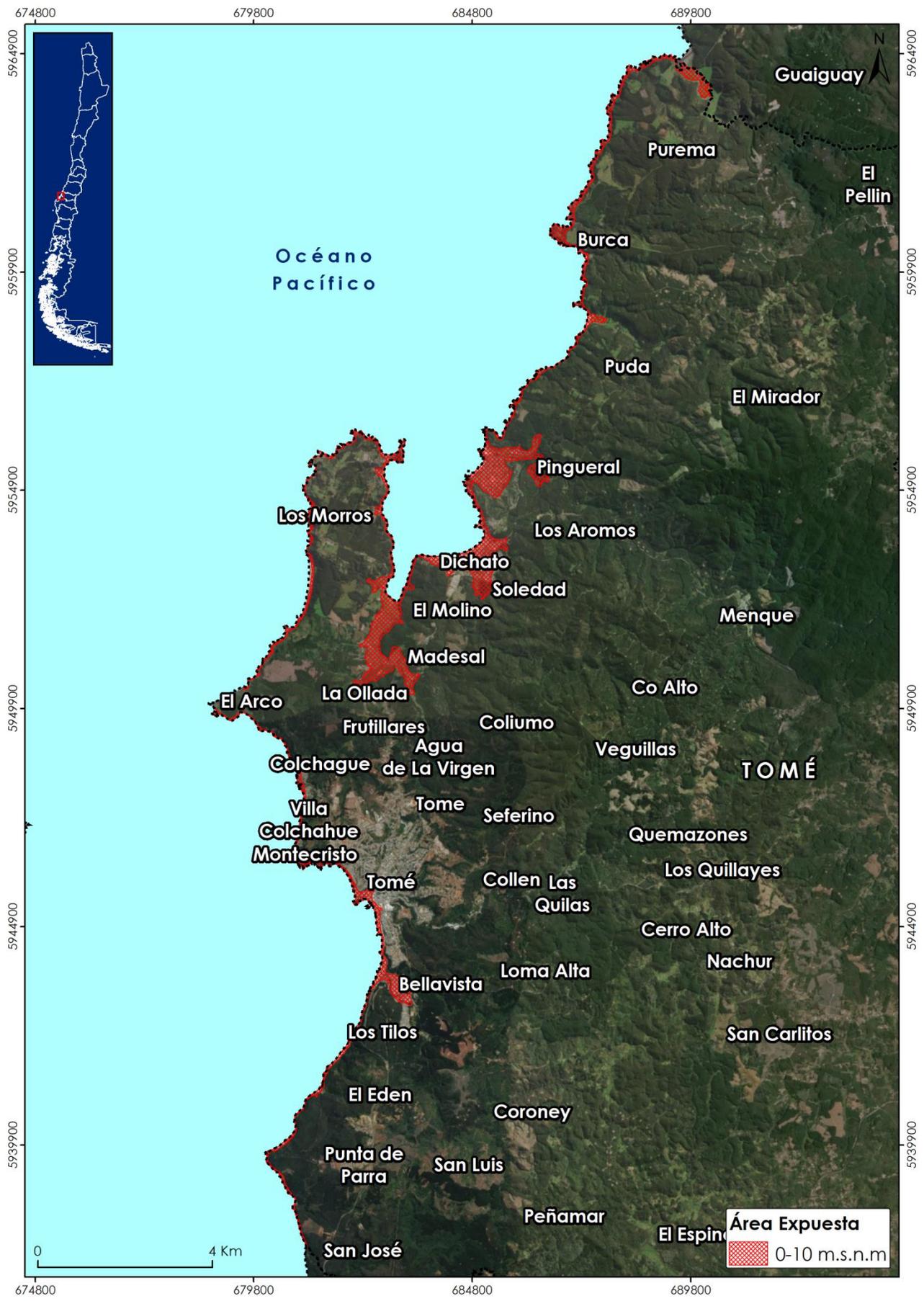












674800

679800



Océano
Pacífico

5934900

5934900

5929900

5929900

Miramar

Playa Negra

Penco

Lo Marju

Villa Alegre

Coihueco

PENCO

Las Mercedes

Landa

Las
Margaritas

Cosmito Oeste

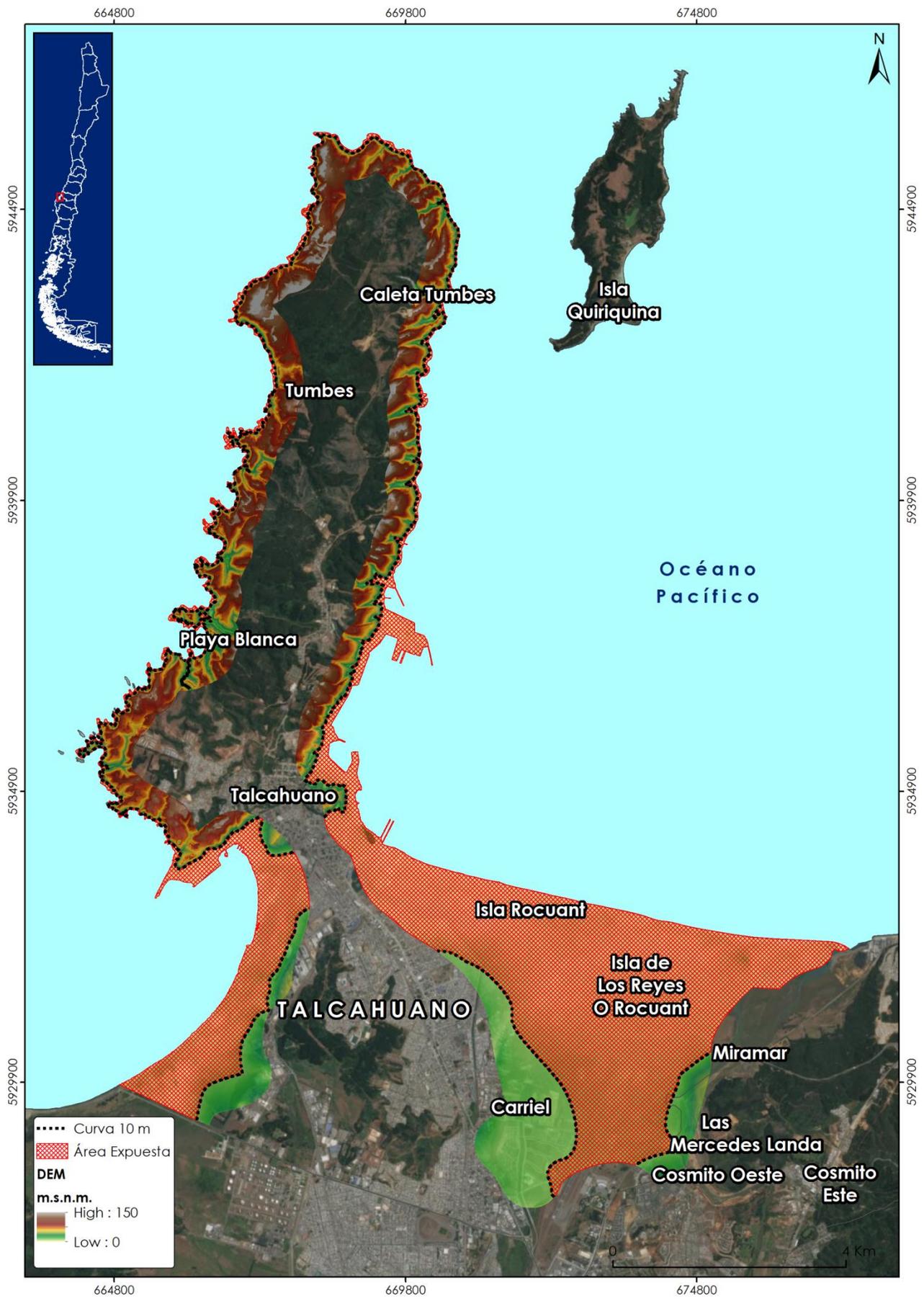
Cosmito Este

Área Expuesta
0-10 m.s.n.m

674800

679800

2 Km



664800

669800

674800

5944900

5944900

5939900

5939900

5934900

5934900

5929900

5929900

..... Curva 10 m
 [Red Hatched Box] Área Expuesta
DEM
 m.s.n.m.
 High : 150
 Low : 0

664800

669800

674800

0 4 Km



Caleta Tumbes

Isla Quiriquina

Tumbes

Océano Pacífico

Playa Blanca

Talcahuano

TALCAHUANO

Isla Rocuant

Isla de Los Reyes
 O Rocuant

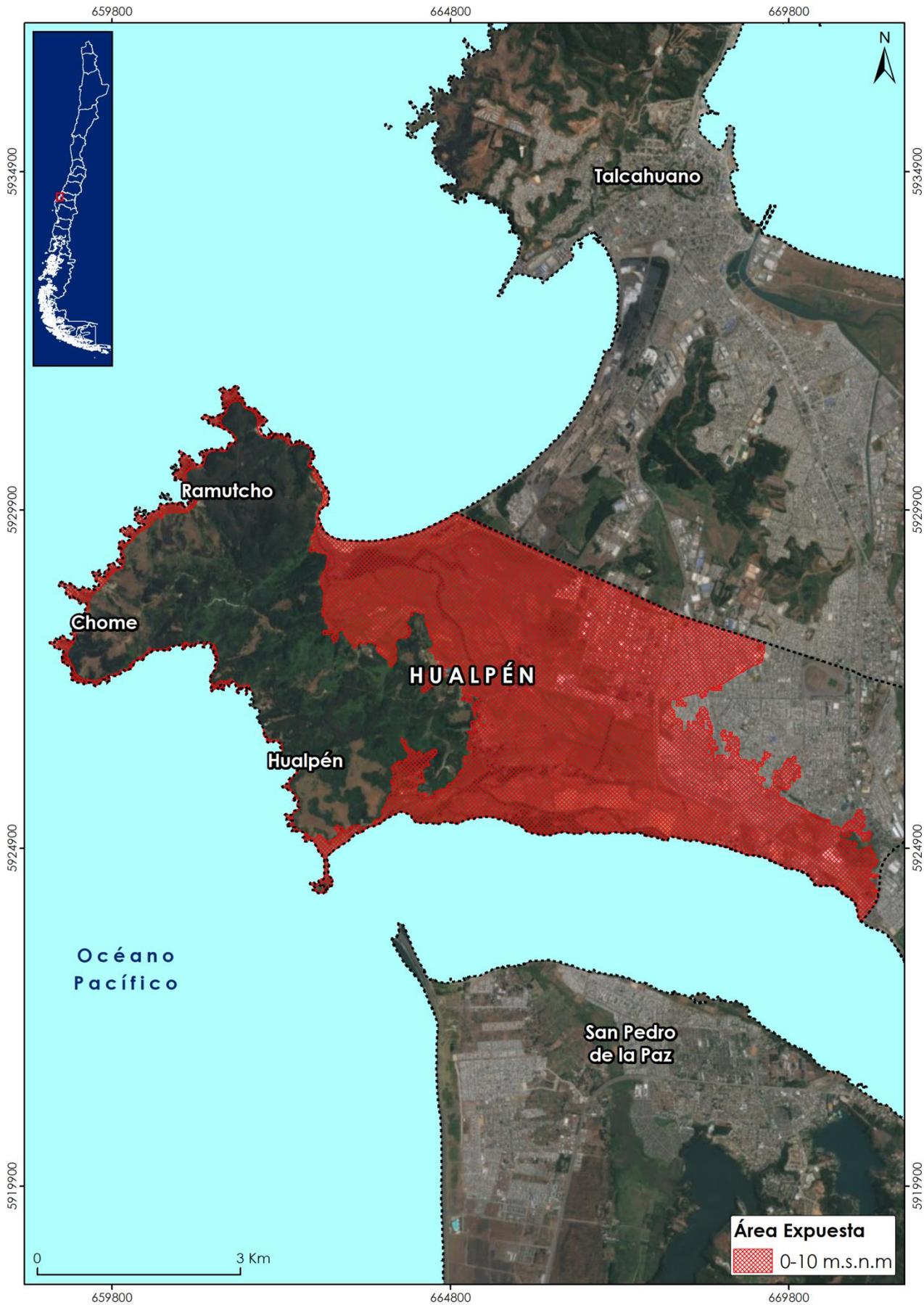
Miramar

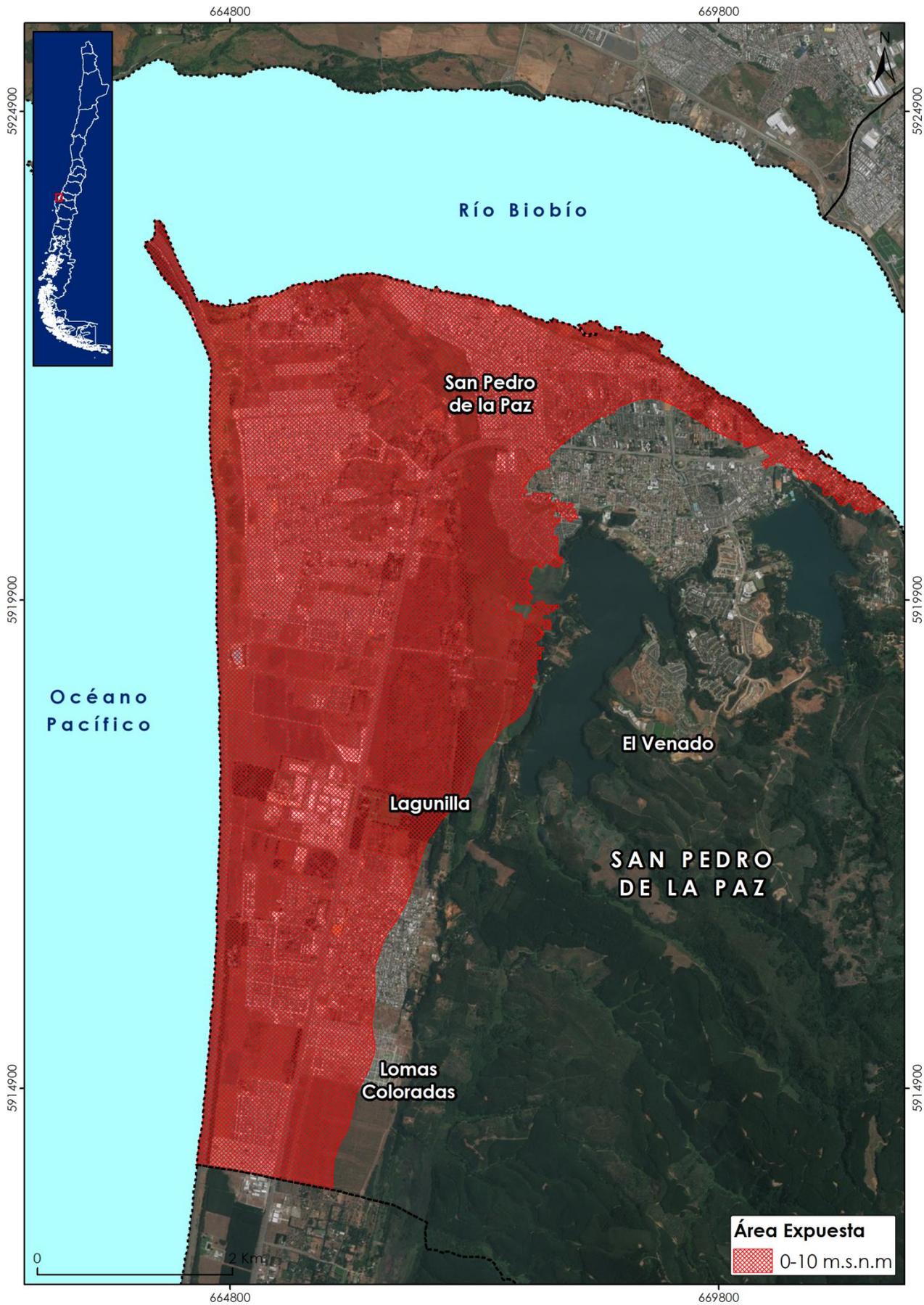
Carriel

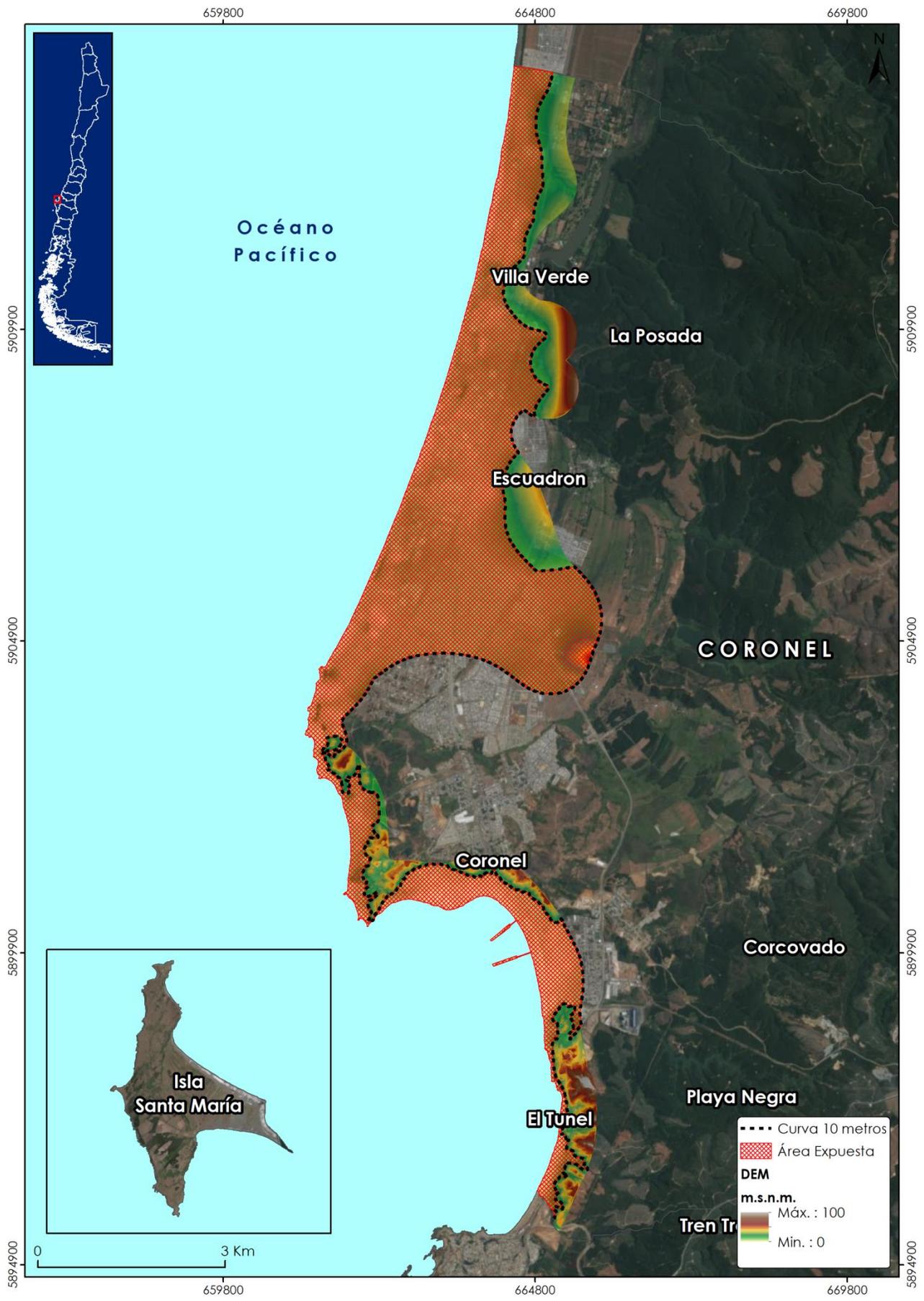
Las Mercedes Landa

Cosmito Oeste

Cosmito Este







Océano
Pacífico

Villa Verde

La Posada

Escuadron

CORONEL

Coronel

Corcovado

Playa Negra

El Tunel

Tren Tr

- Curva 10 metros
- Área Expuesta
- DEM**
- m.s.n.m.**
- Máx. : 100
- Min. : 0



0 3 Km

659800

664800

669800

5909900

5904900

5899900

5894900

5909900

5904900

5899900

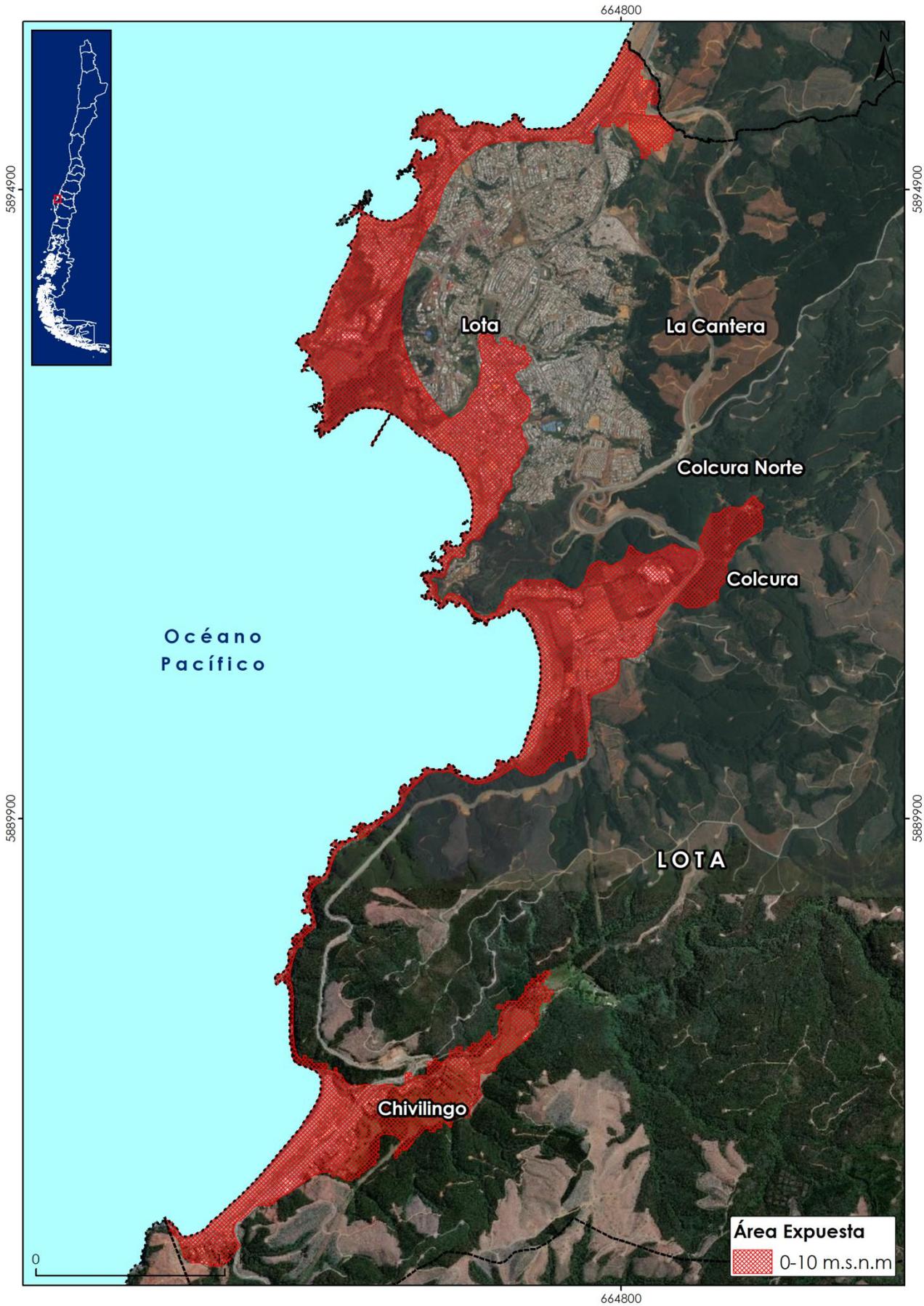
5894900

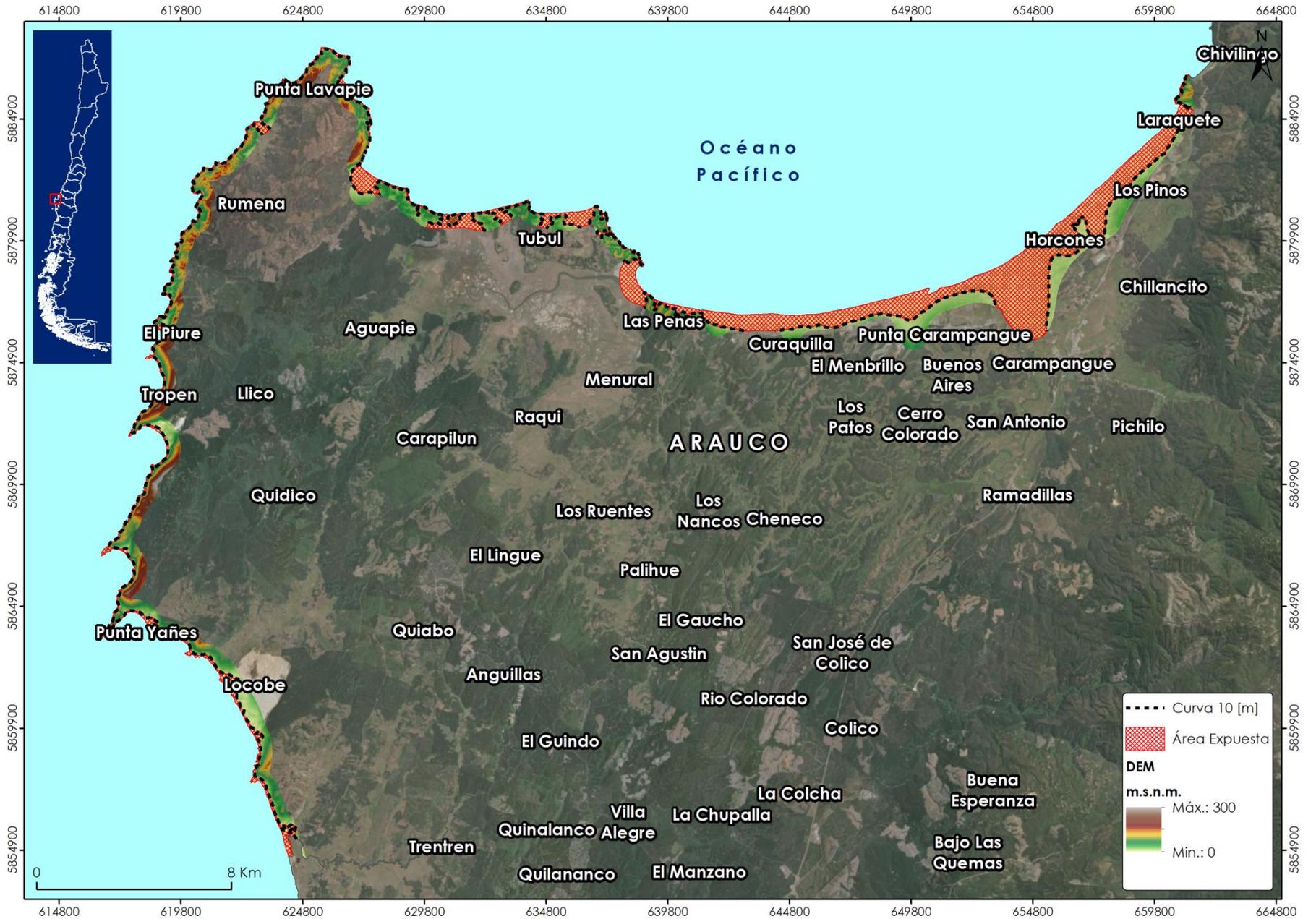
659800

664800

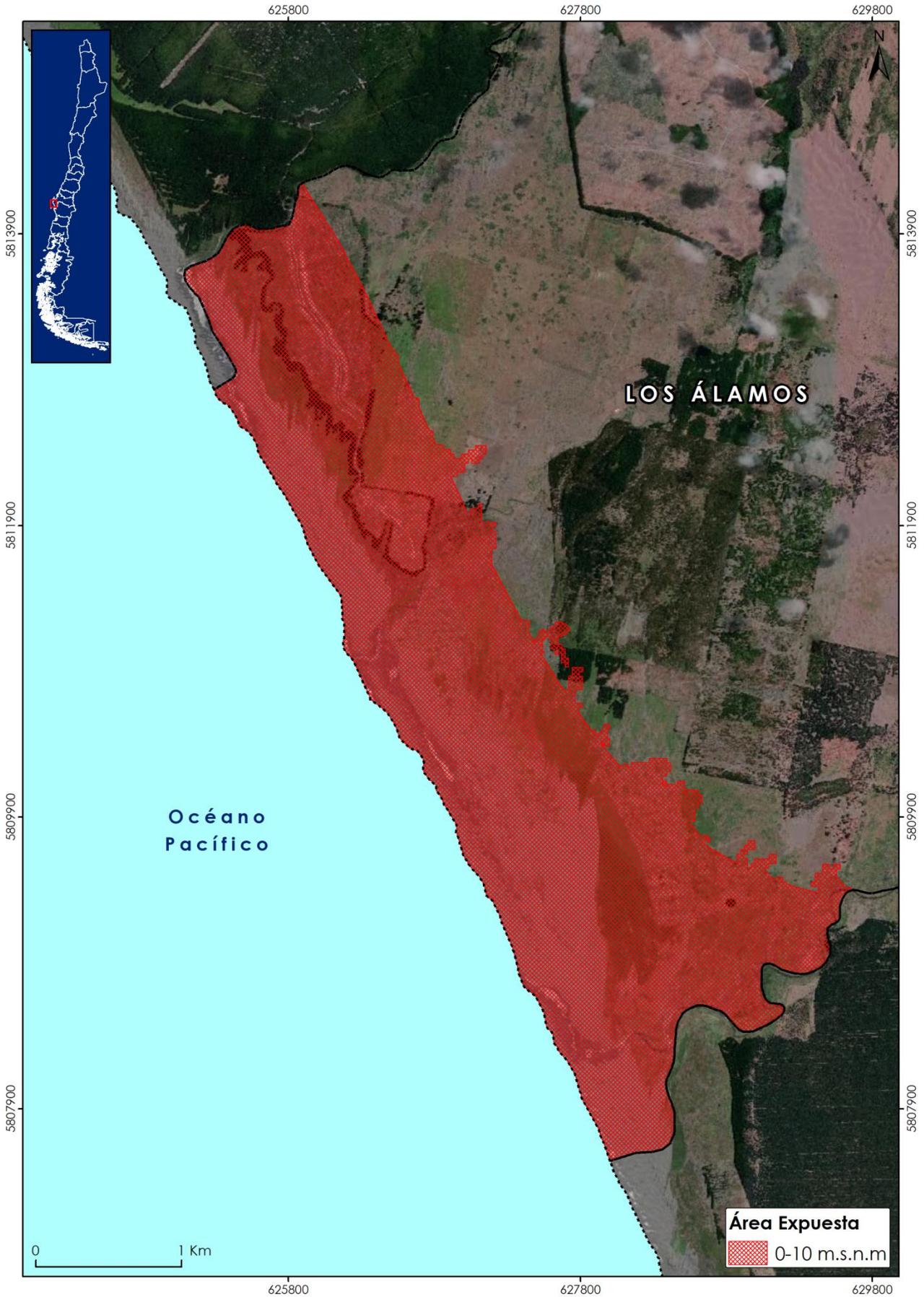
669800

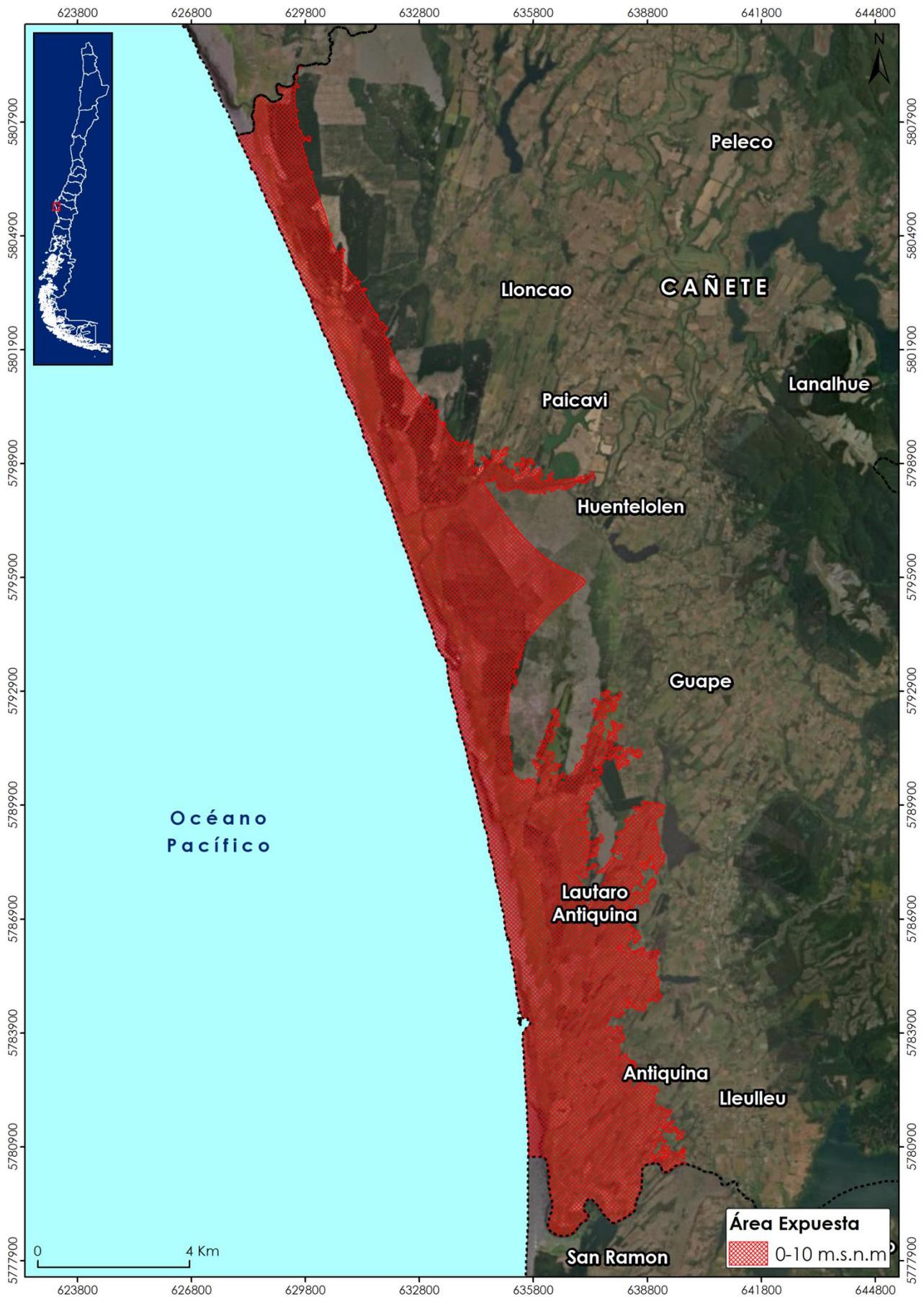


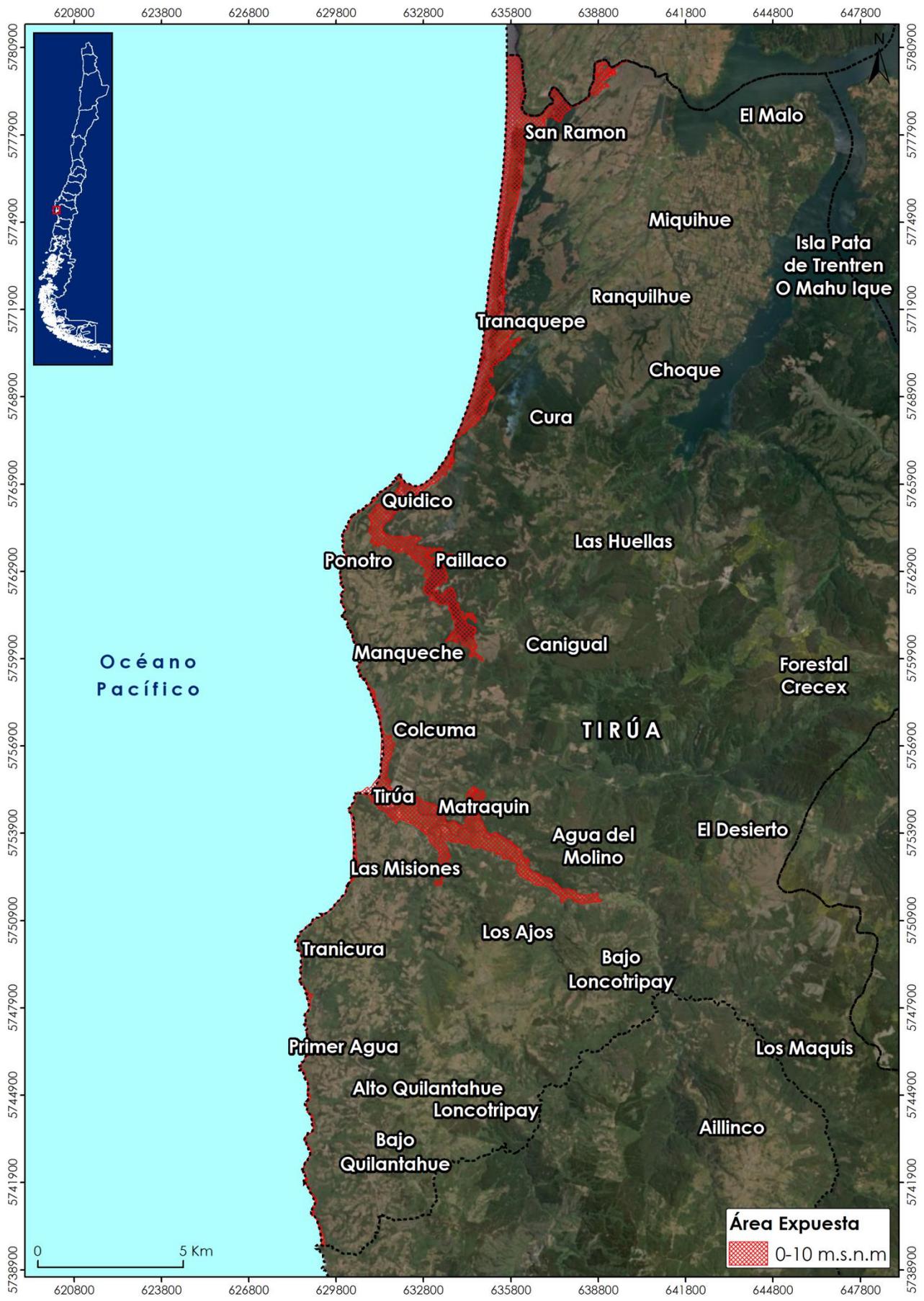


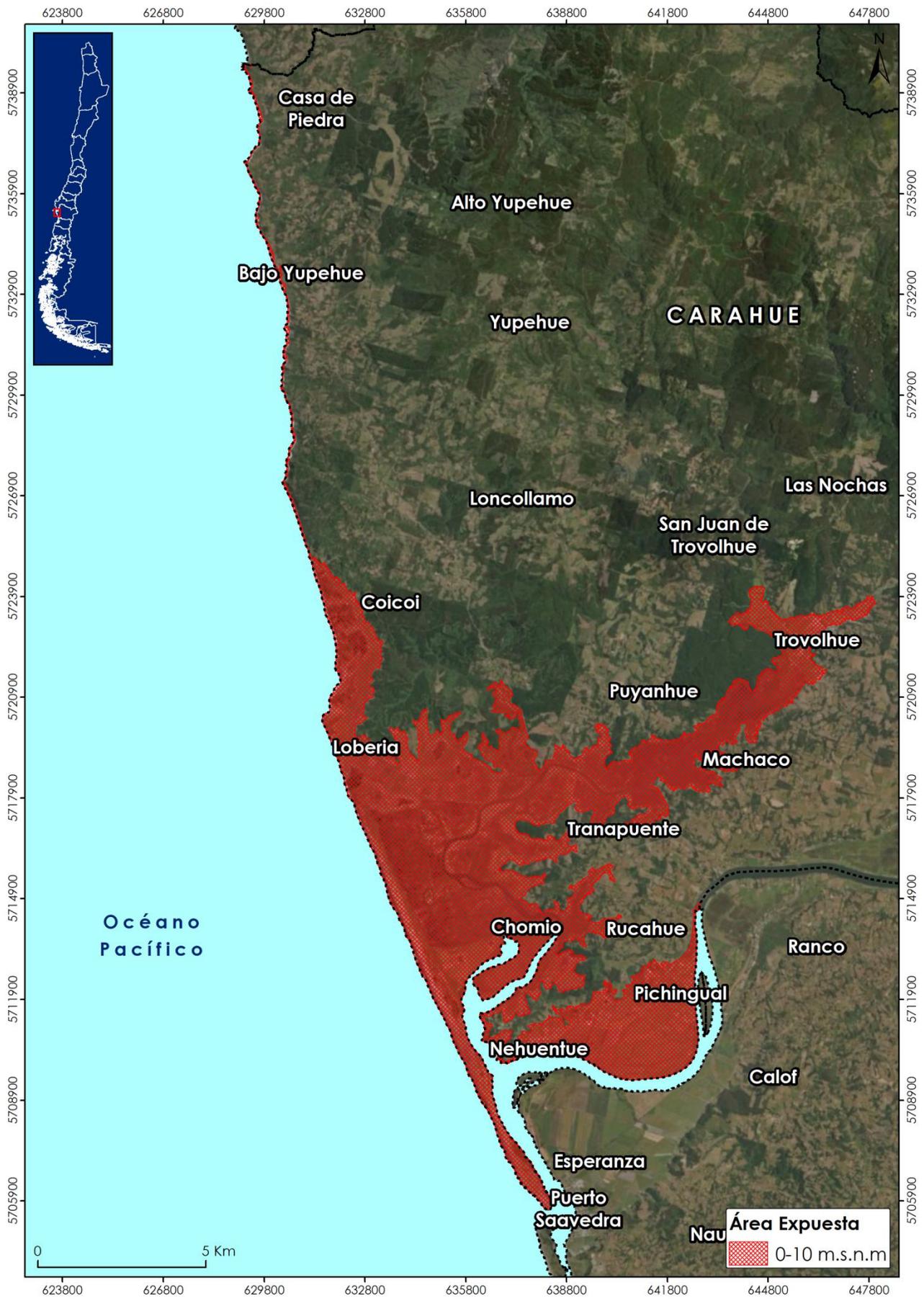


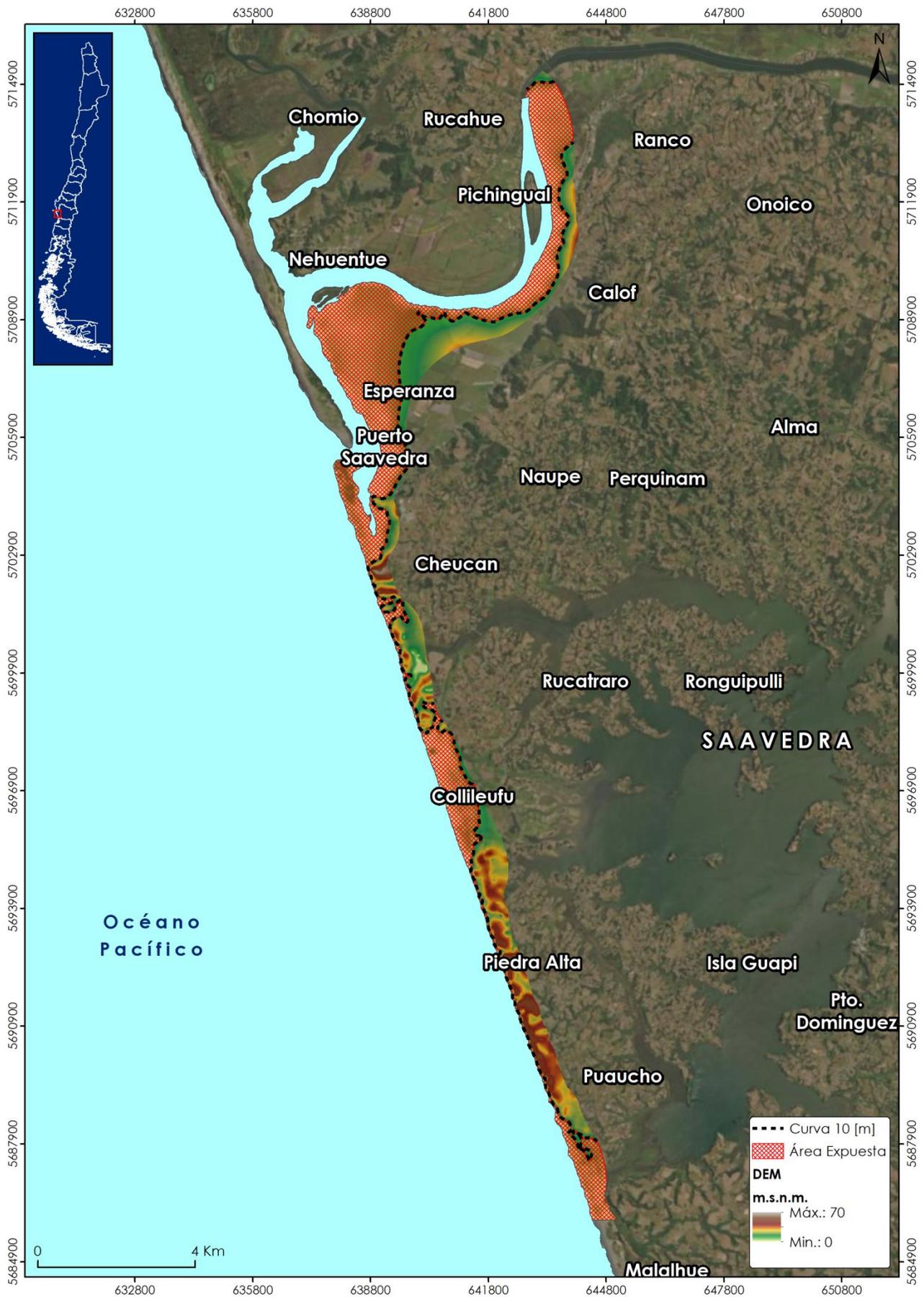


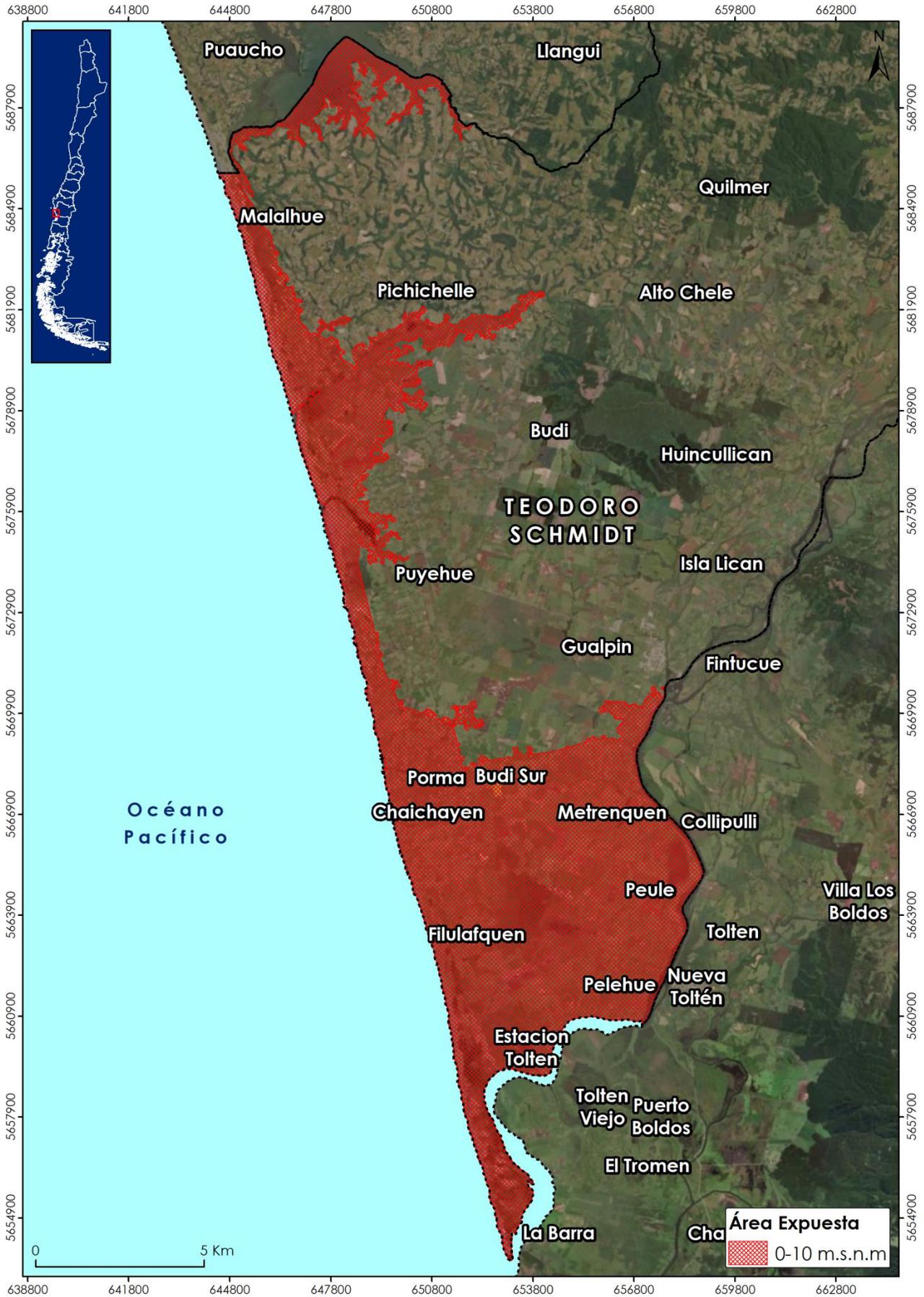


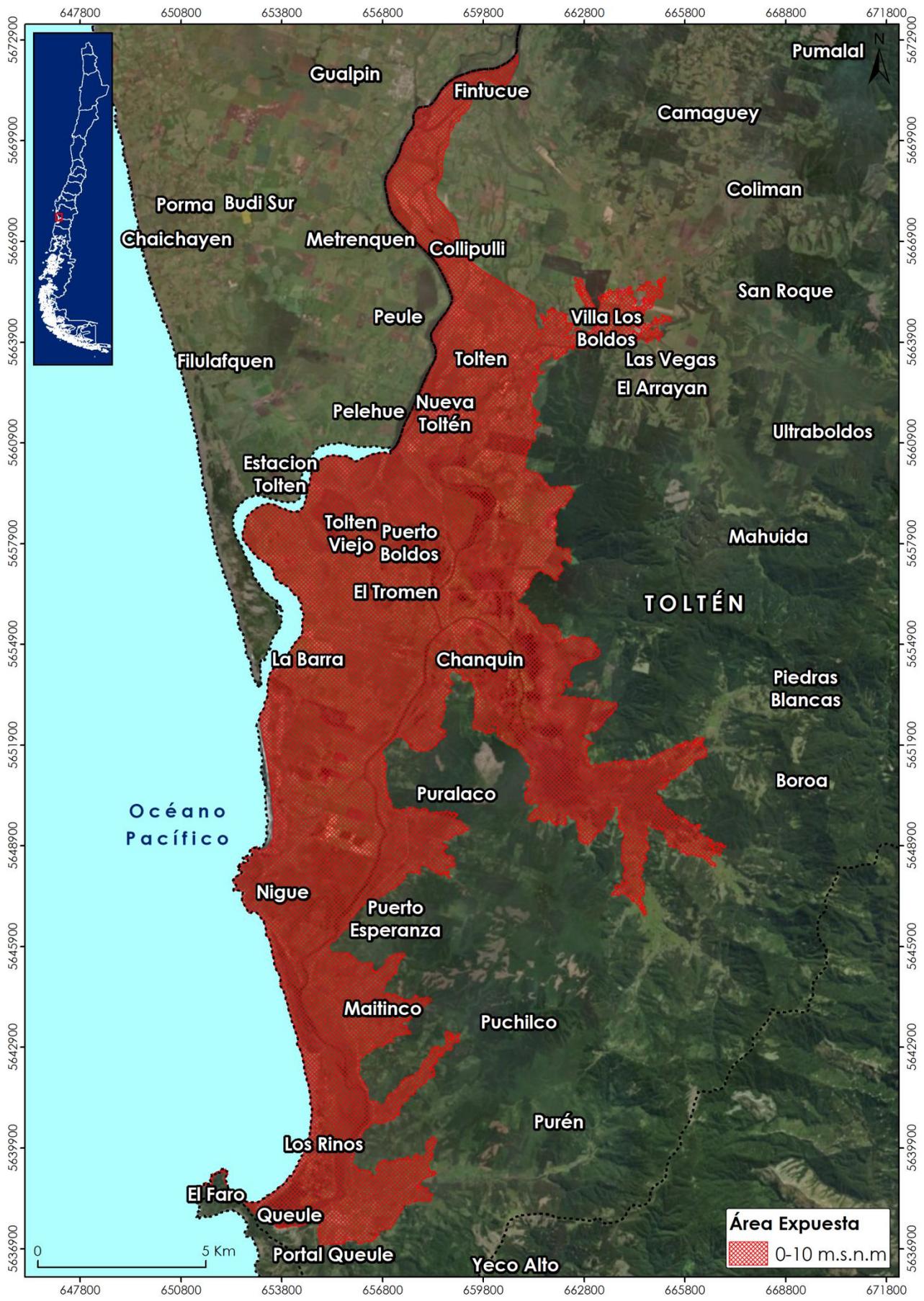




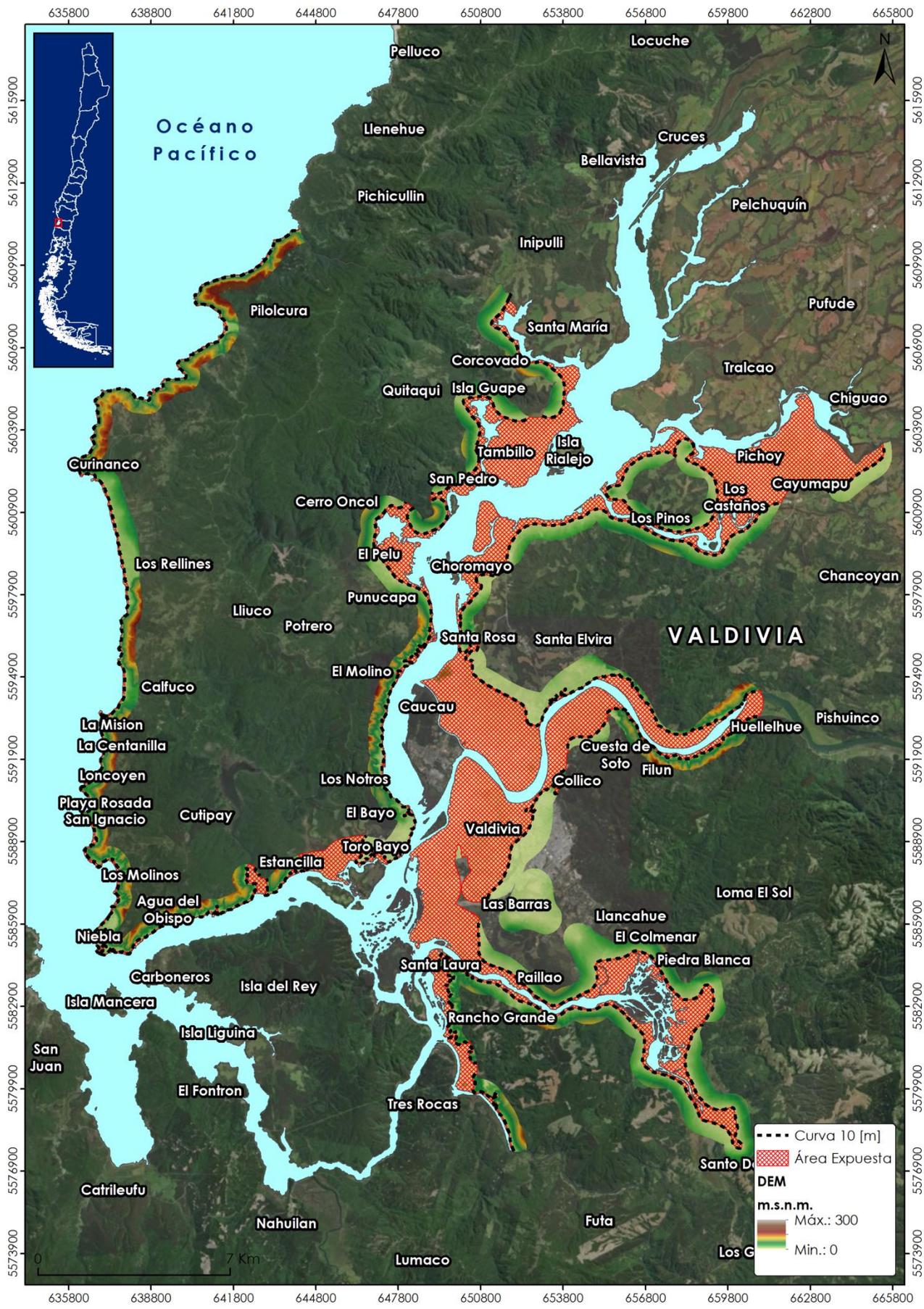












635800 638800 641800 644800 647800 650800 653800 656800 659800 662800 665800

5615900
5612900
5609900
5606900
5603900
5600900
5597900
5594900
5591900
5588900
5585900
5582900
5579900
5576900
5573900



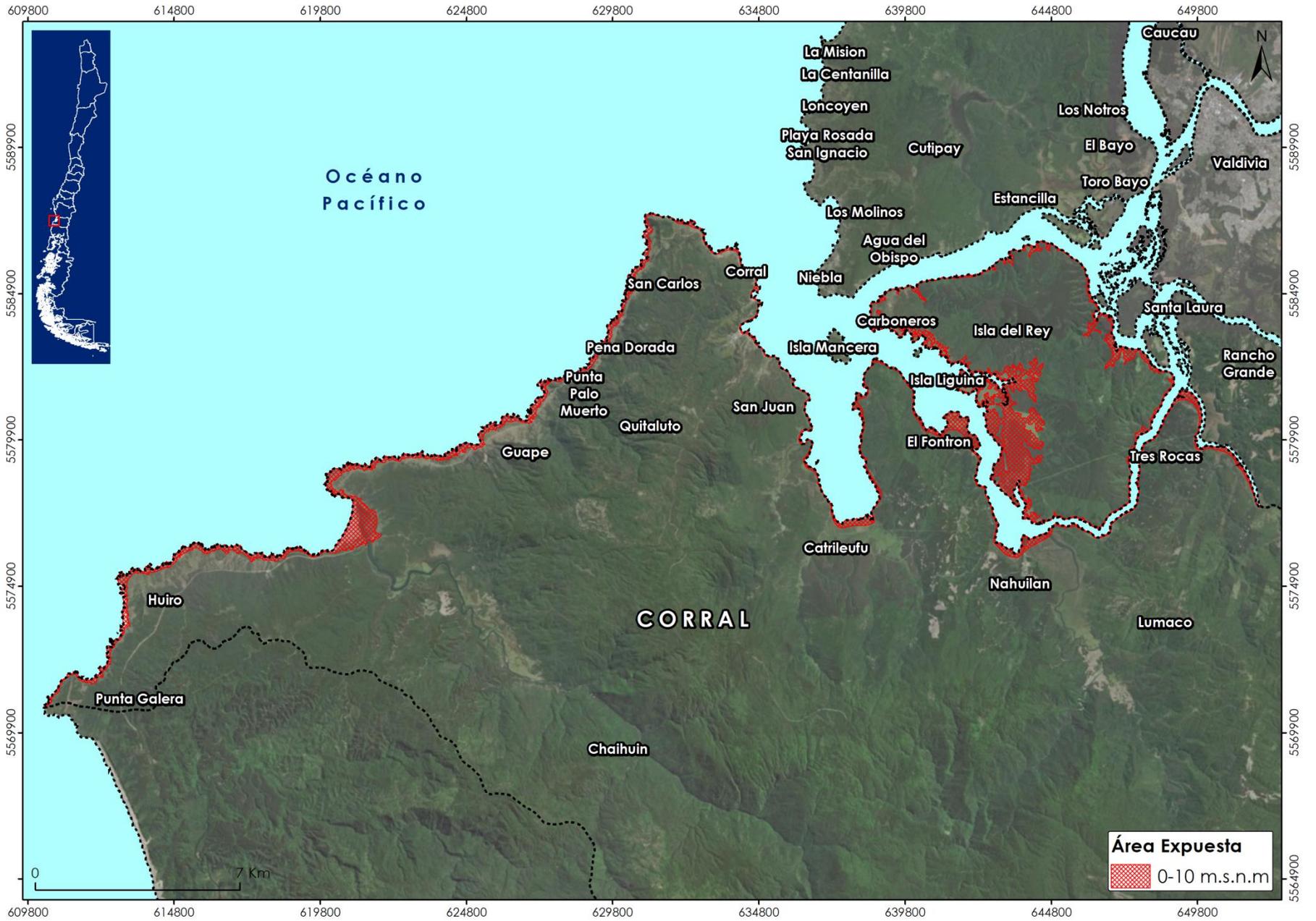
Océano
Pacífico

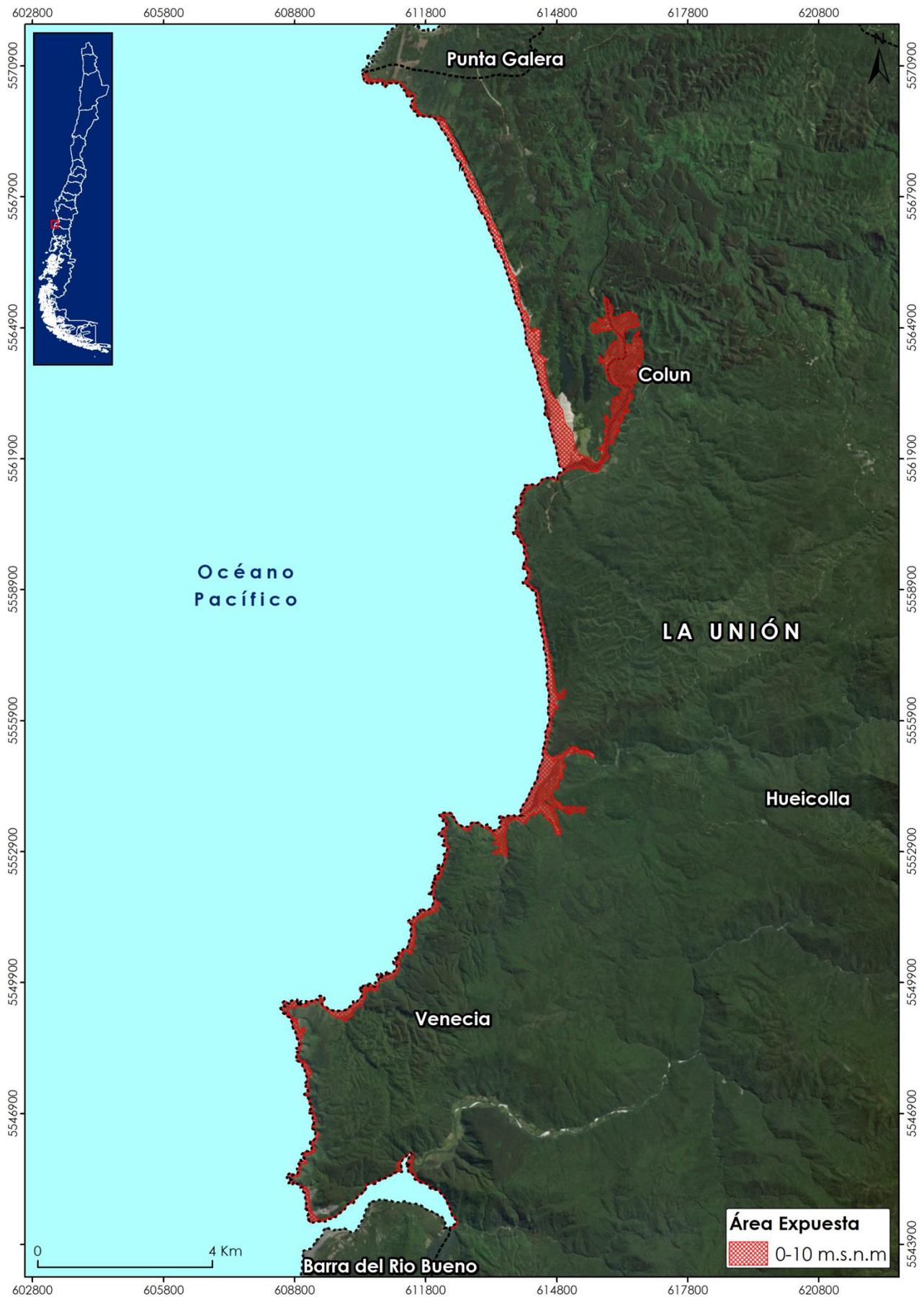
VALDIVIA

- Curva 10 [m]
- Área Expuesta
- DEM
- m.s.n.m.
- Máx.: 300
- Min.: 0

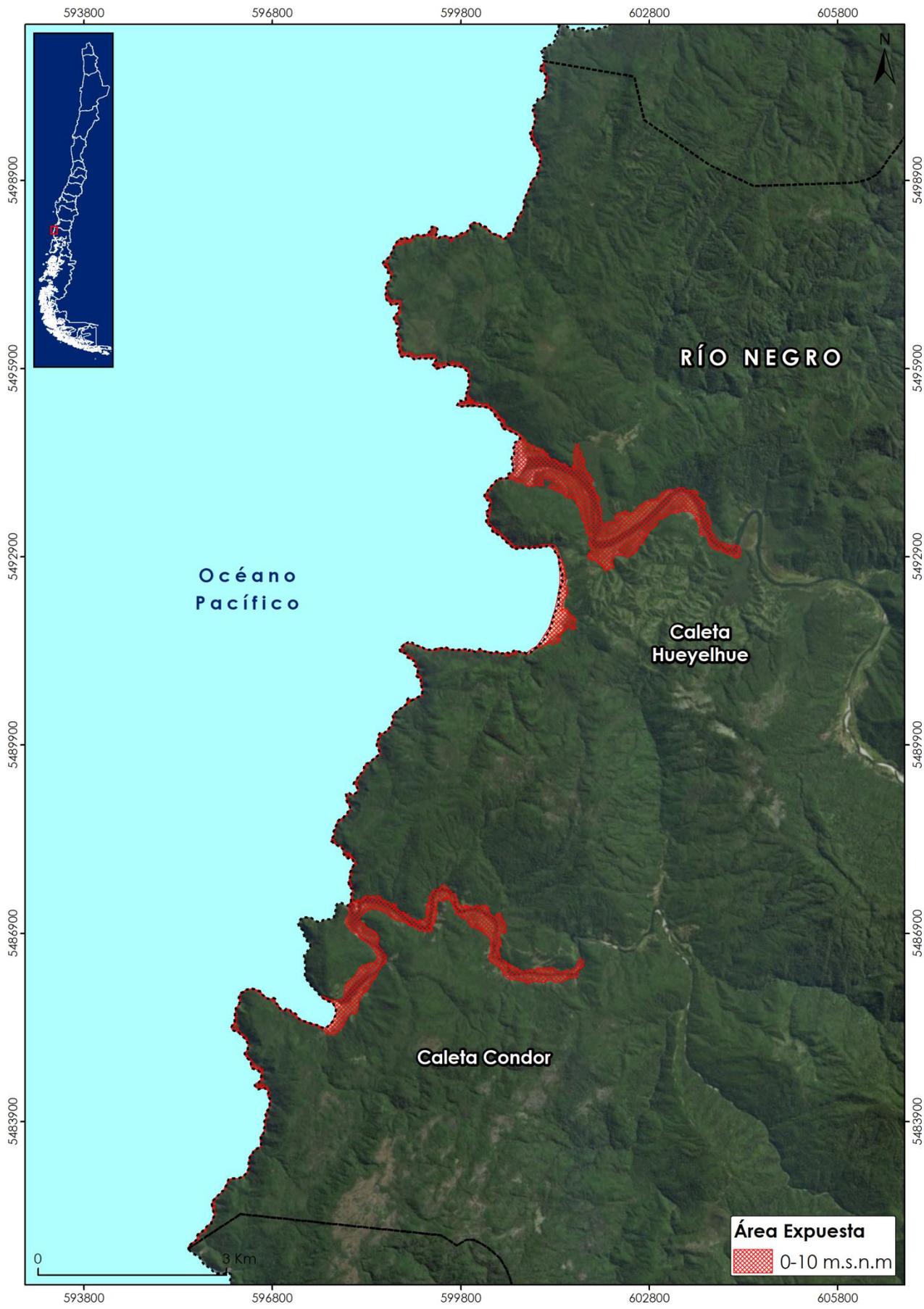
0 7 Km

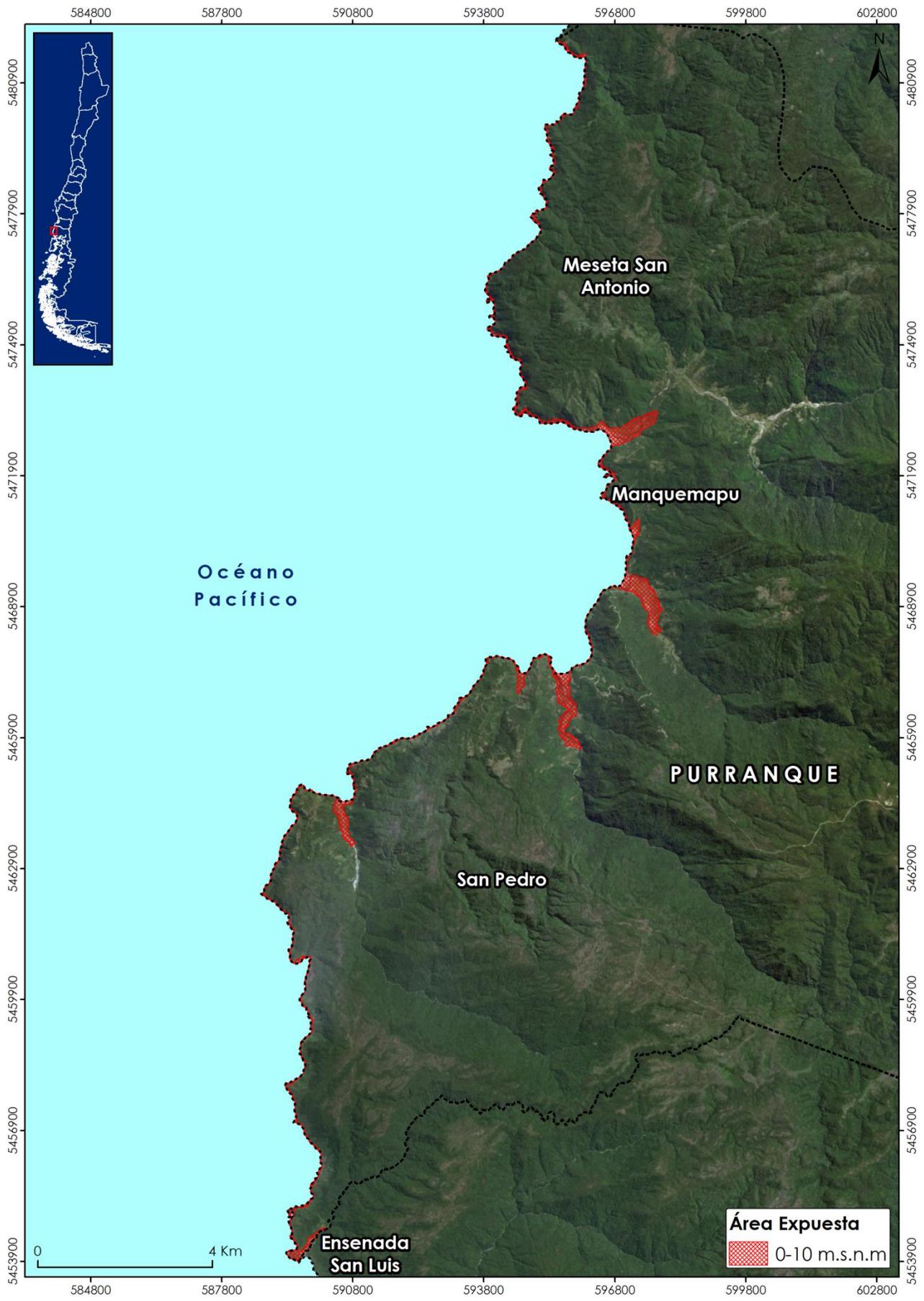
635800 638800 641800 644800 647800 650800 653800 656800 659800 662800 665800



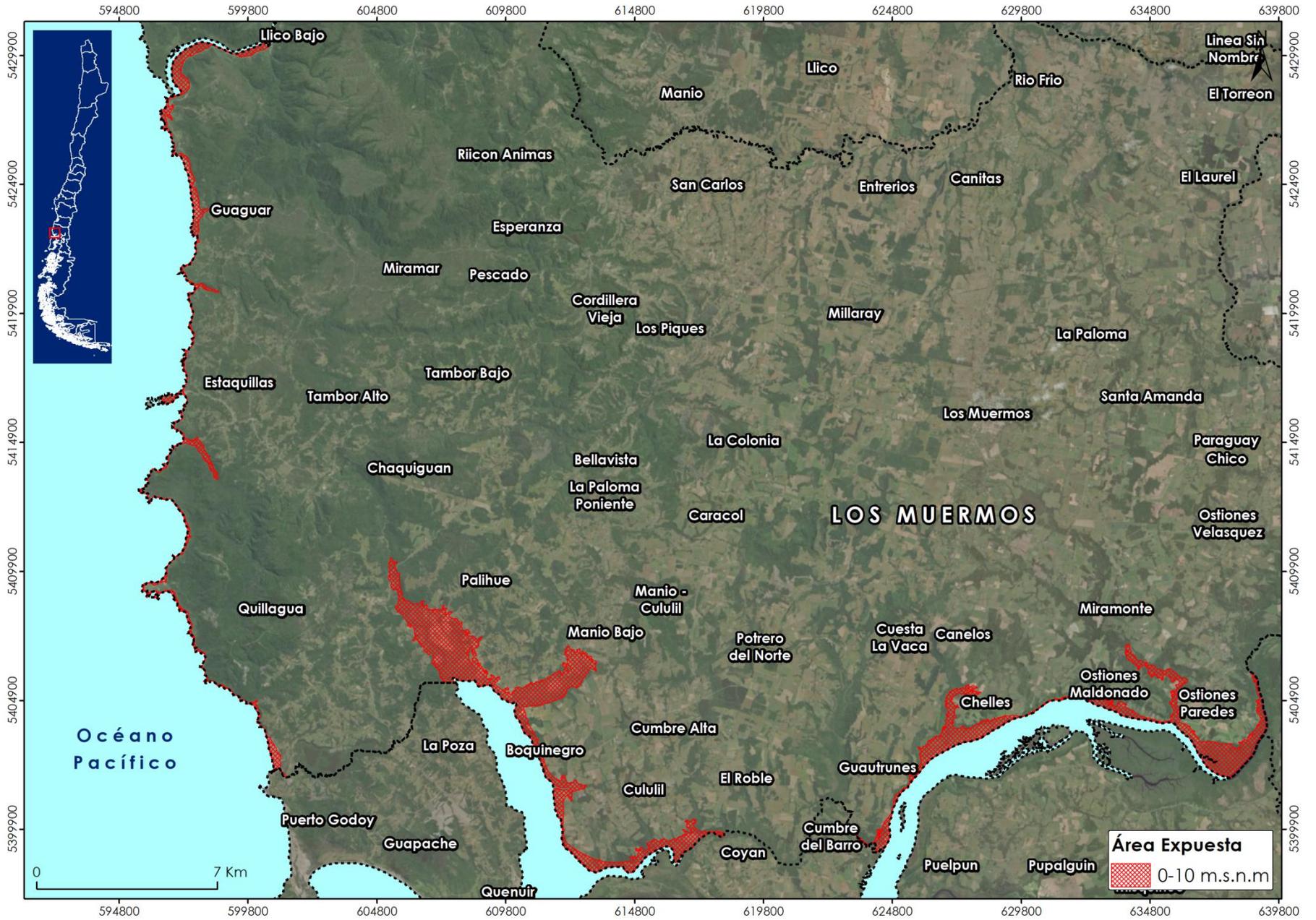


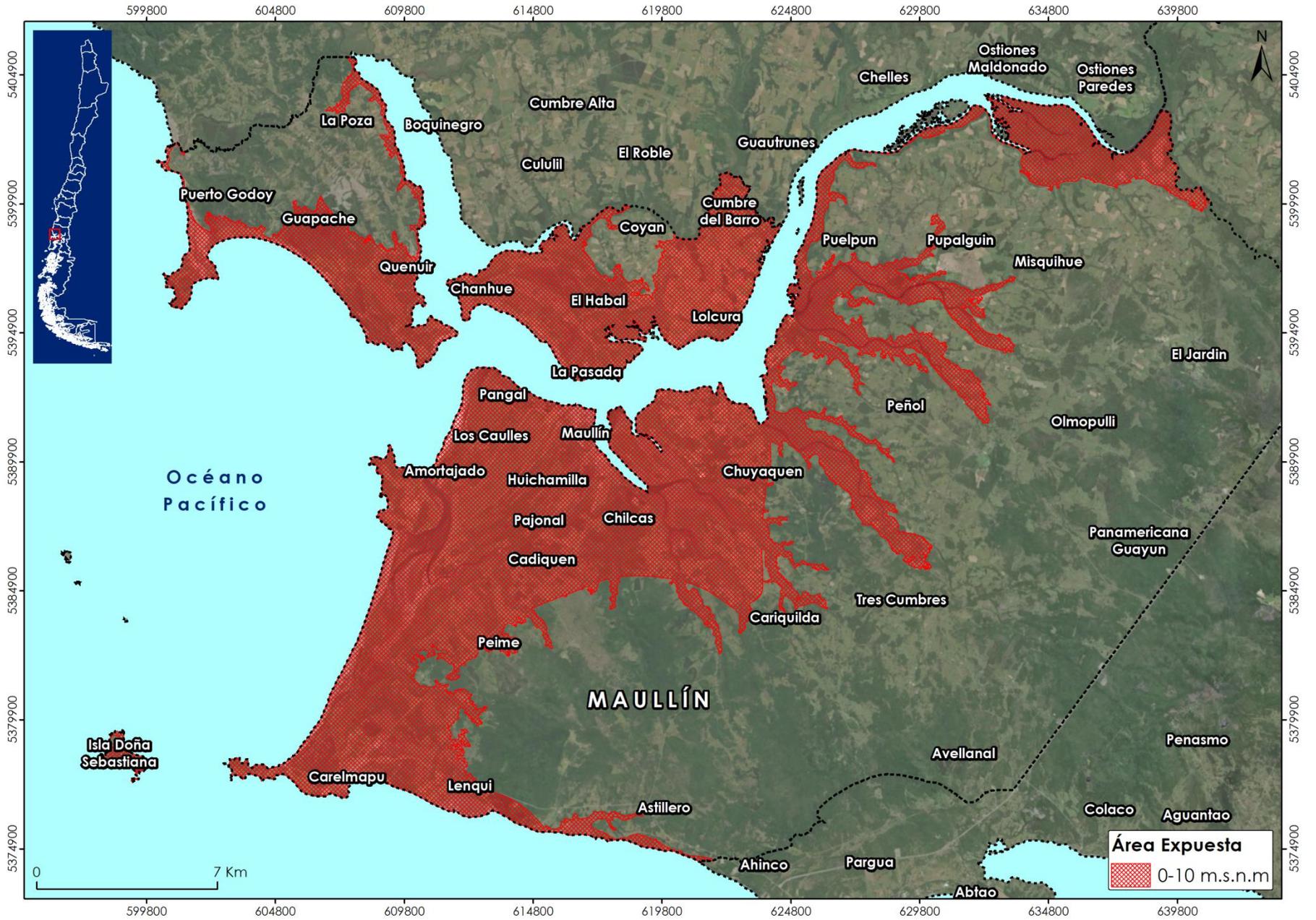


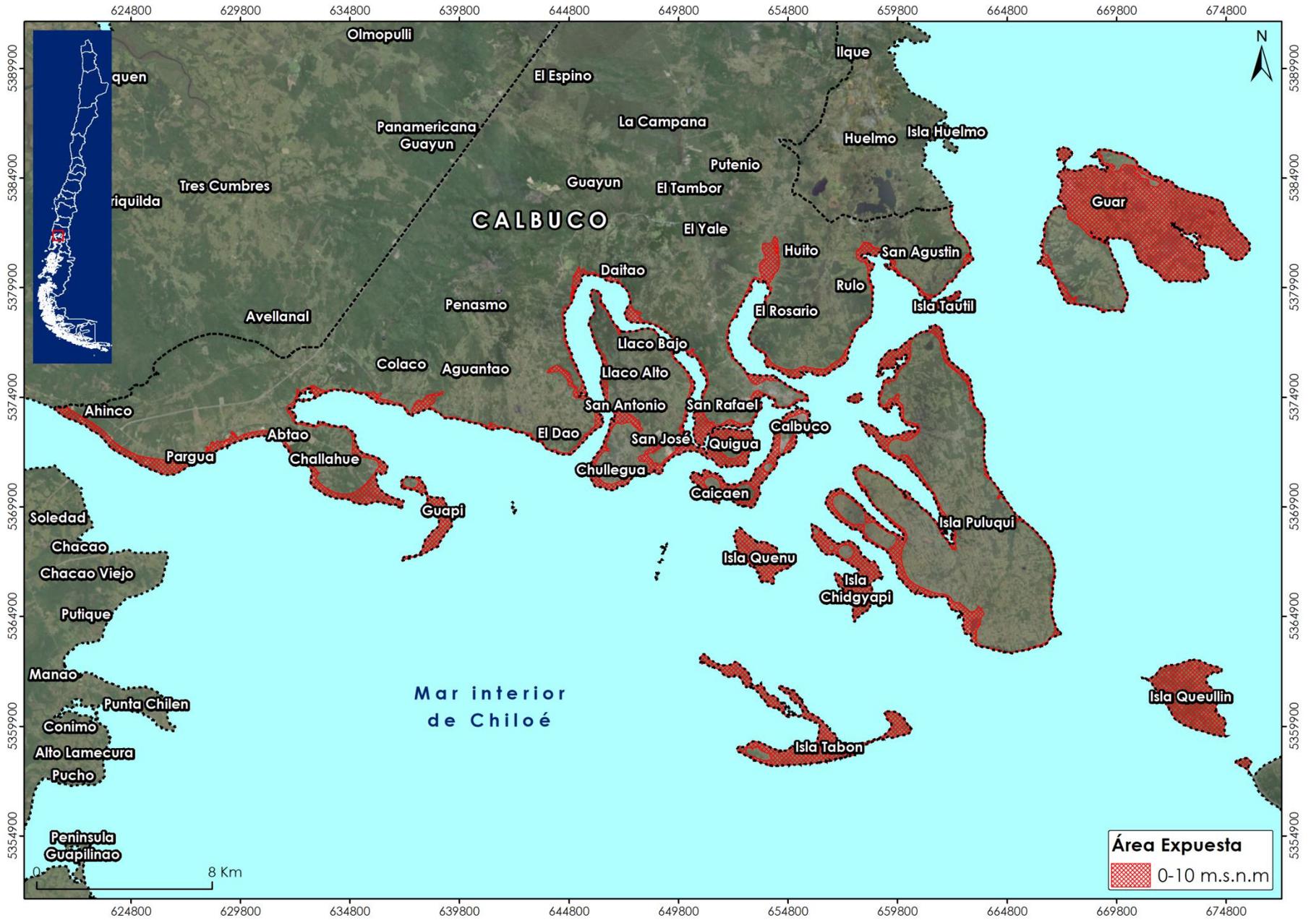


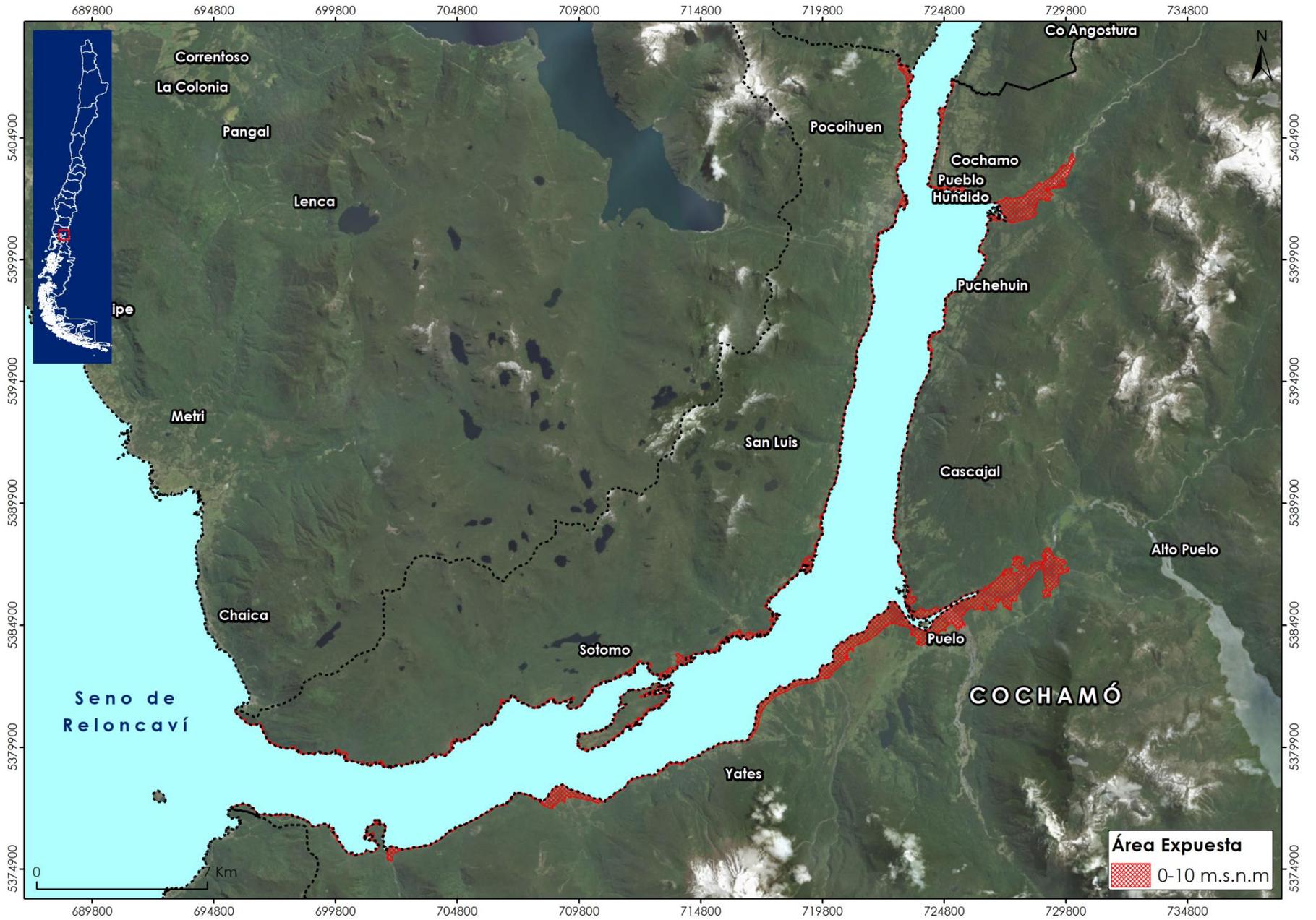


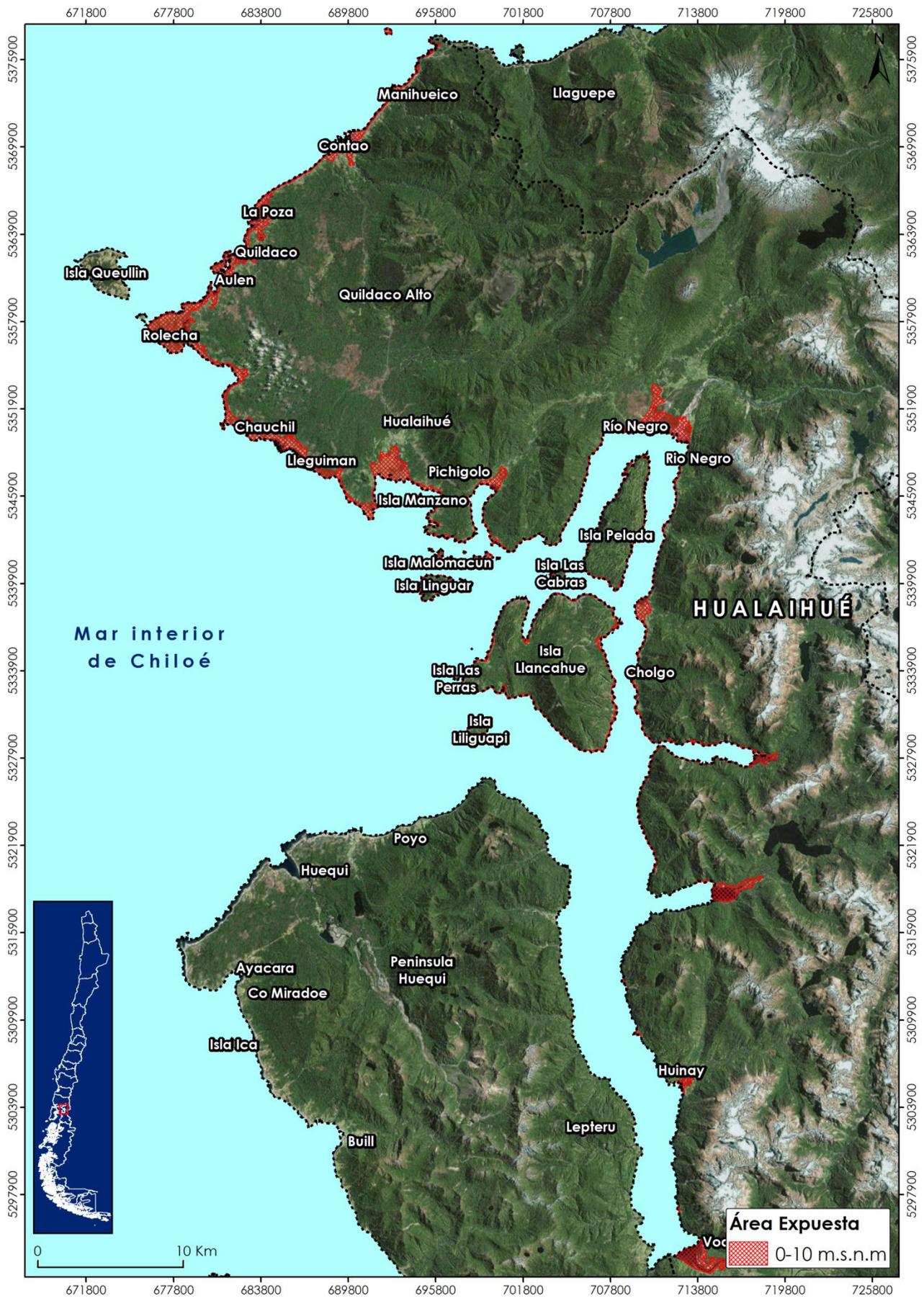


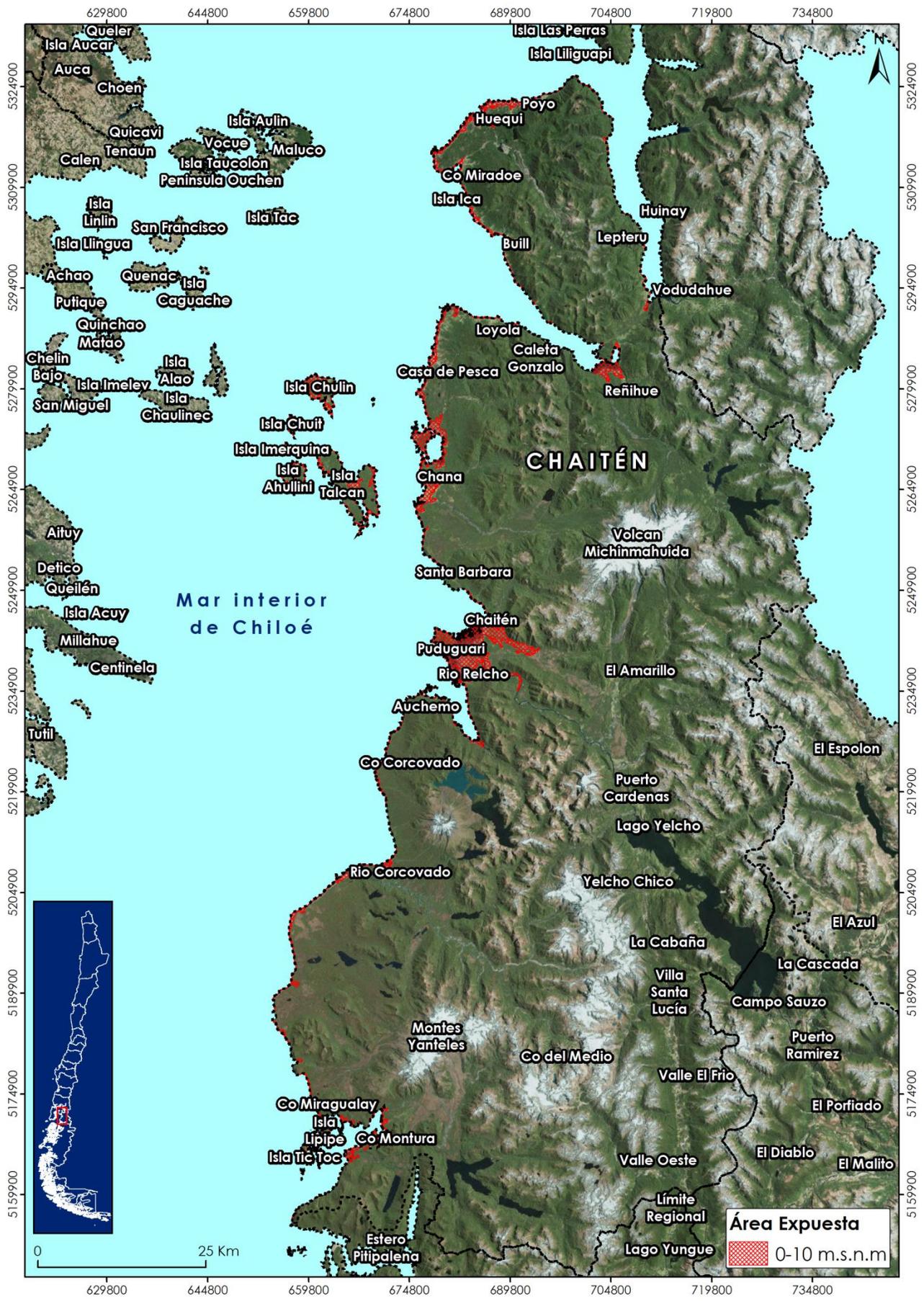


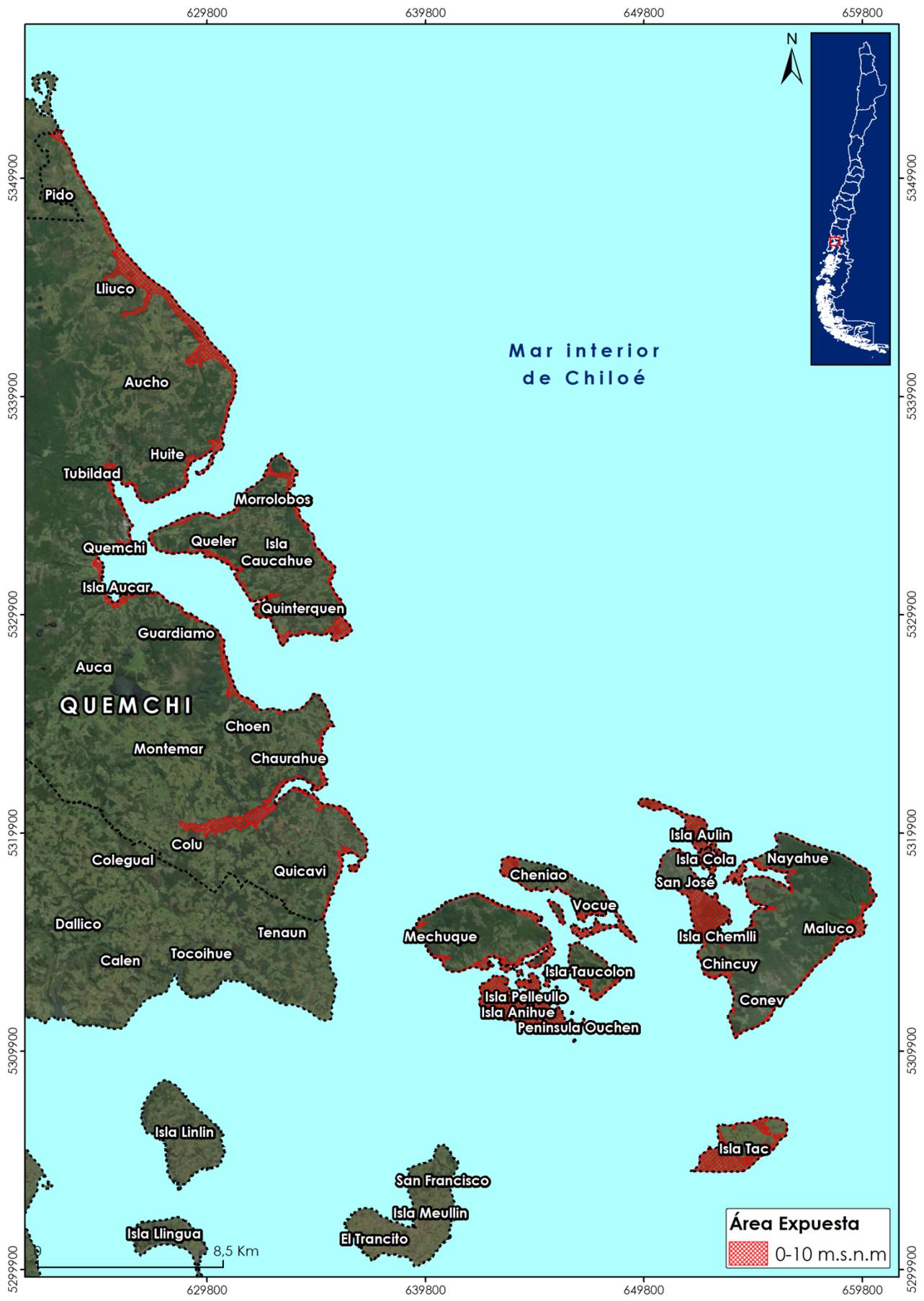










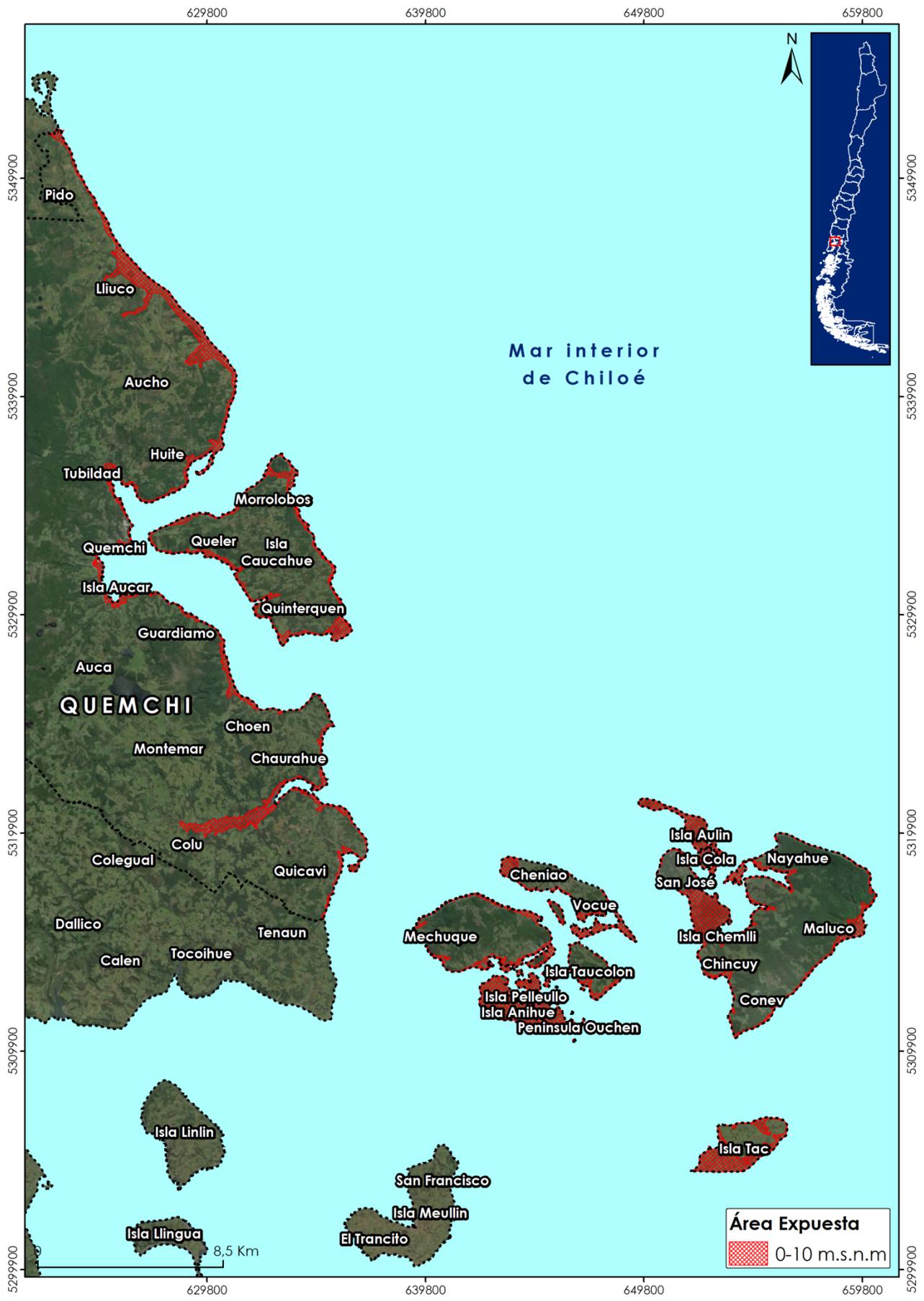


Mar interior
de Chiloé

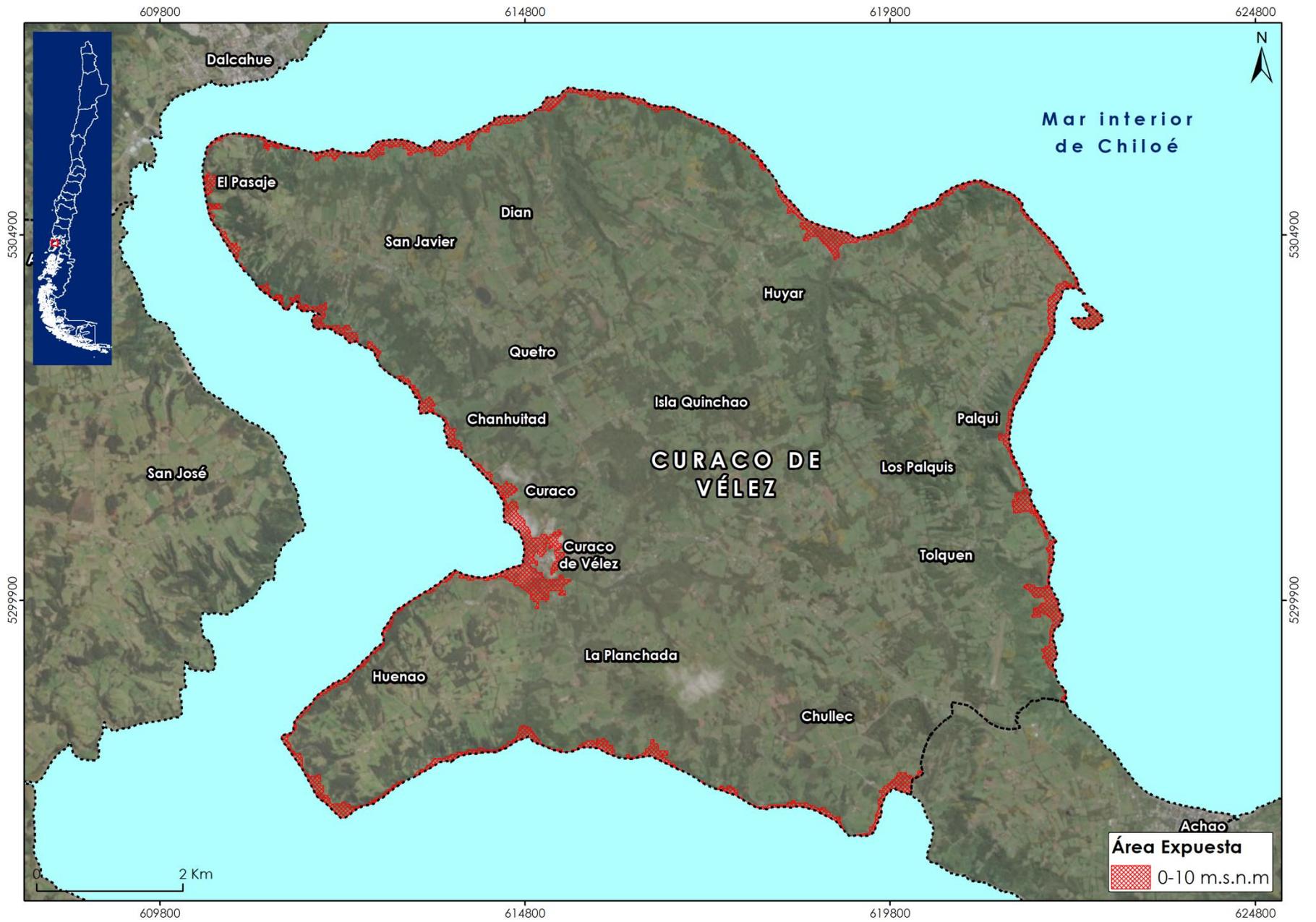
QUEMCHI

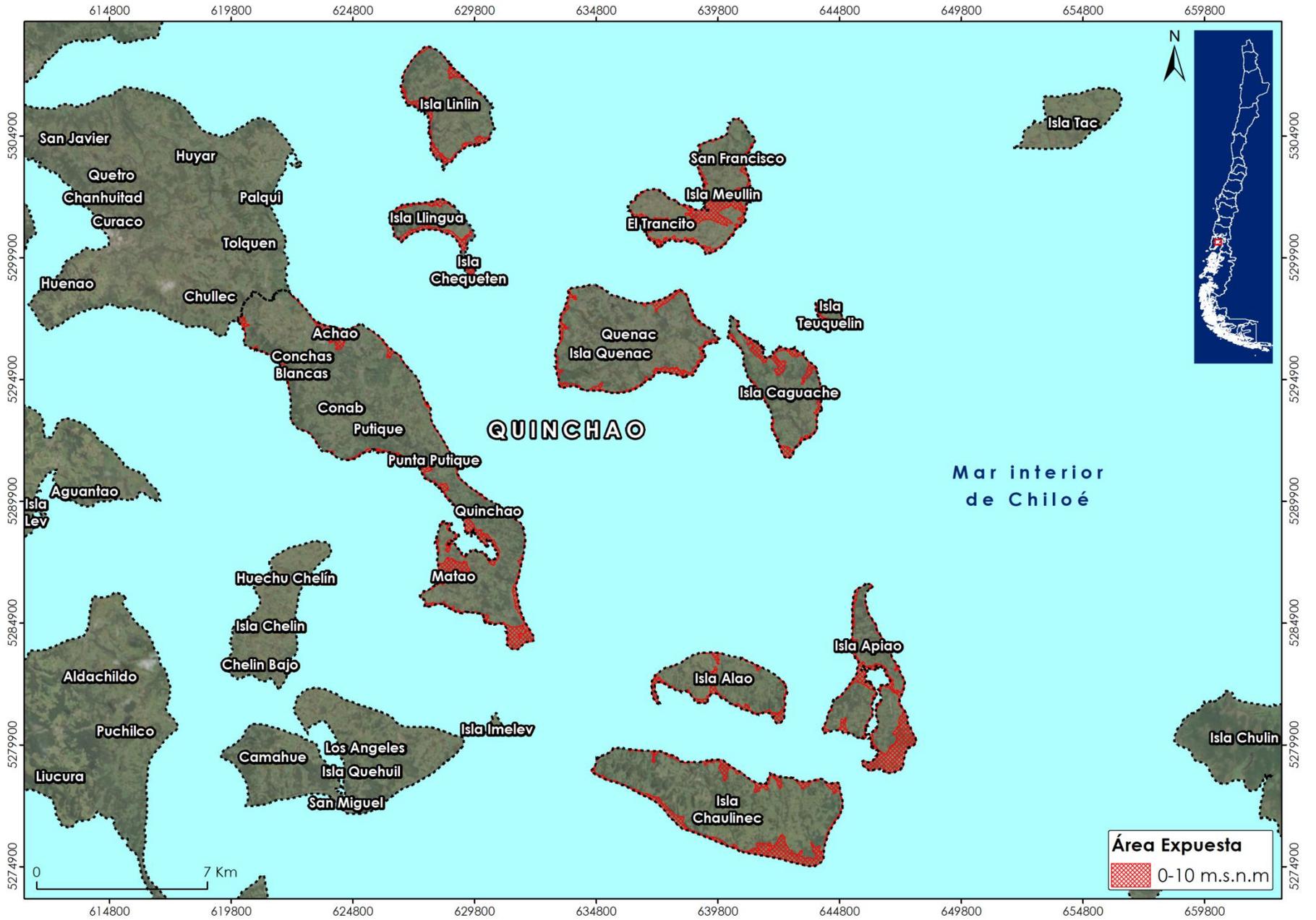
Área Expuesta
0-10 m.s.n.m

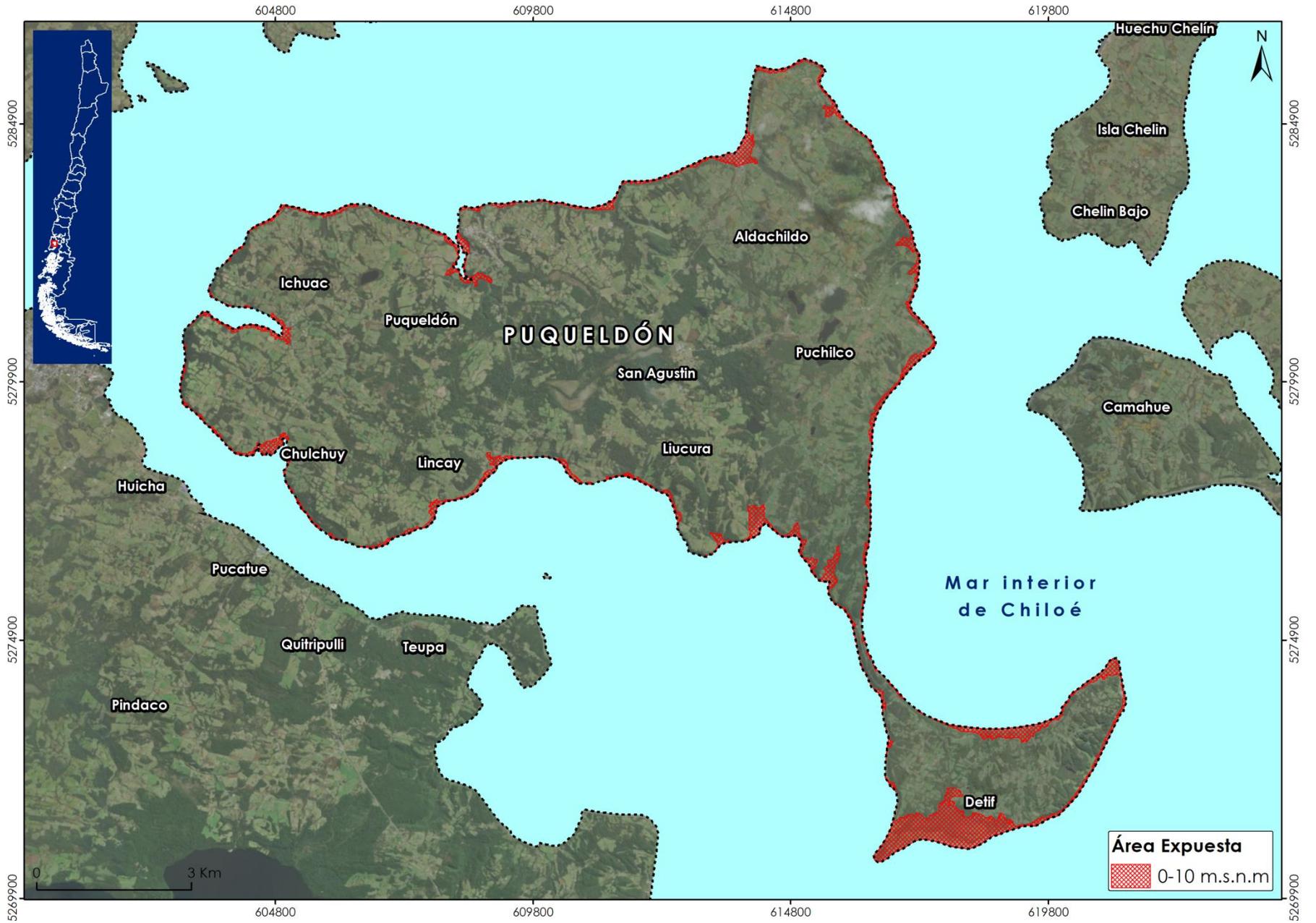
8,5 Km



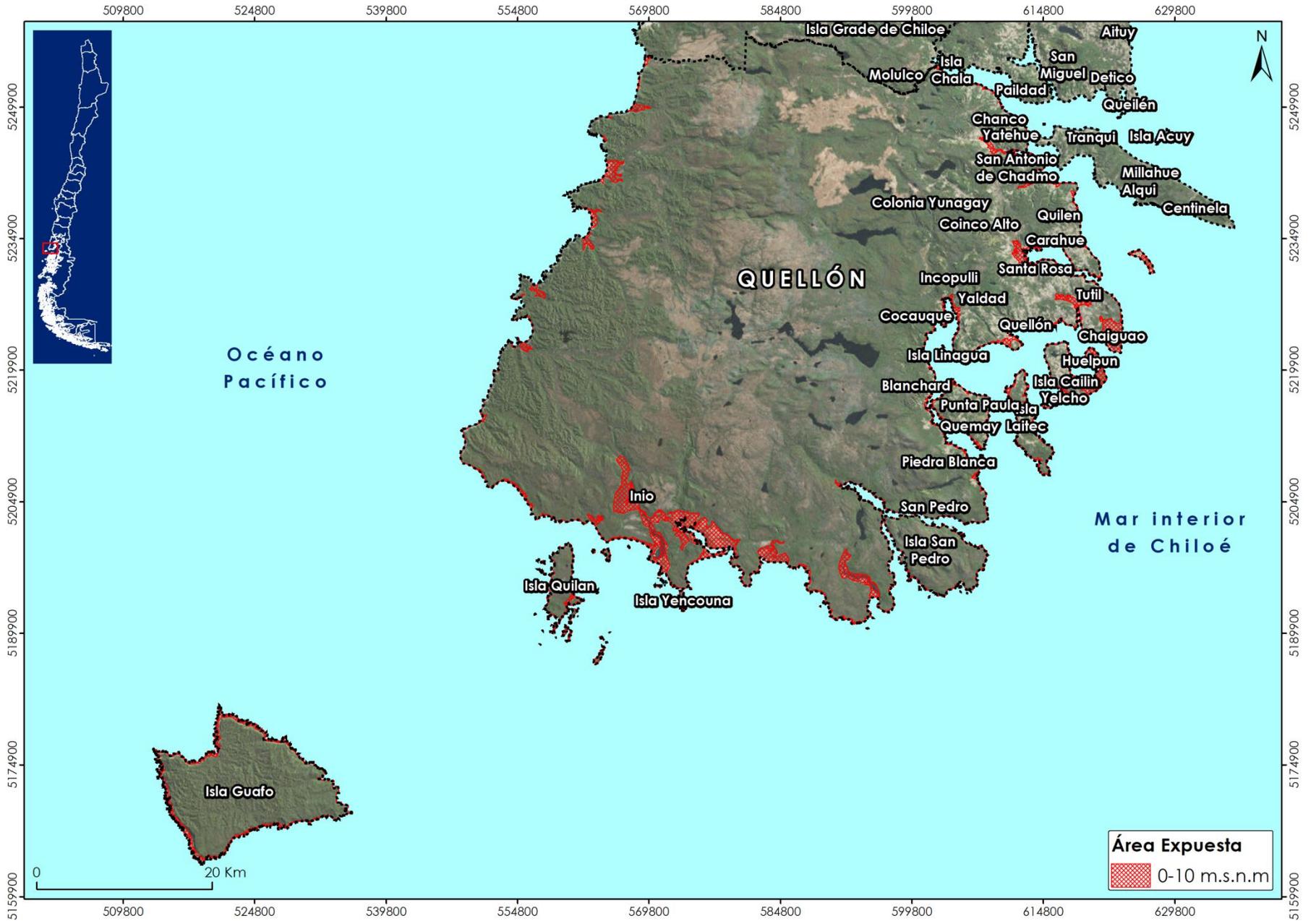


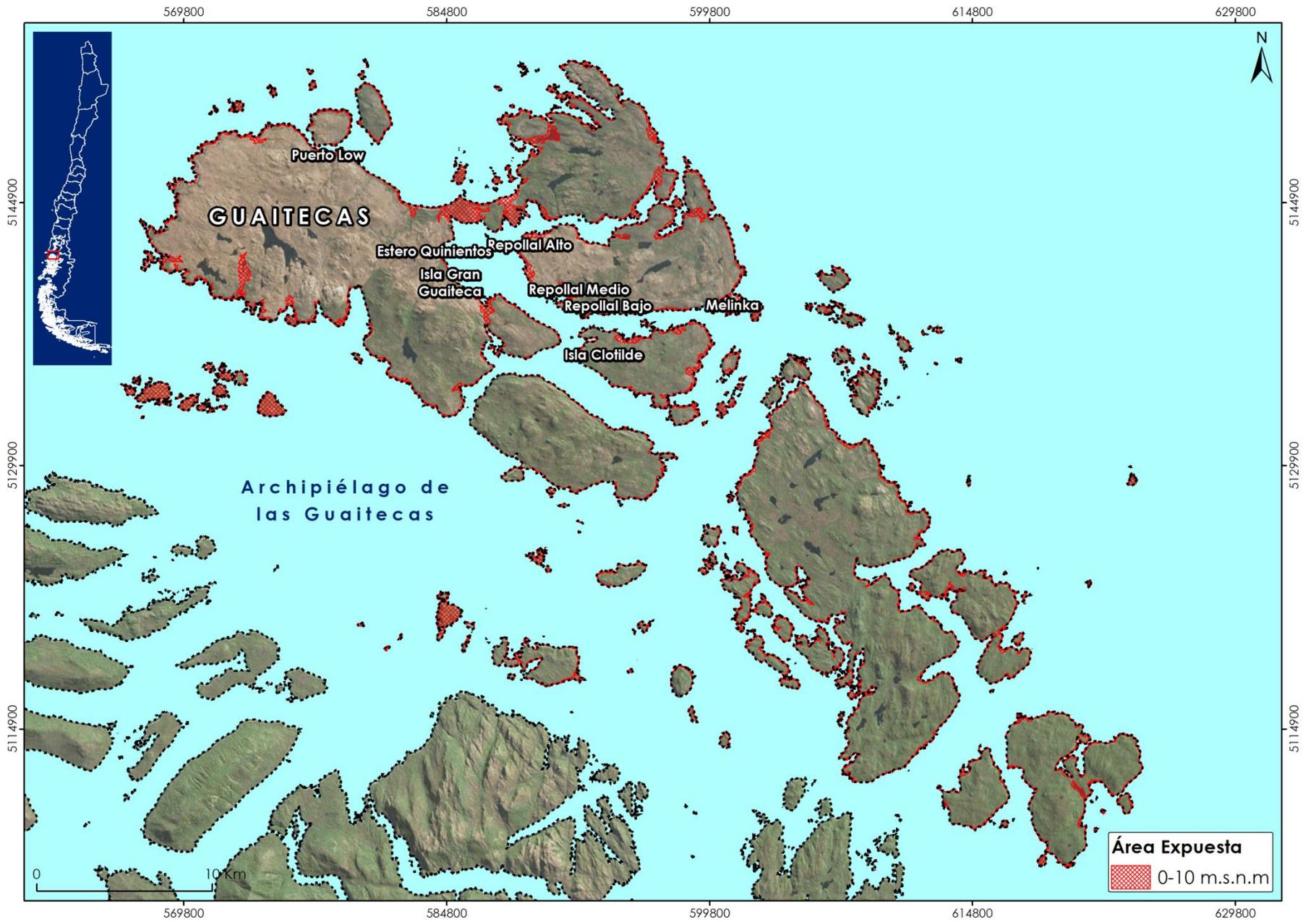




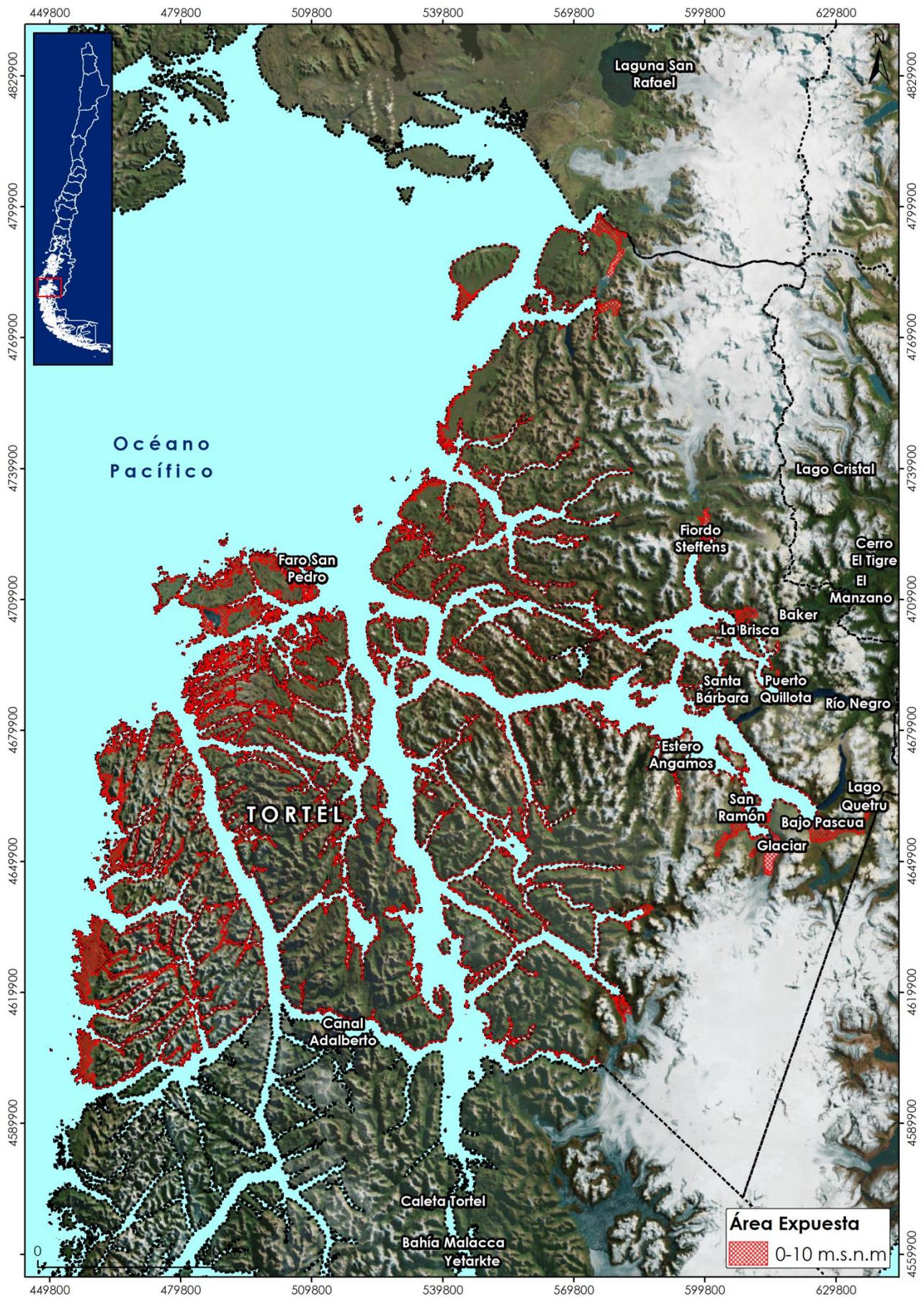


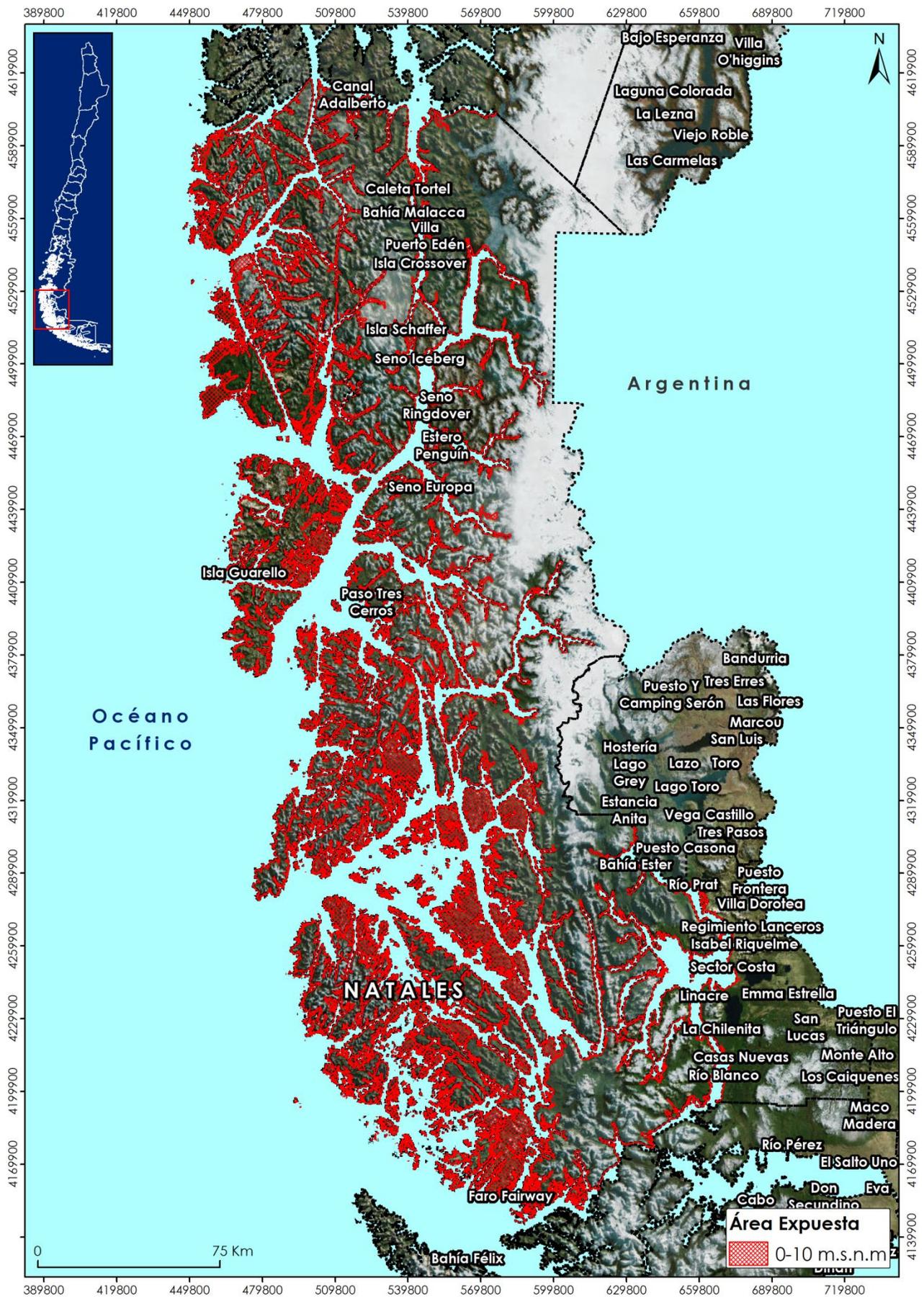


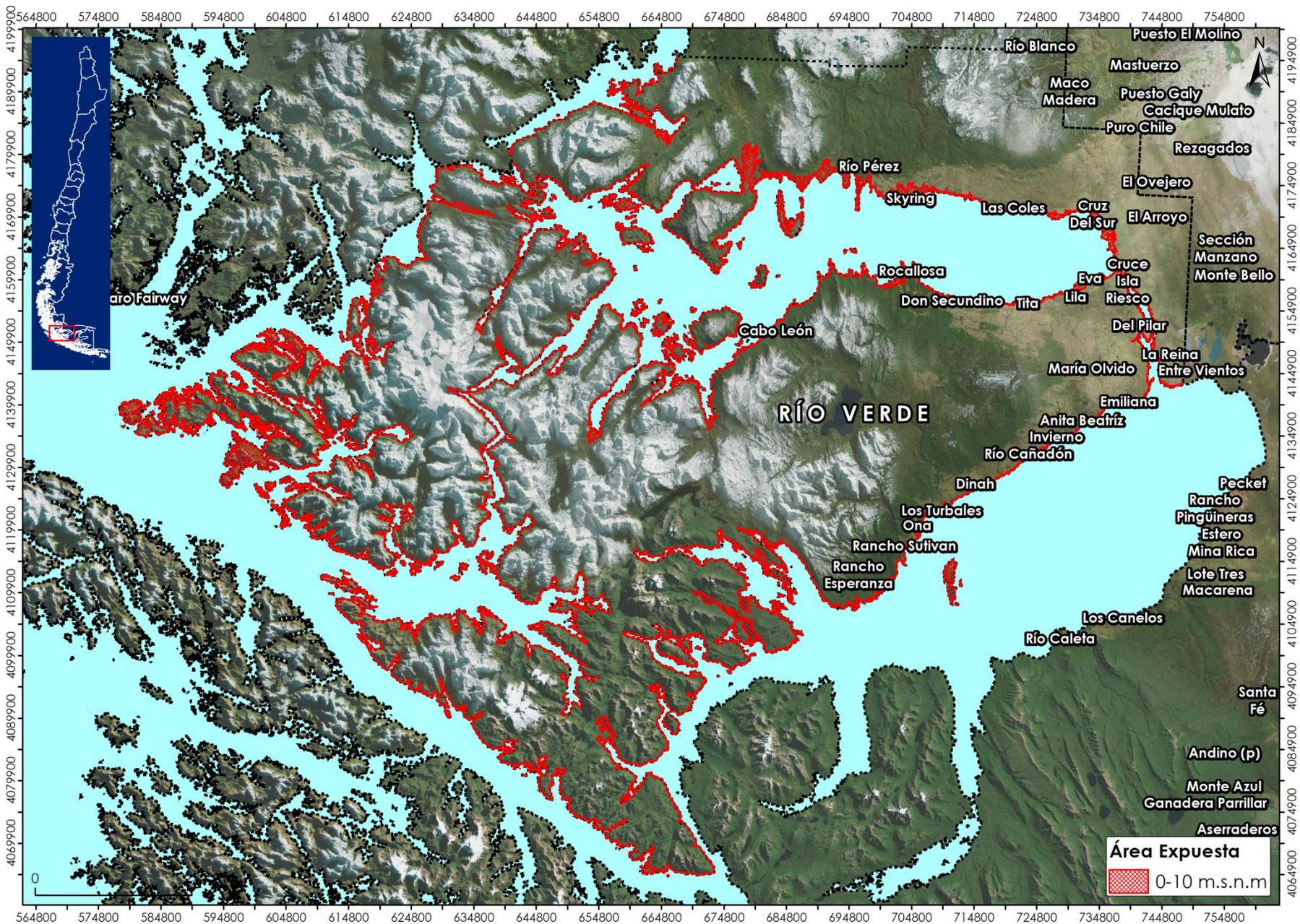


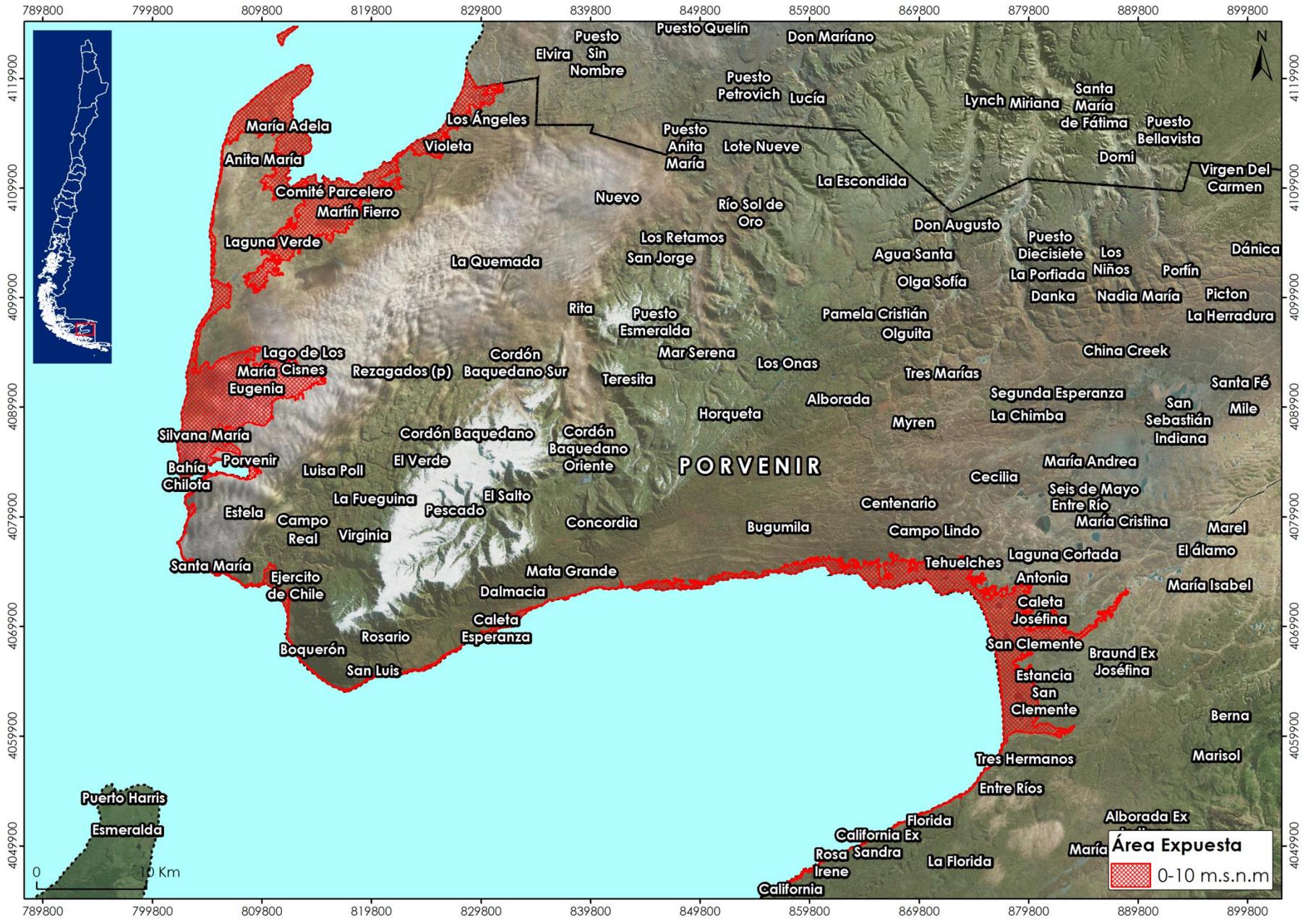


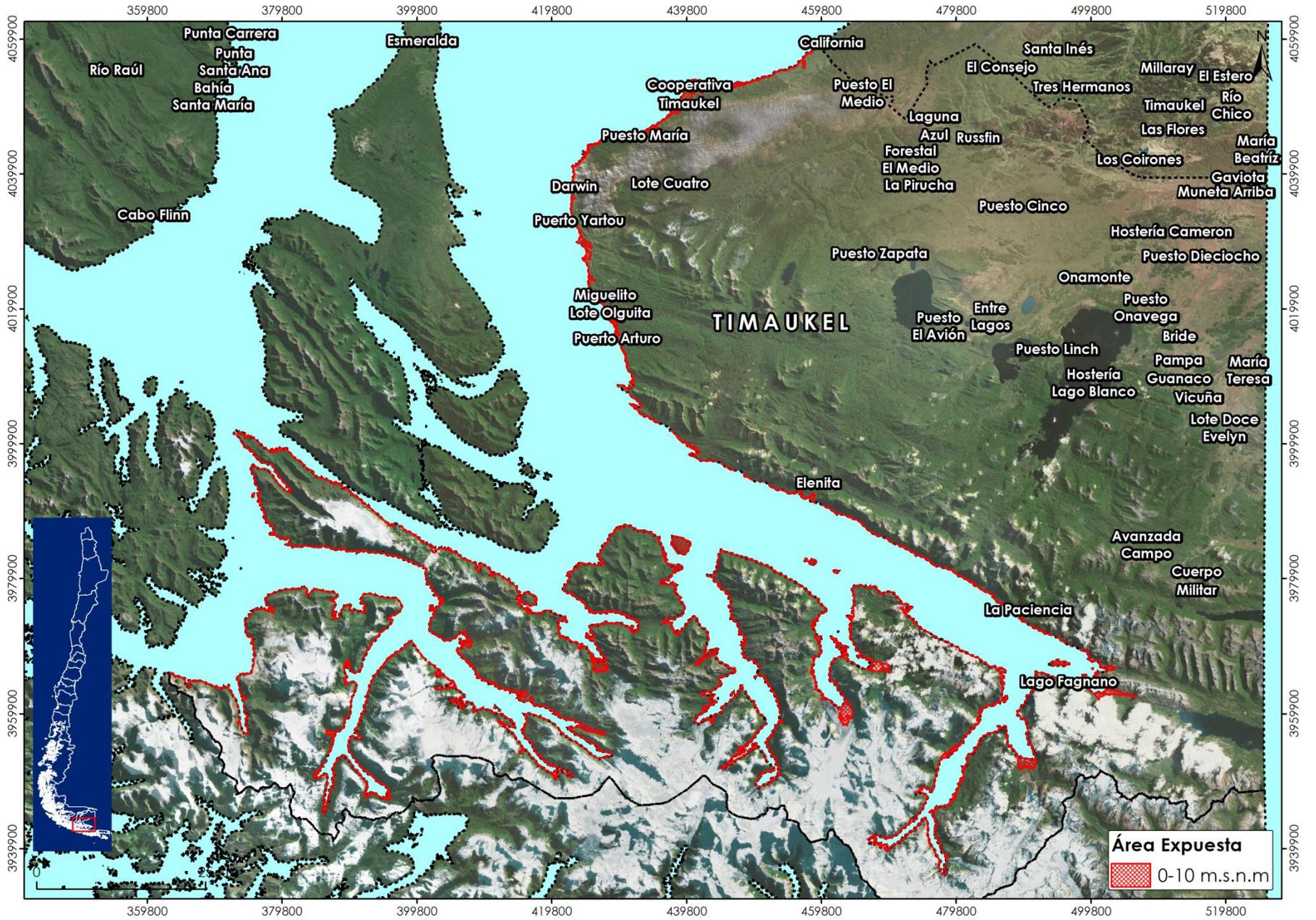


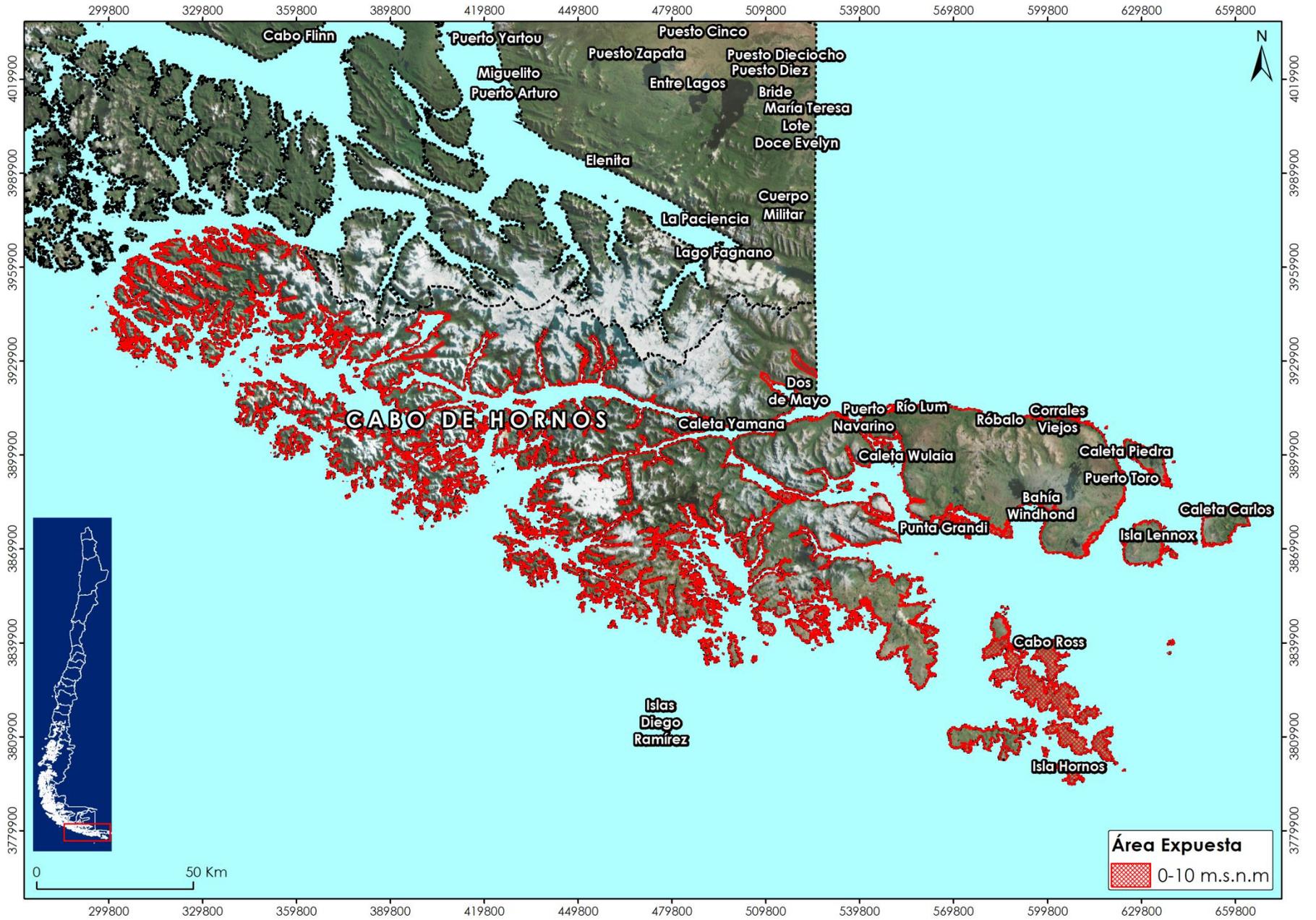












CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EXPUESTA EN COMUNAS COSTERAS E INTERIORES

COMUNAS INSULARES [2]



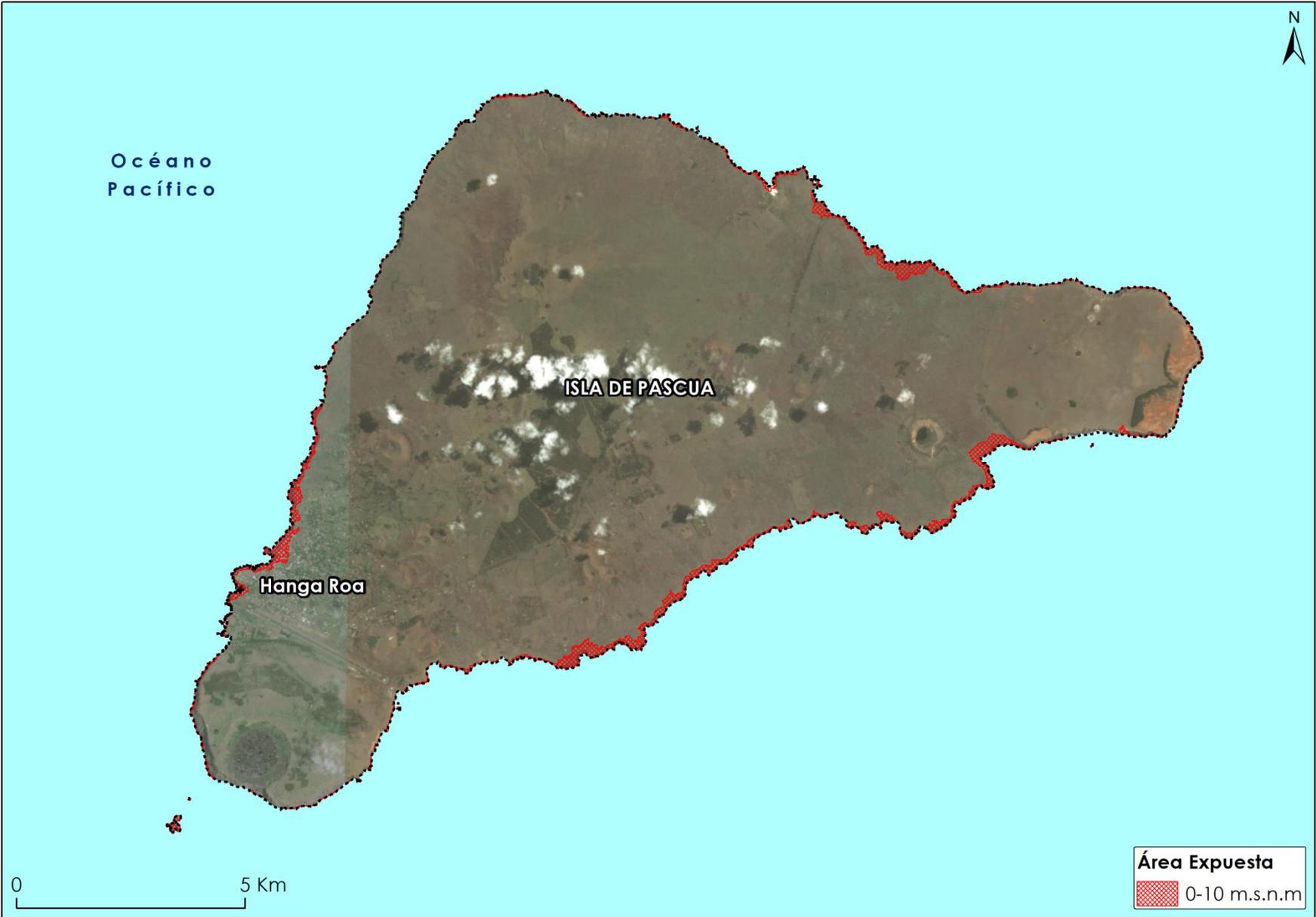
Océano
Pacífico

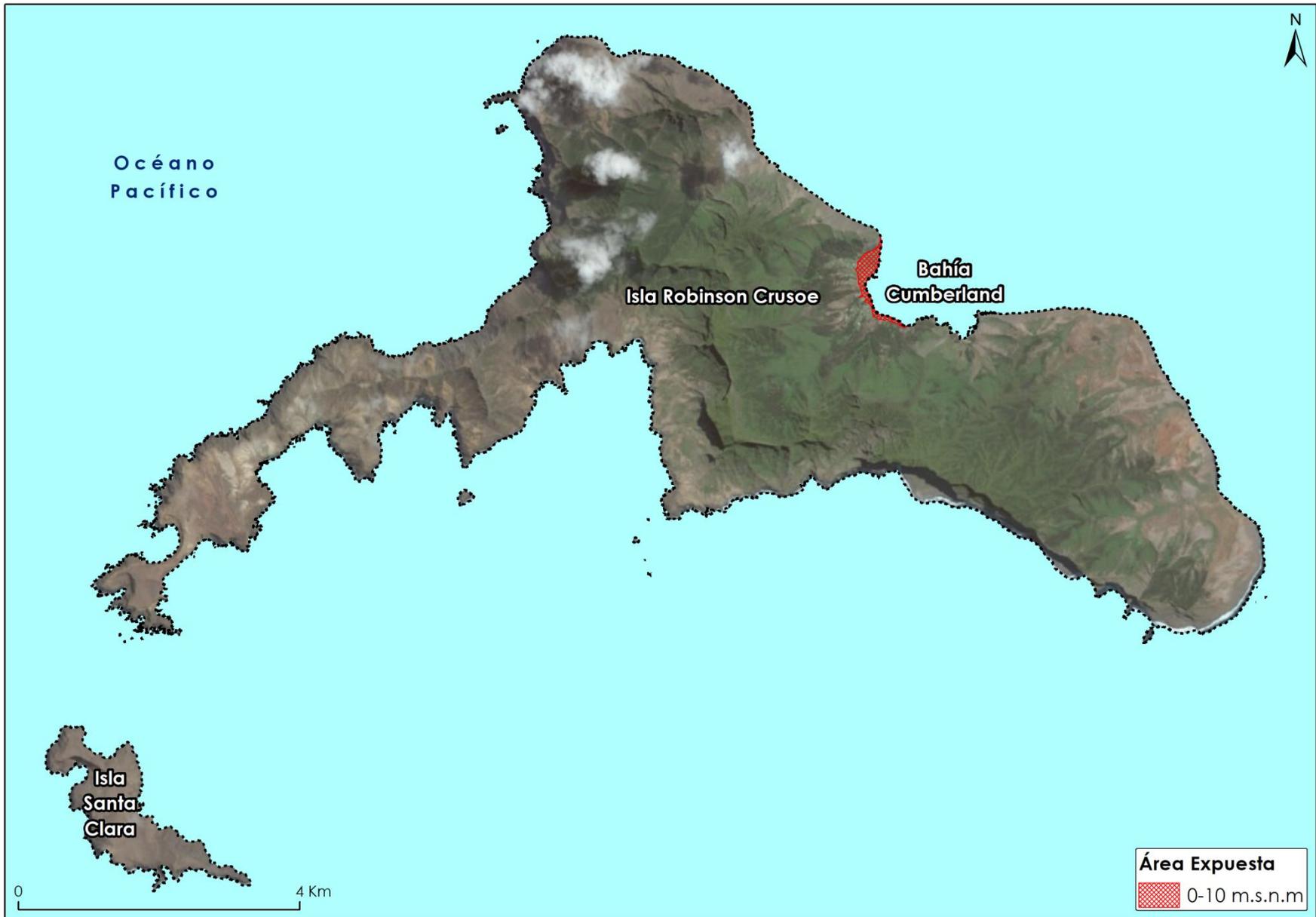
ISLA DE PASCUA

Hanga Roa

0 5 Km

Área Expuesta
 0-10 m.s.n.m





CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EXPUESTA EN COMUNAS COSTERAS E INTERIORES

COMUNAS INTERIORES [4]

5924900



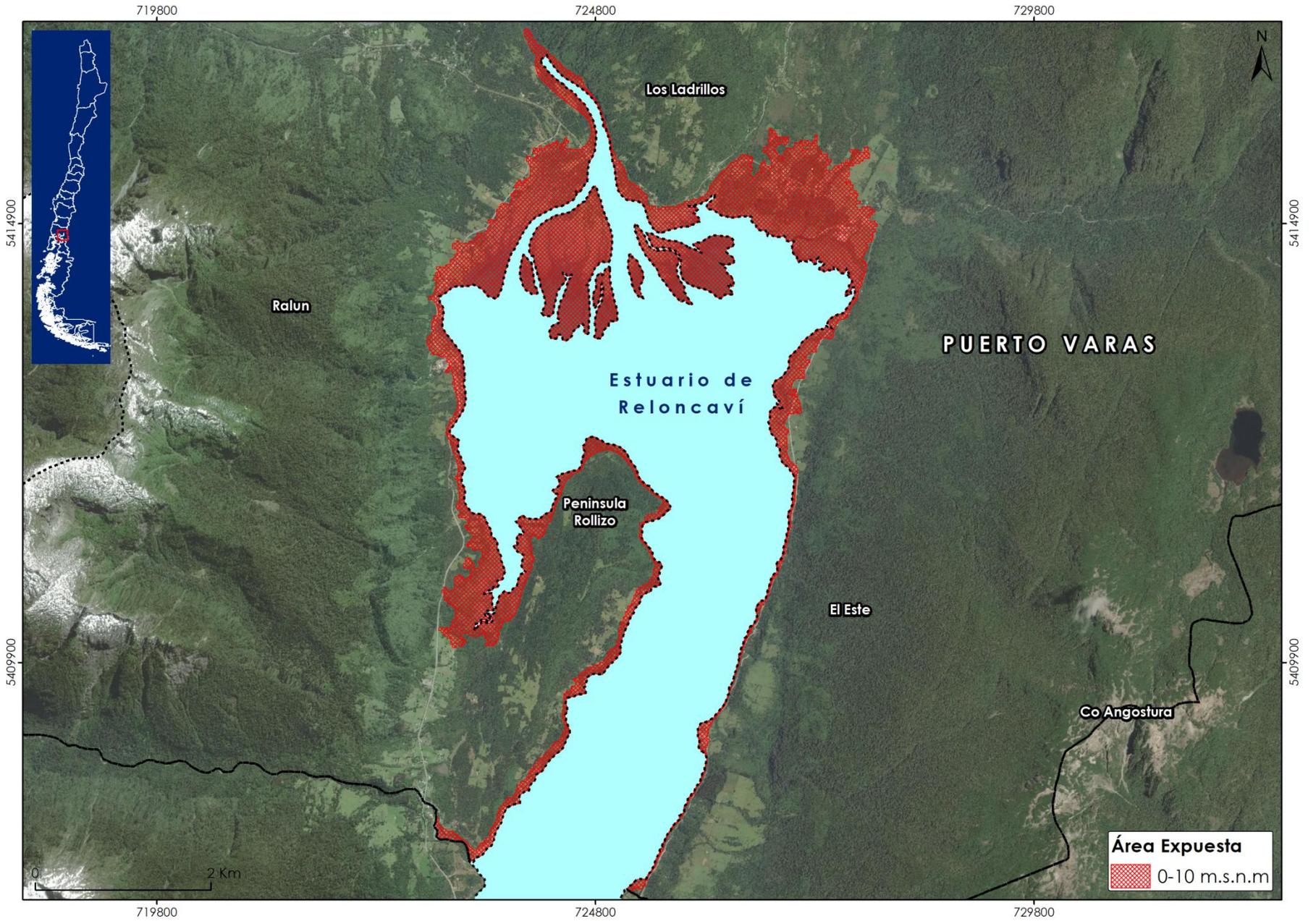
5924900

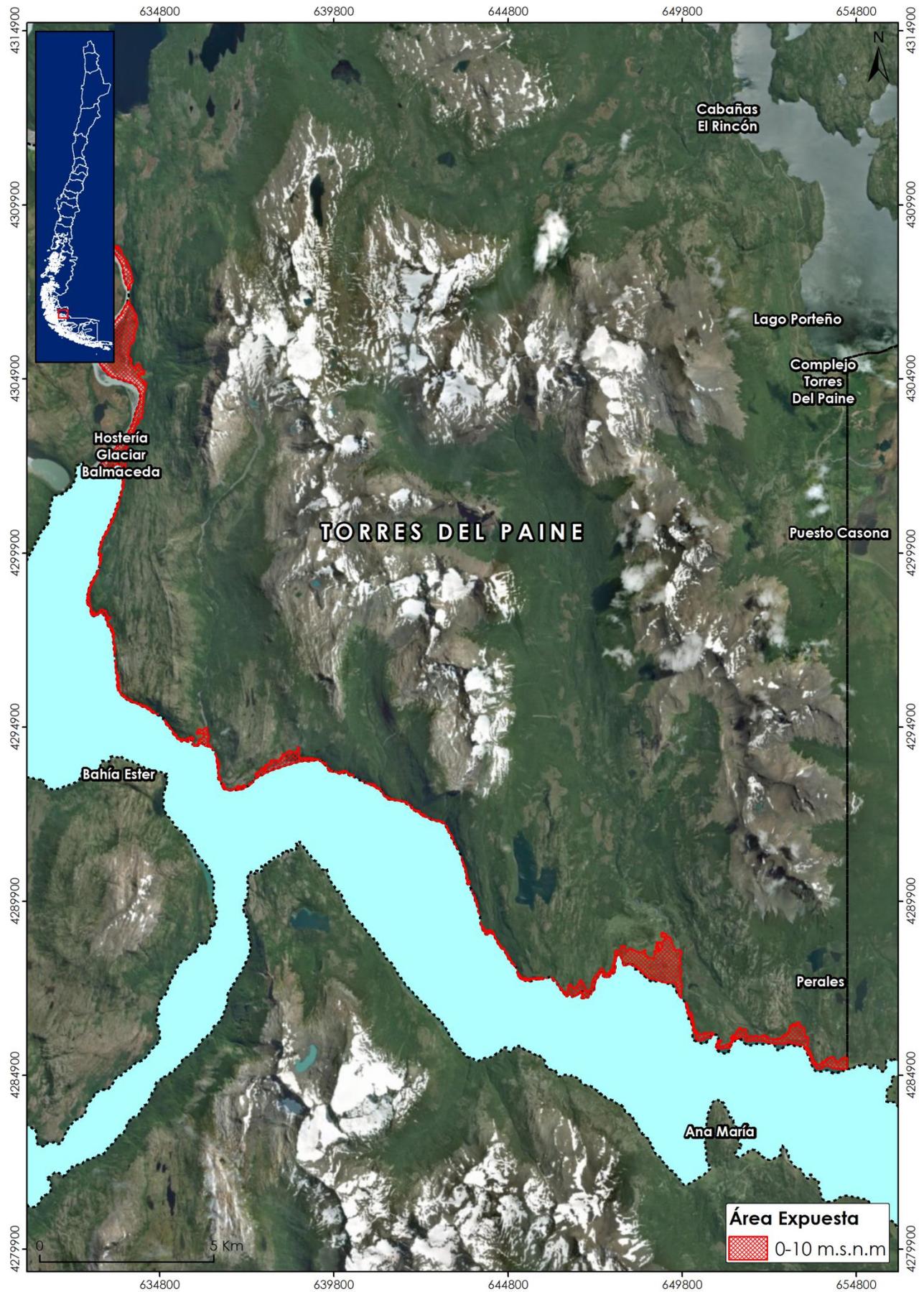
CONCEPCIÓN

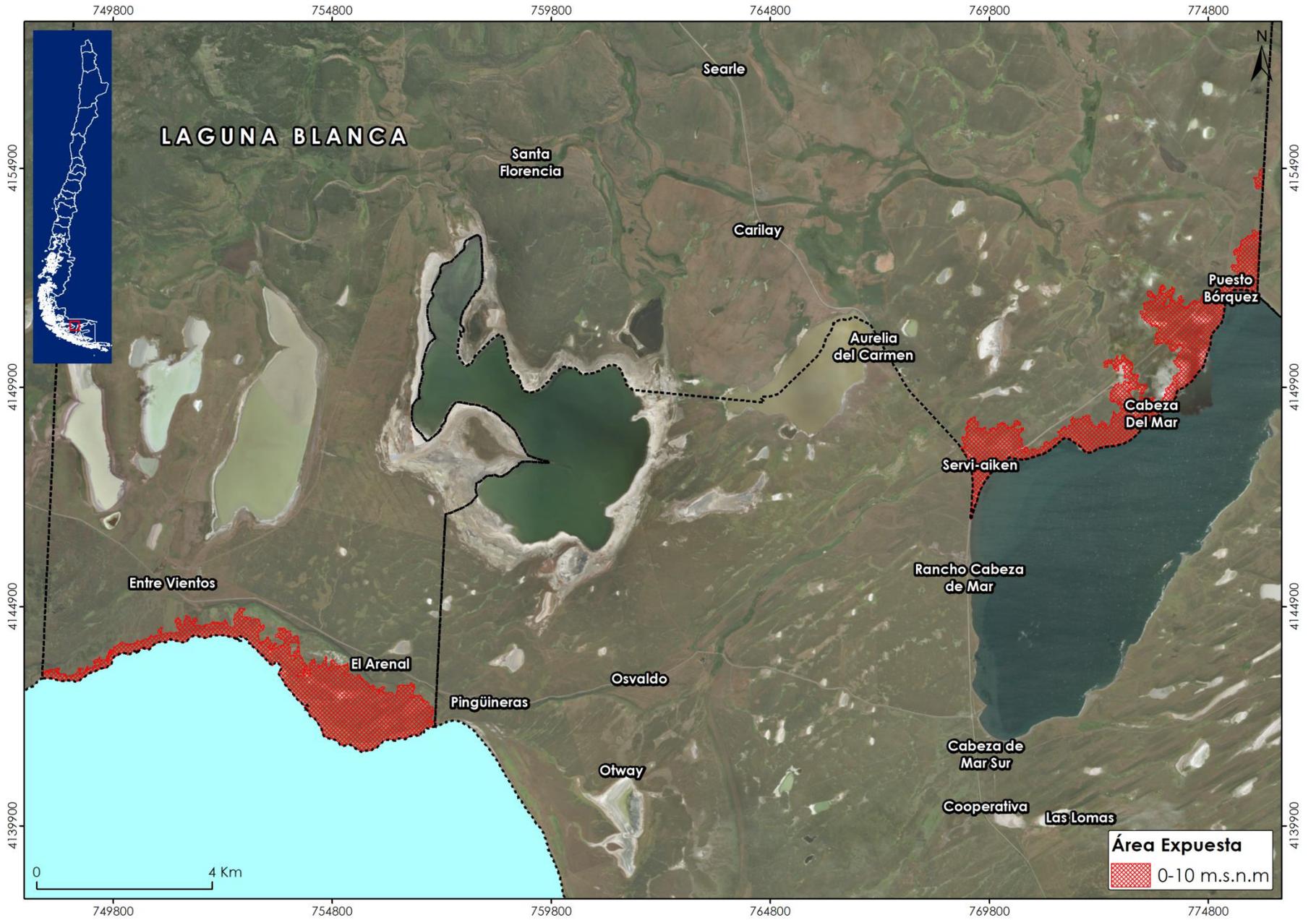
Río Biobío

Área Expuesta
0-10 m.s.n.m

0 0.7 Km







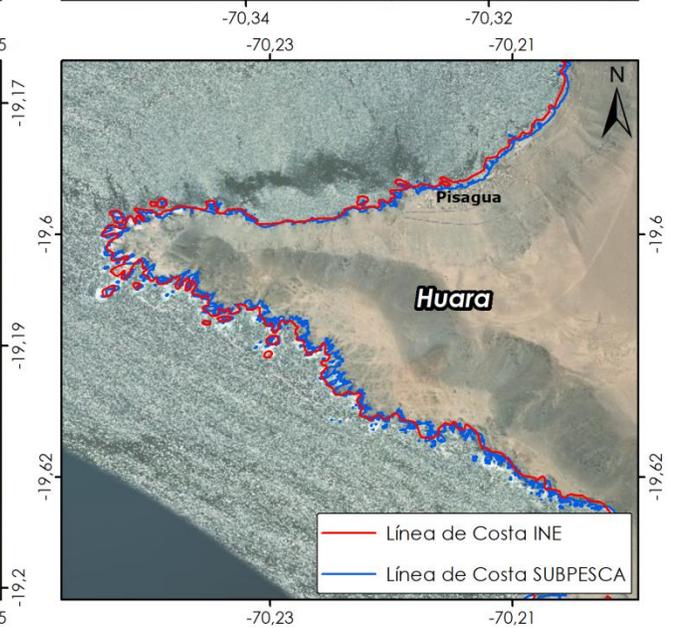
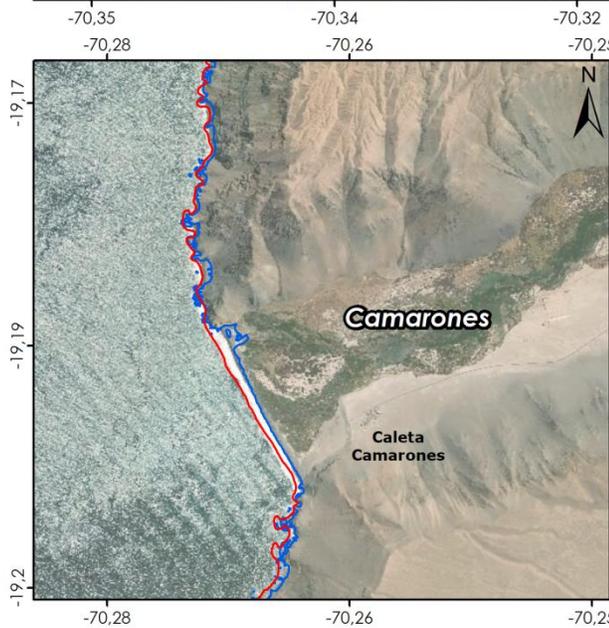
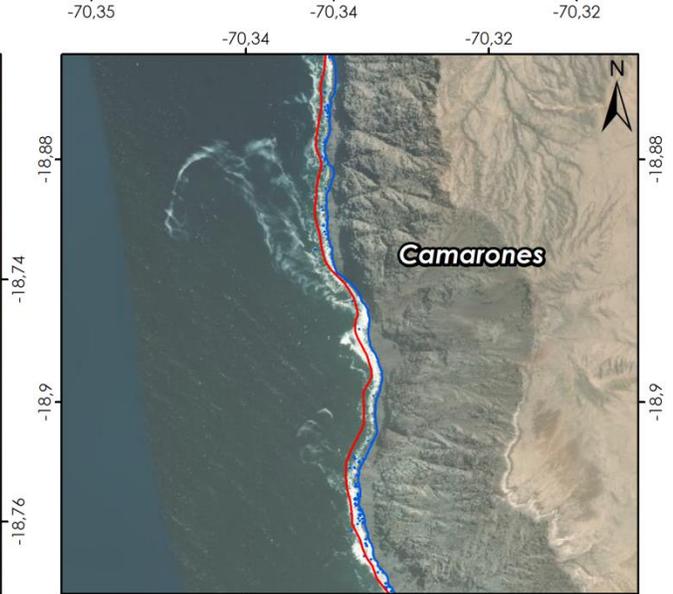
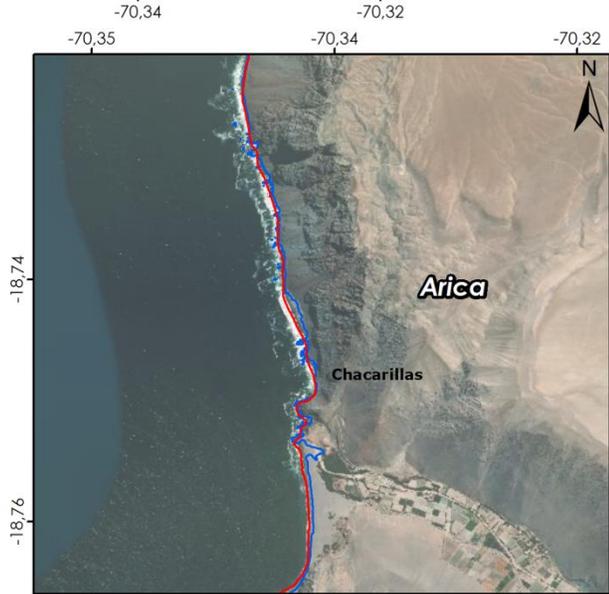
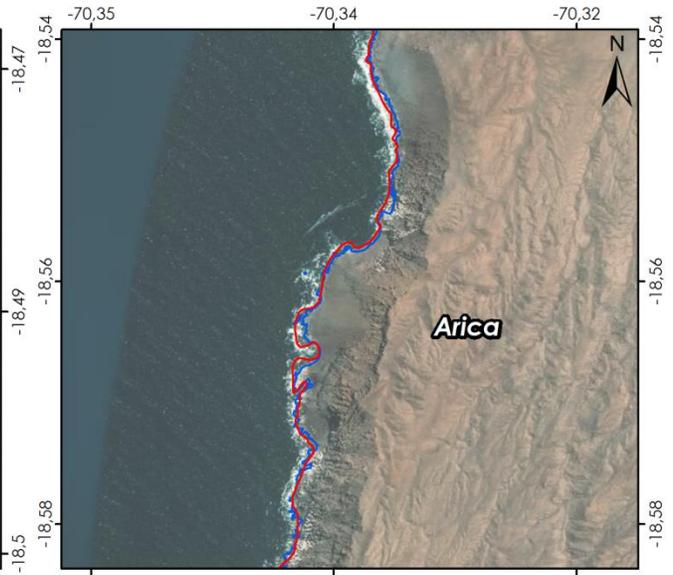
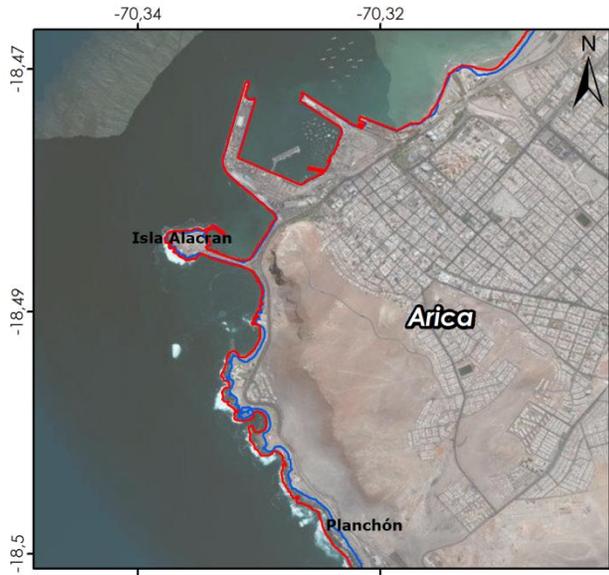
DIFERENCIAS ENTRE LA LÍNEA DE COSTA ELABORADA POR INE SUBPESCA

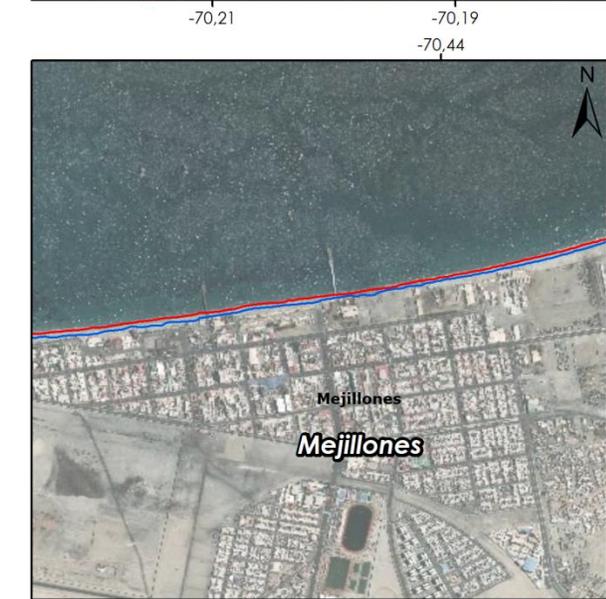
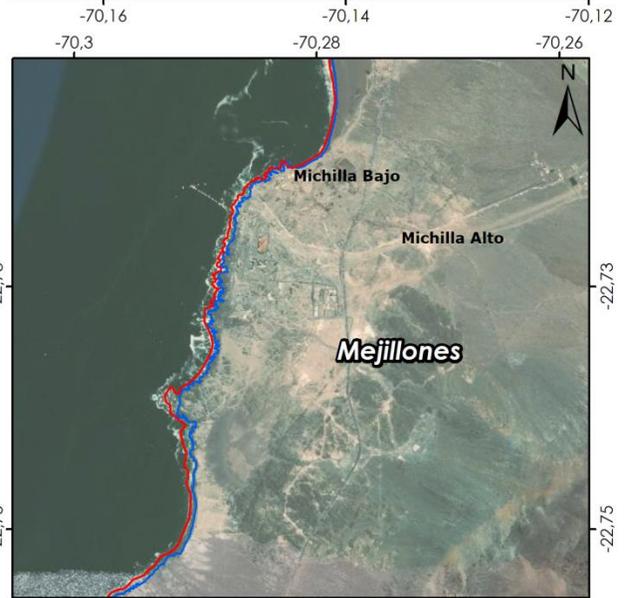
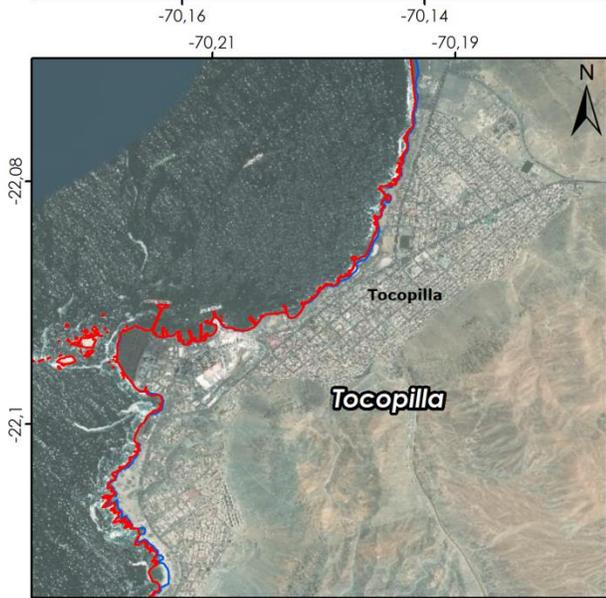
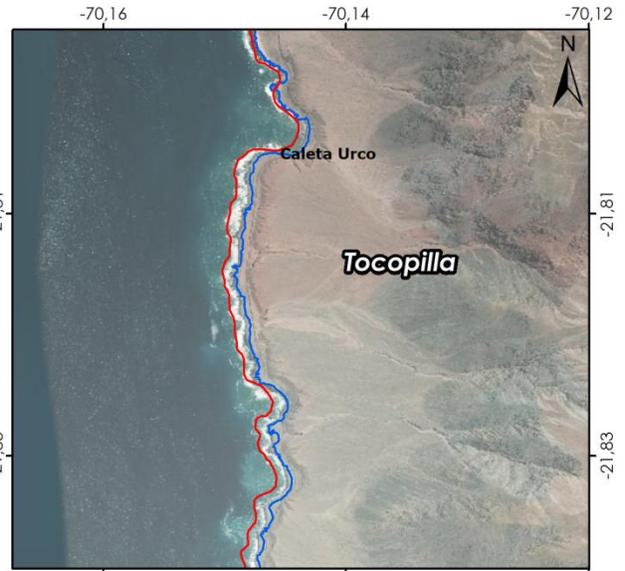
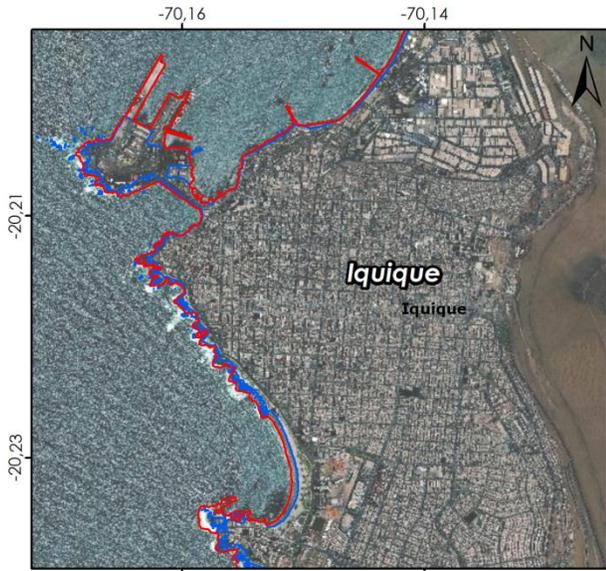
En este Anexo se presenta una comparación entre la línea de costa elaborada por dos instituciones públicas diferentes: el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el marco del Censo 2017 y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA). Los ejemplos presentados a continuación han sido elaborados en el software ArcGis a escala 1:50.000:

- Entre Arica y Valdivia (exceptuando Mejillones) [1:20.000]
- Límite comunal Licantén-Curepto [1:150.000]
- Reloca Bajo [1:100.000]
- Pelluhue [1:150.000]
- Treguaco [1:40.000]
- Talcahuano [1:200.000]
- Hualpén [1:100.000]
- Arauco [1:100.000]
- Cañete [1:200.000]
- Tirúa [1:150.000]
- Límite comunal Carahue-Saavedra [1:150.000]
- Toltén [1:100.000]
- Mariquina [1:200.000]

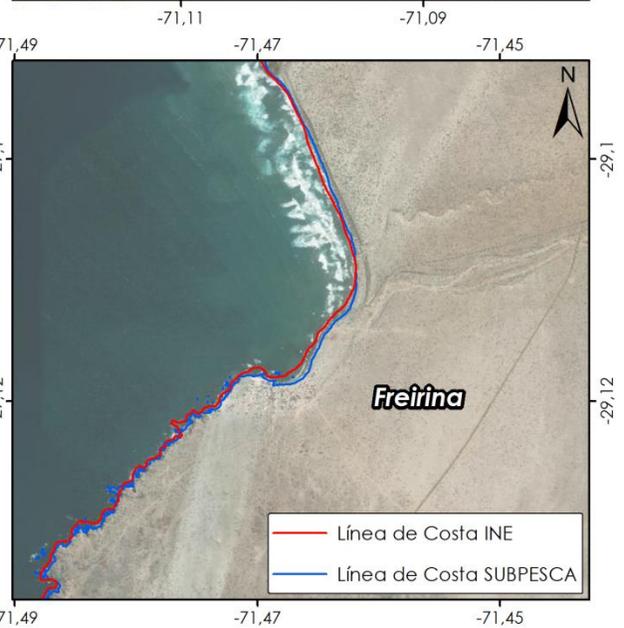
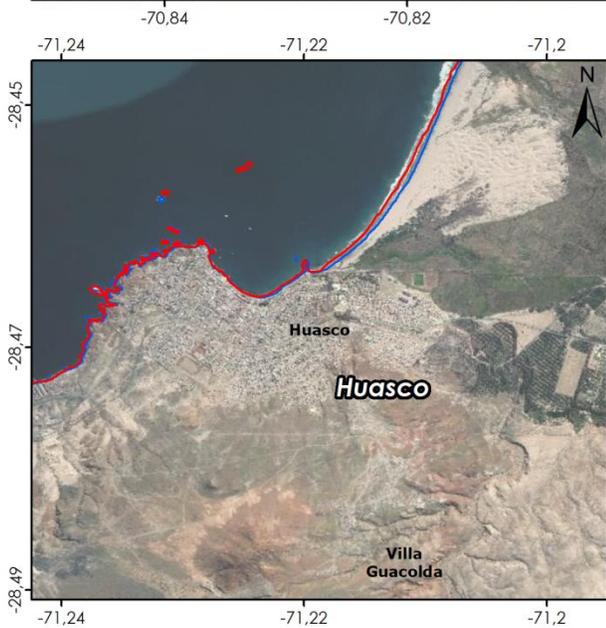
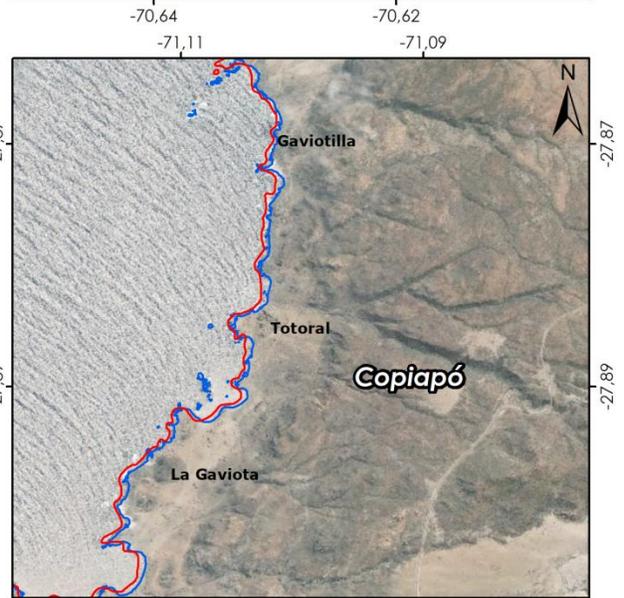
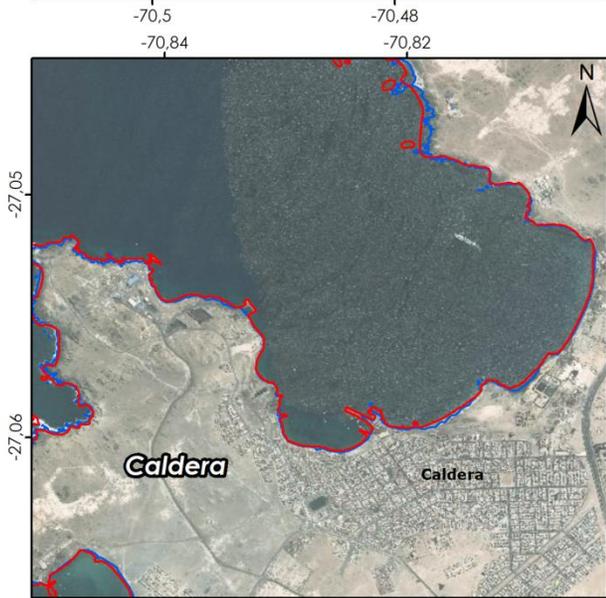
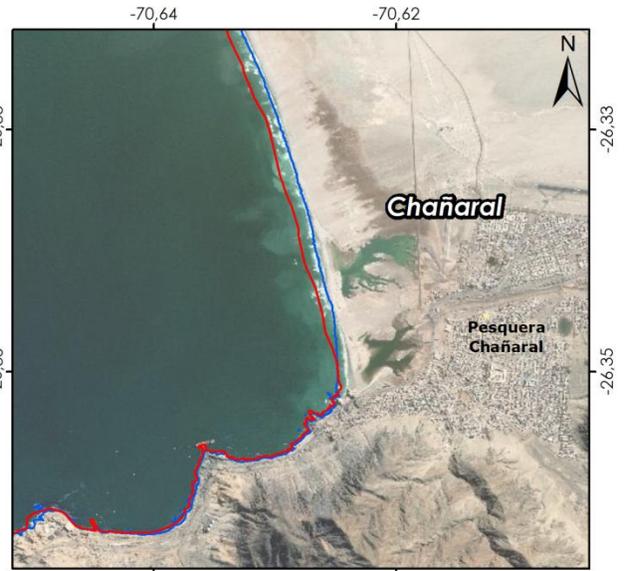
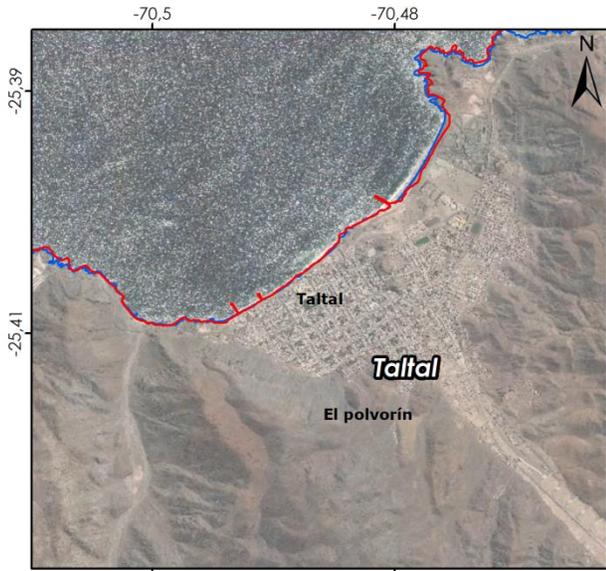
Desde Valdivia hasta Cabo de Hornos los ejemplos han sido elaborados a escala 1:100.000 (exceptuando

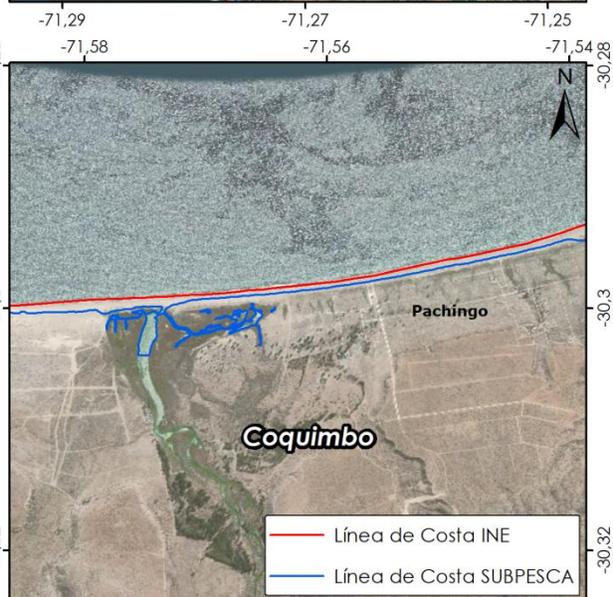
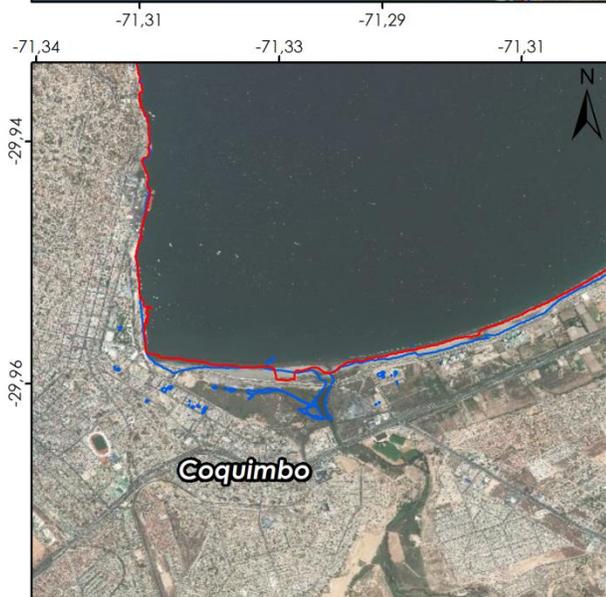
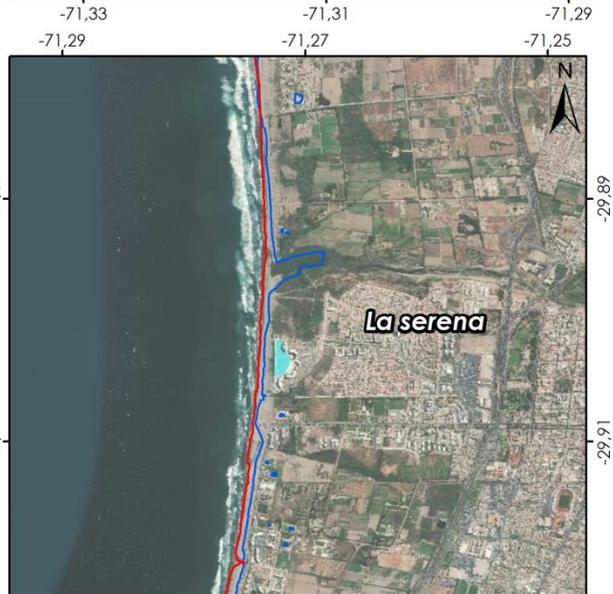
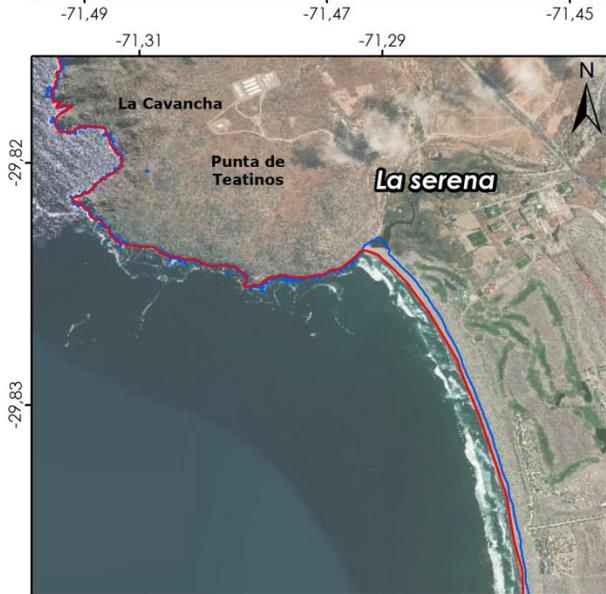
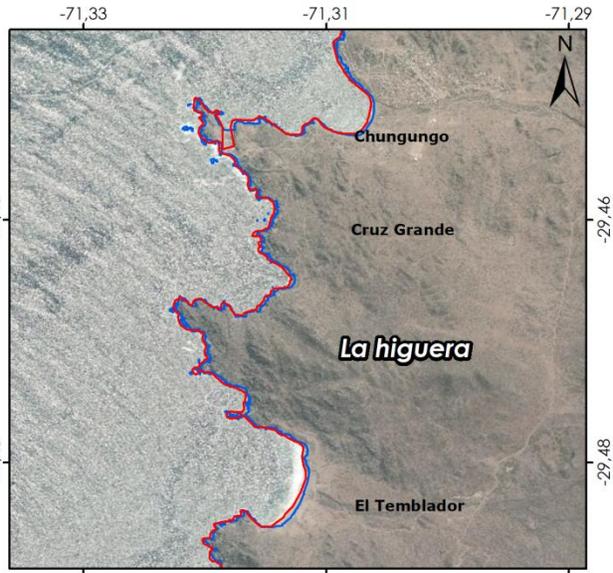
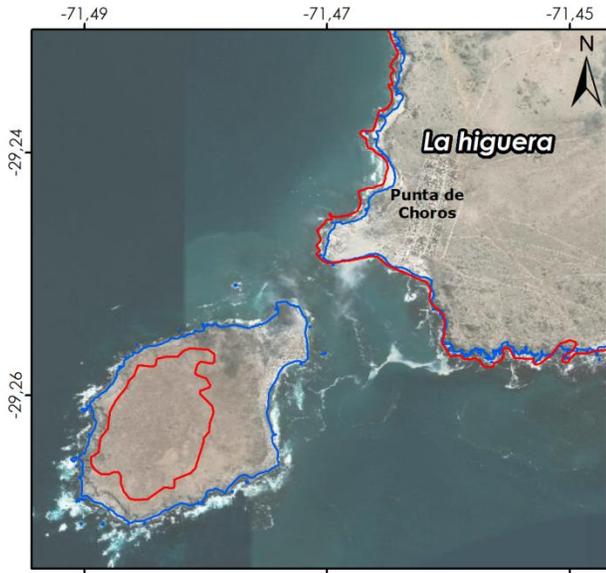
- Límite comunal Los Muermos-Maullín [1:500.000]
- Chaitén [1:200.000]
- Ancud [1:200.000]
- Chonchi [1:150.000]
- Quellón [1:150.000]
- Aysén [1:200.000]
- Punta Arenas-Río Verde [1:500.000]
- Primavera [1:500.000]).



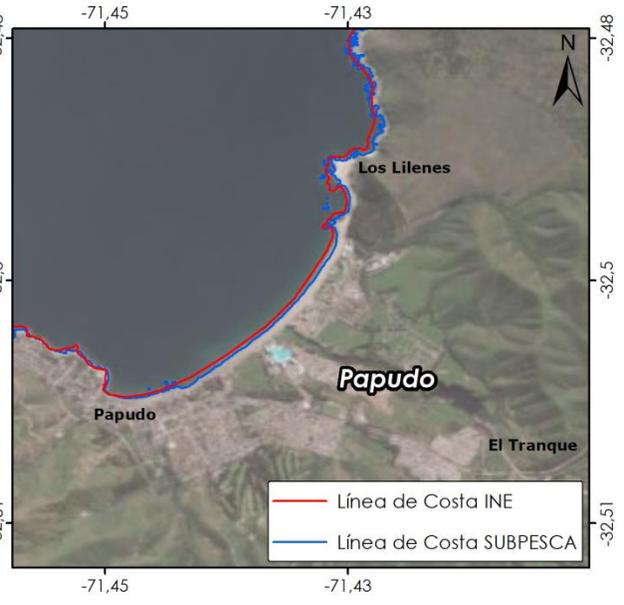
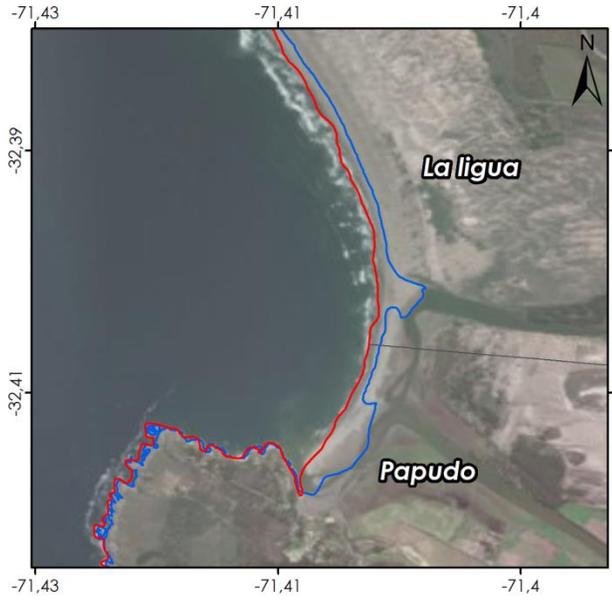
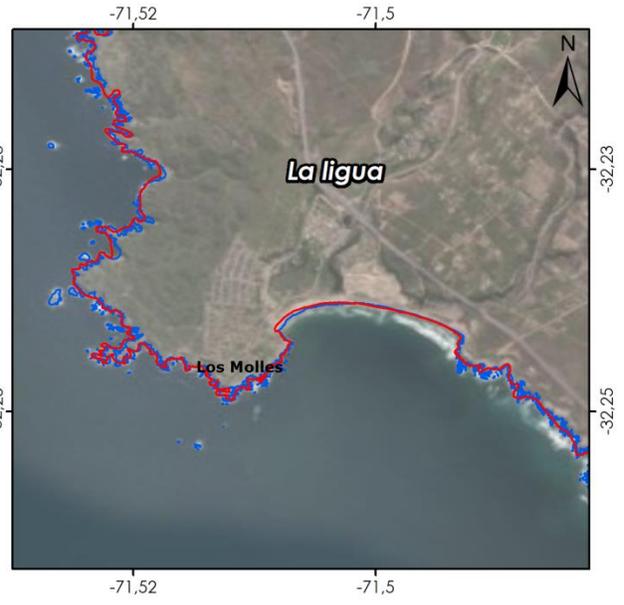
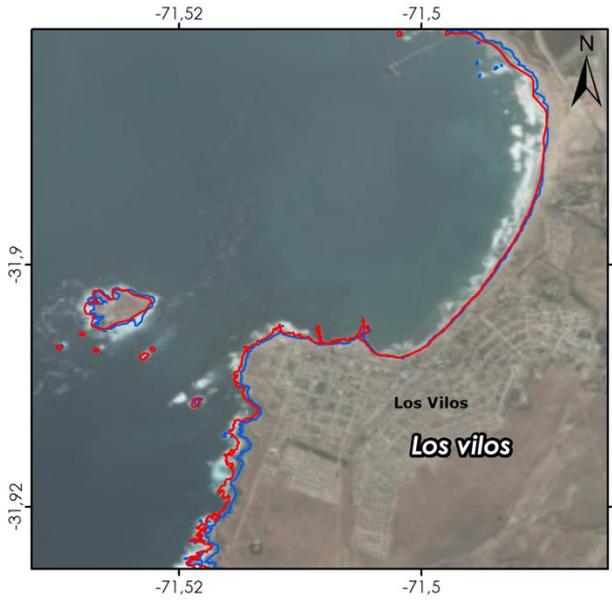
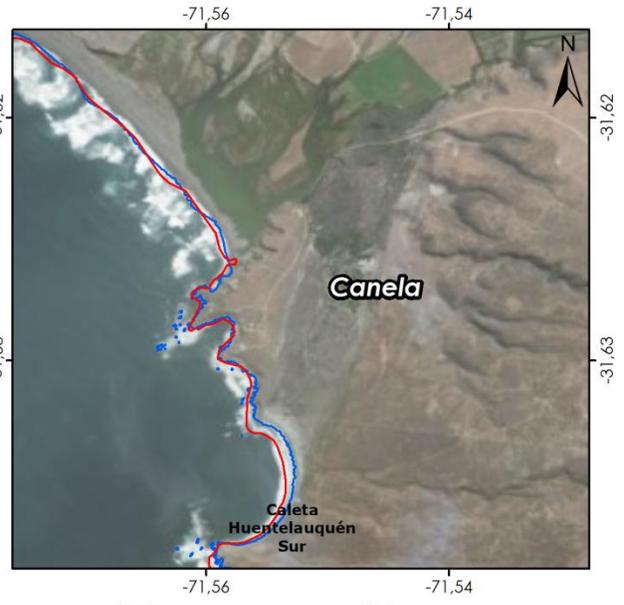
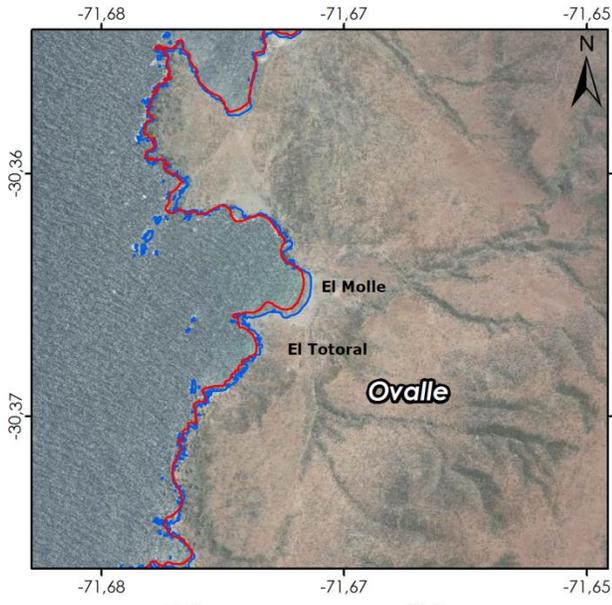


— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA

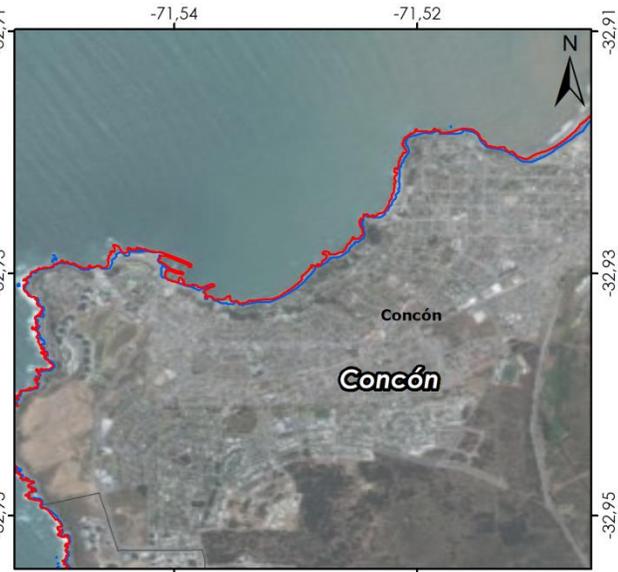
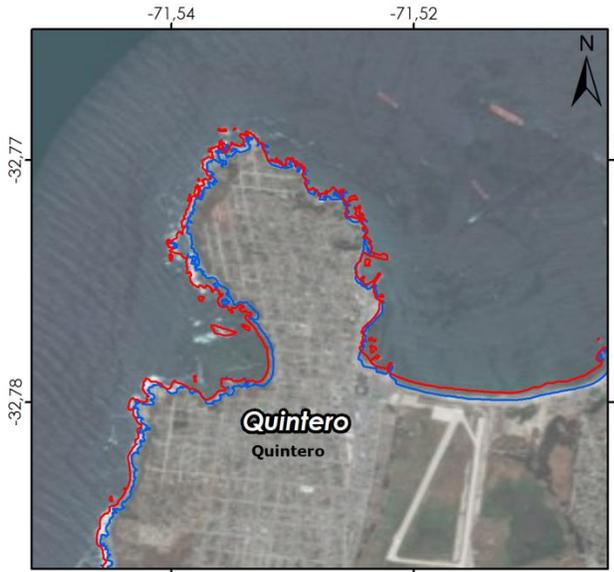
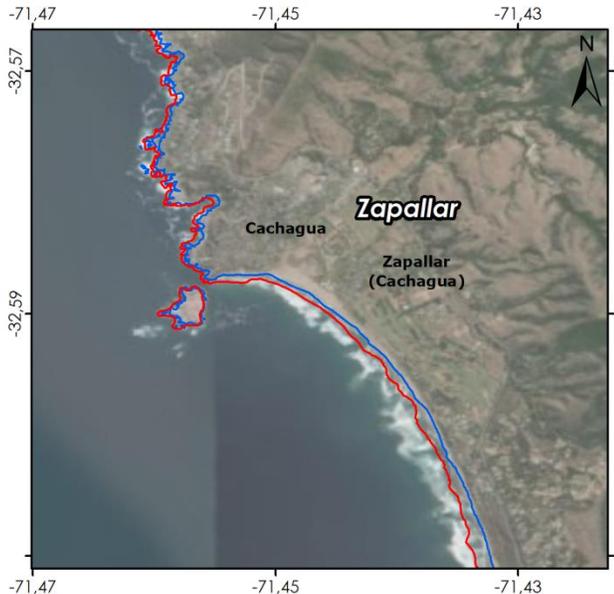


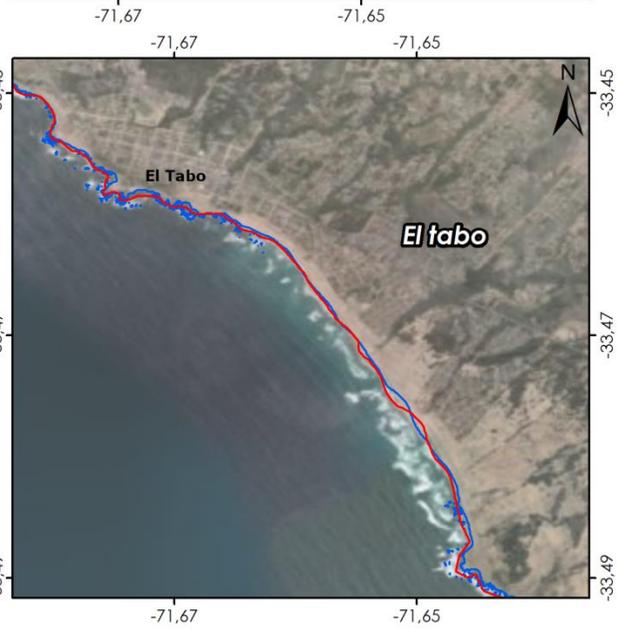
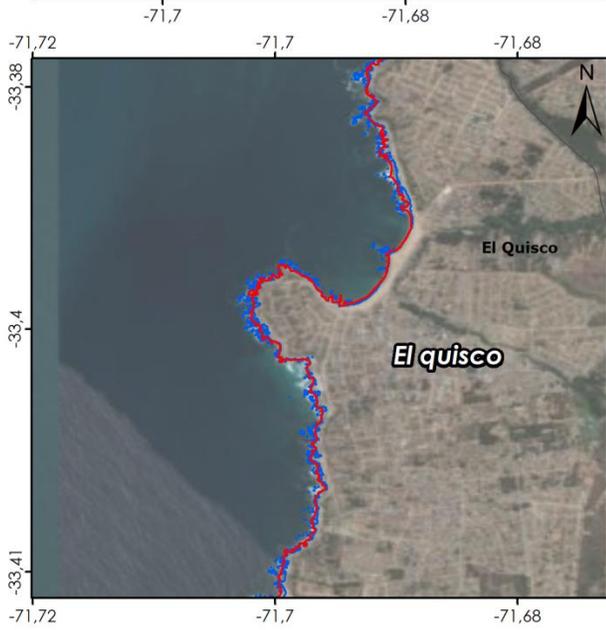
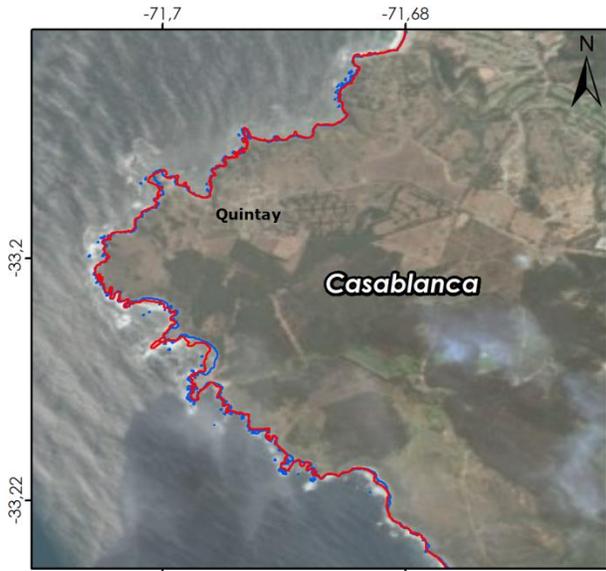


— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA

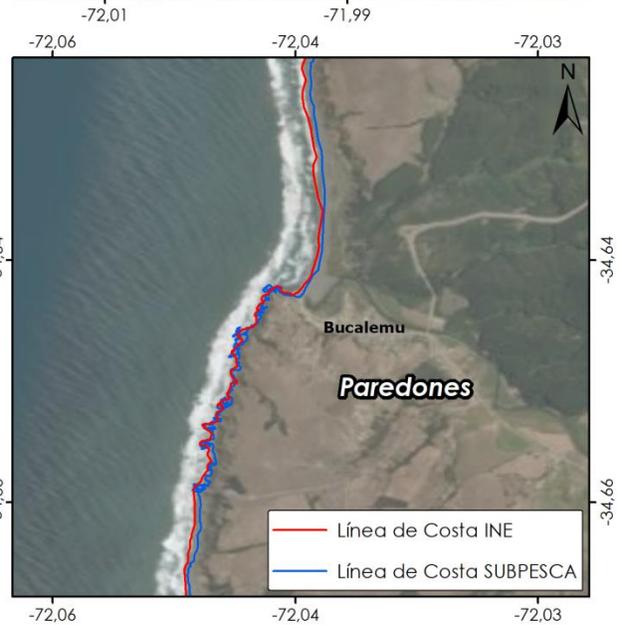
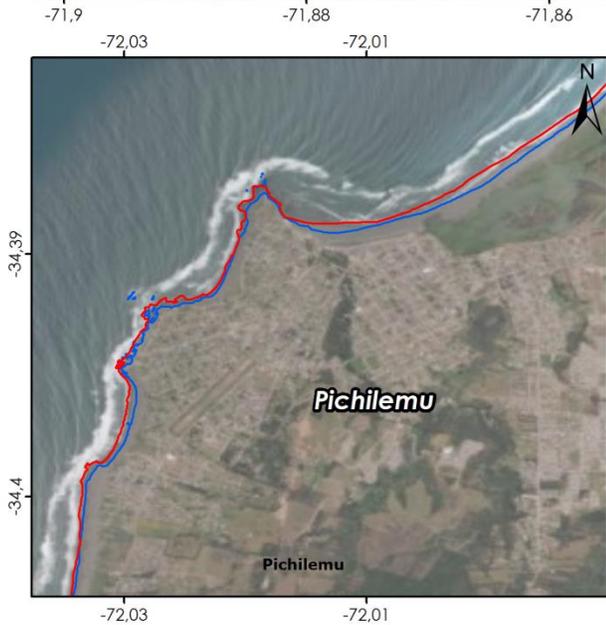
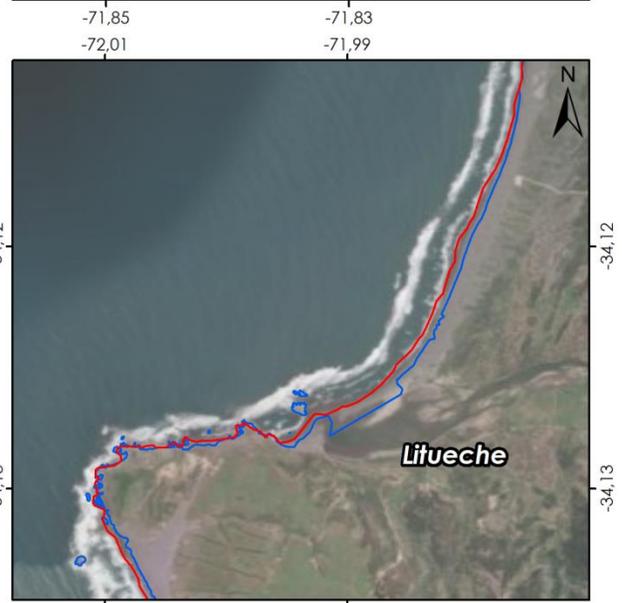
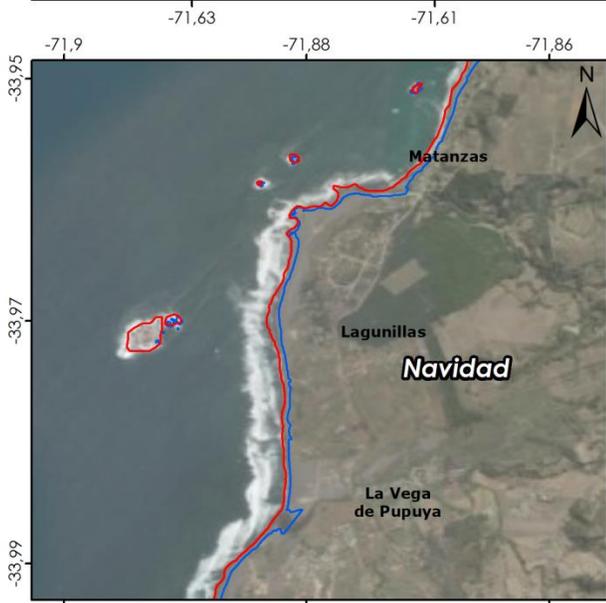
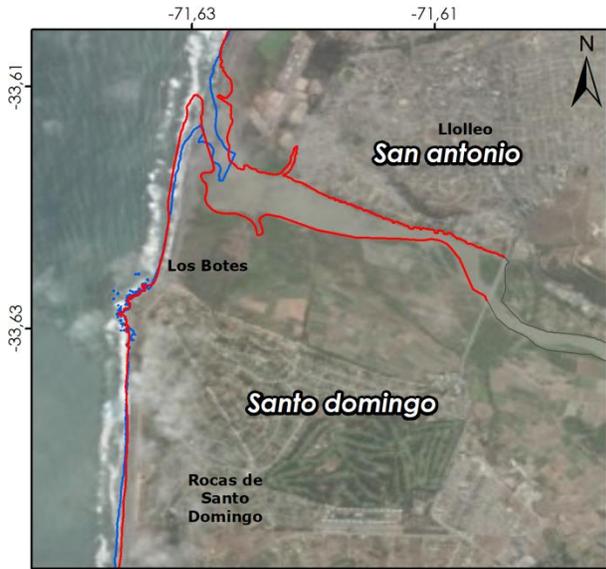


— Línea de Costa INE
— Línea de Costa SUBPESCA

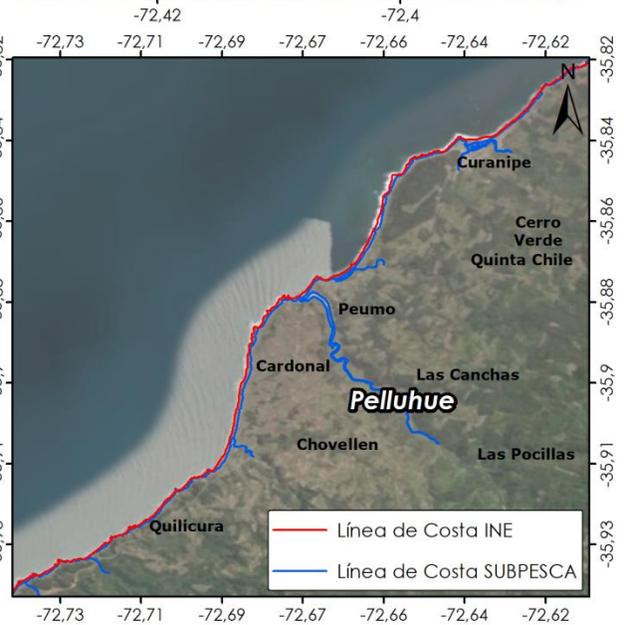
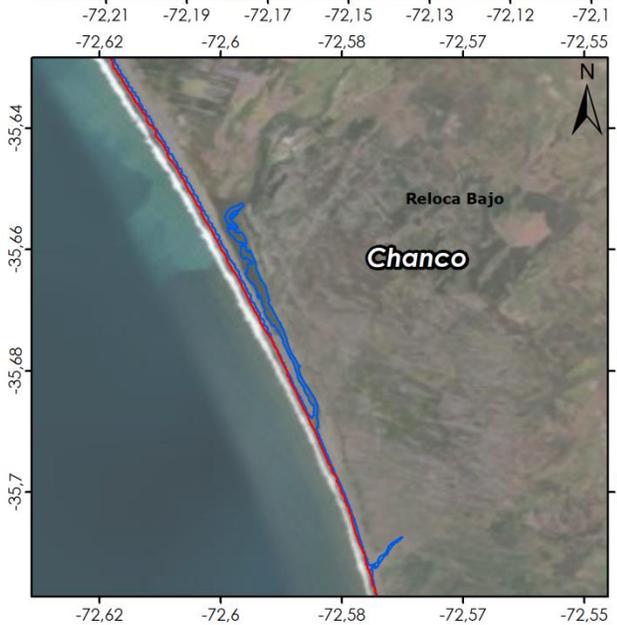
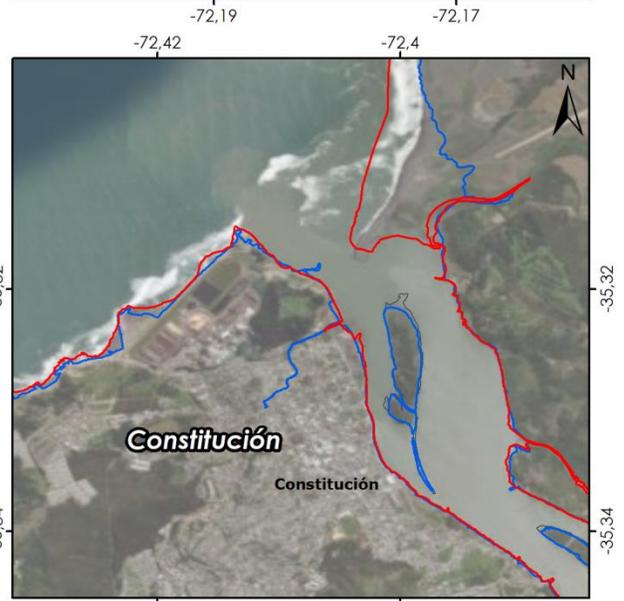
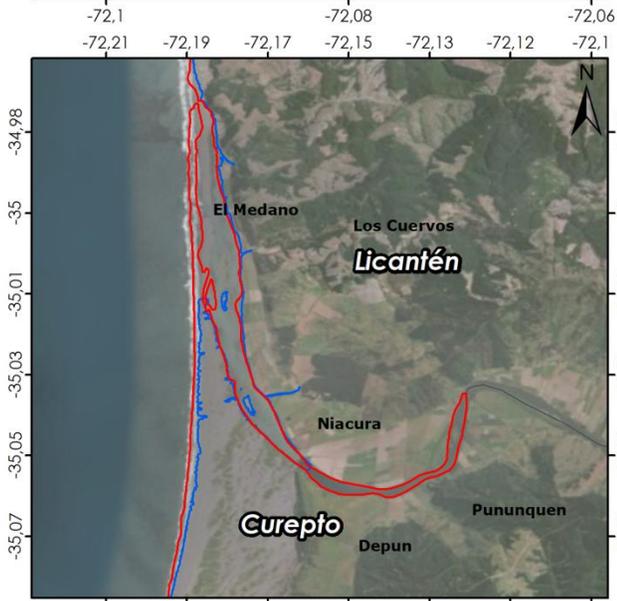
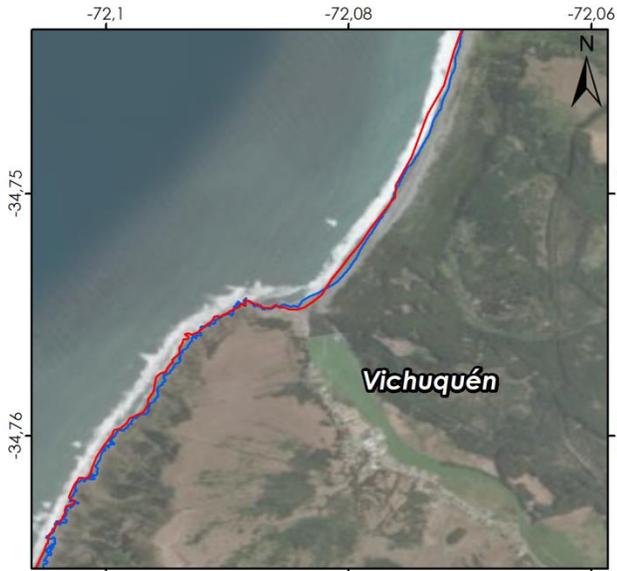


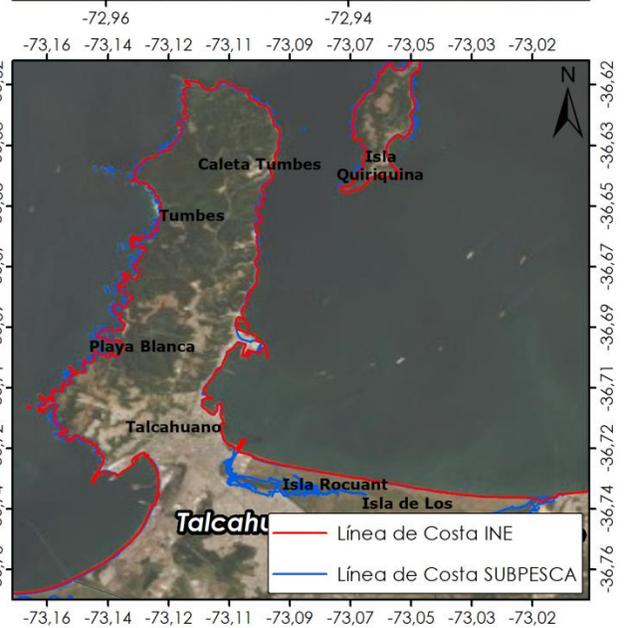
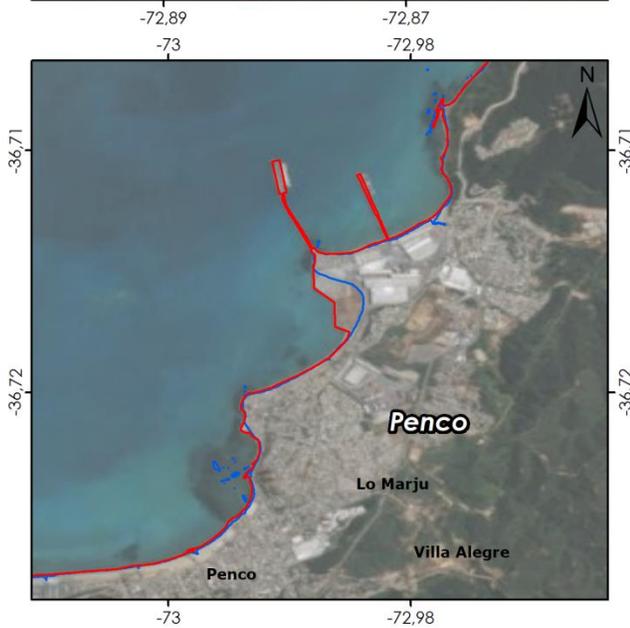
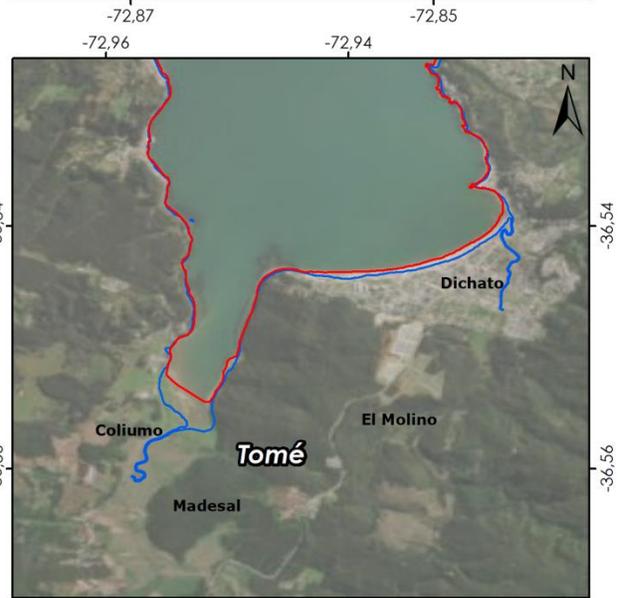
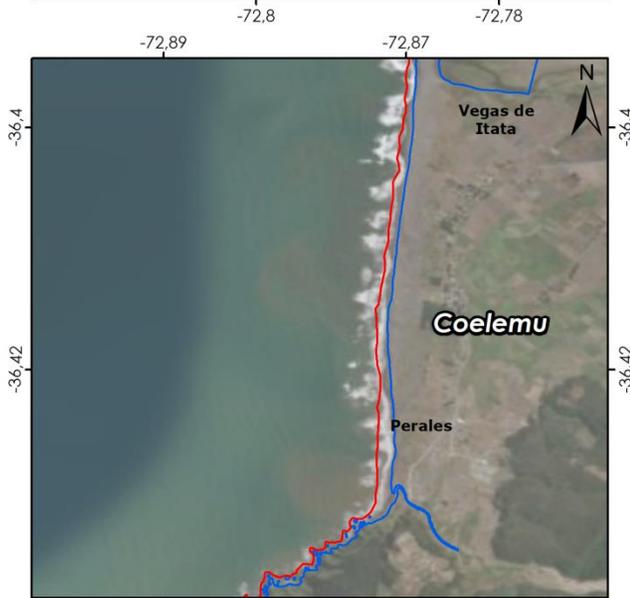
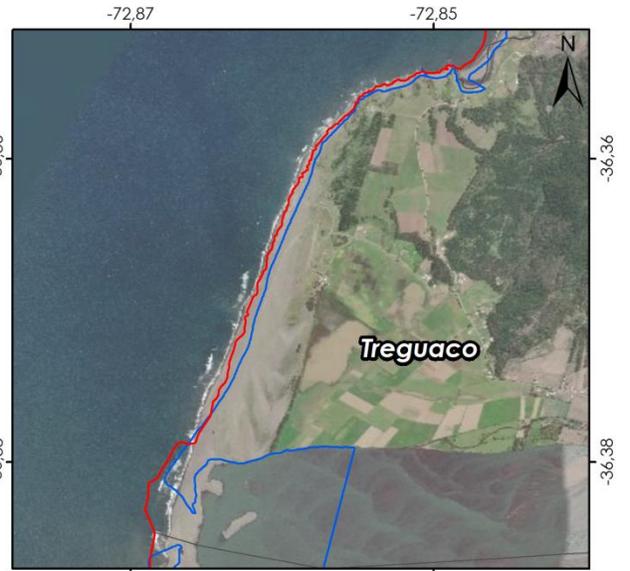


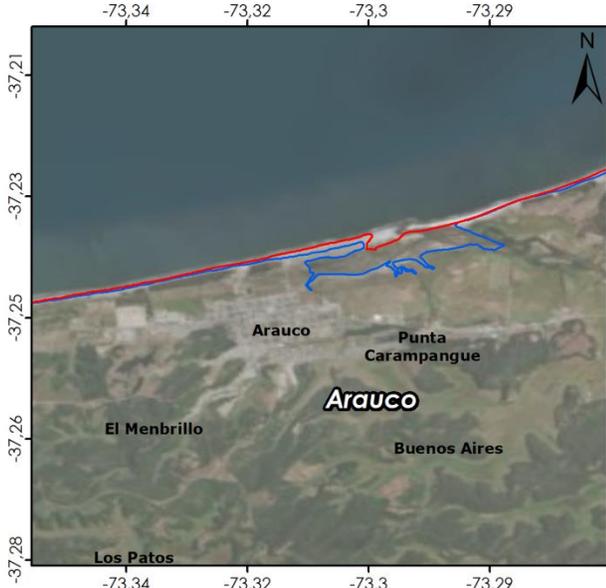
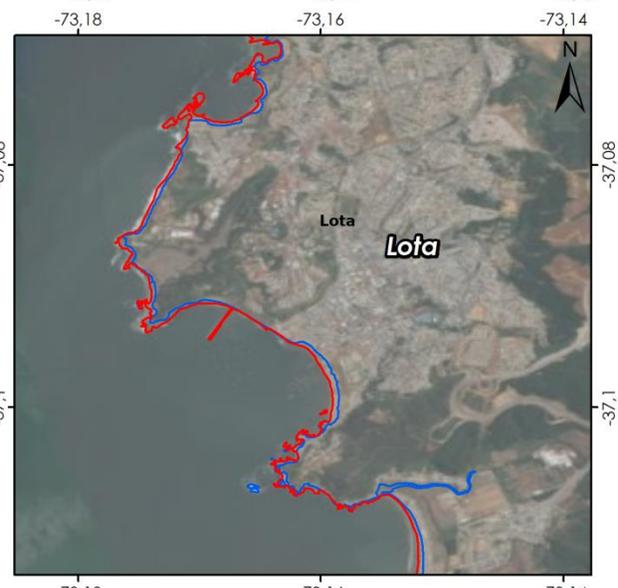
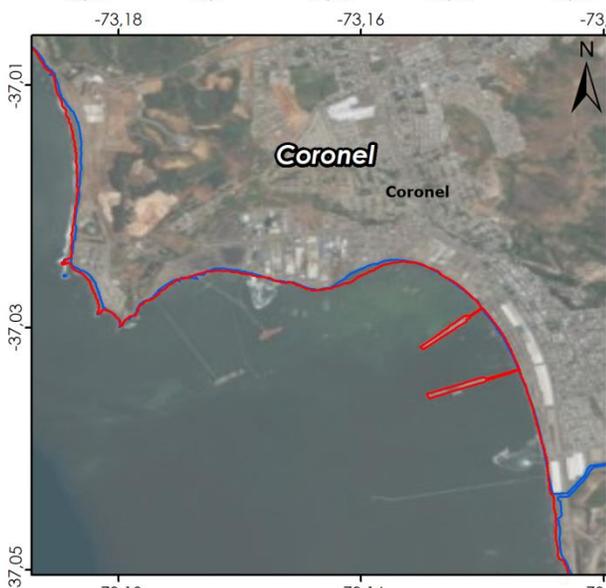
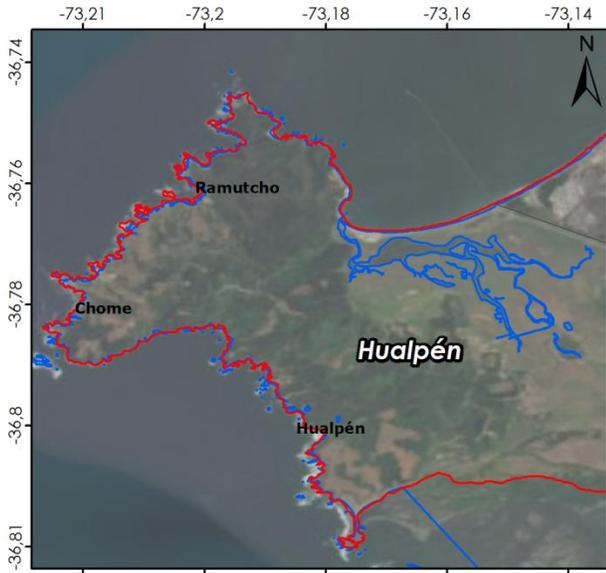
— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA

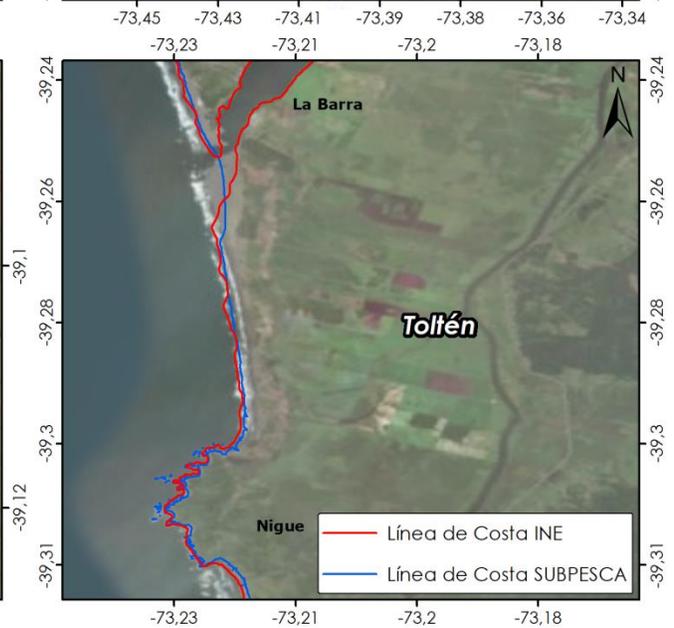
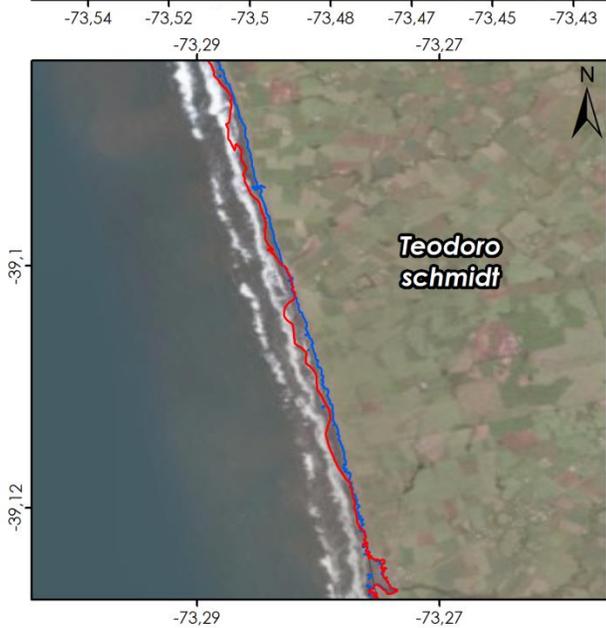
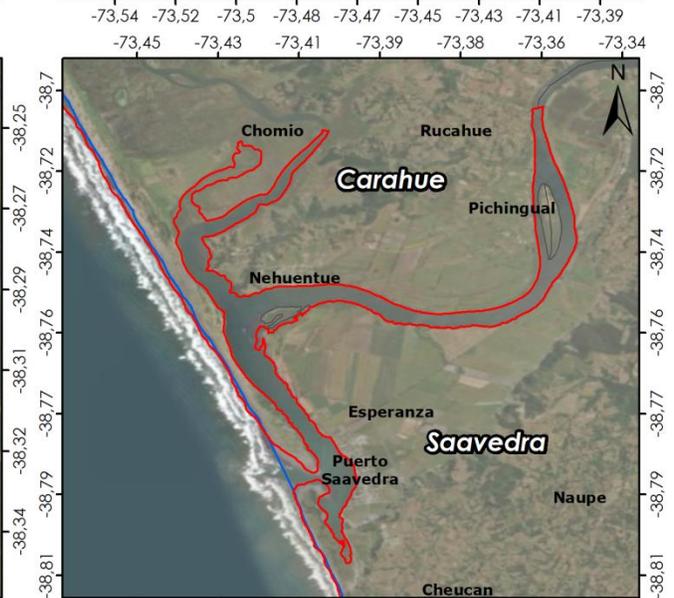
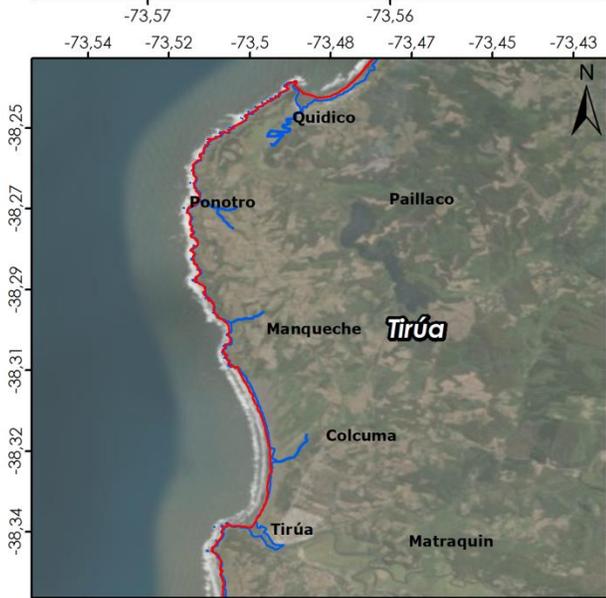
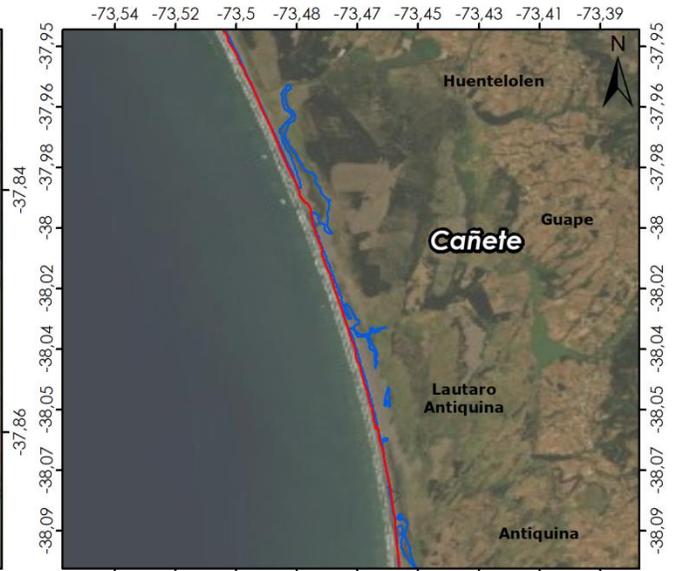
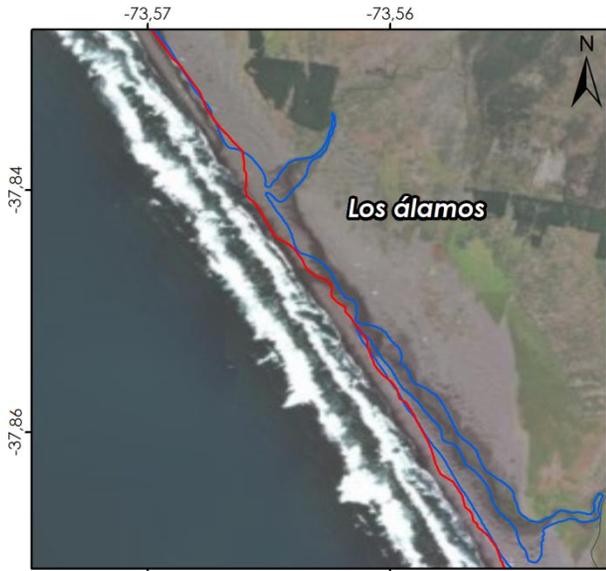


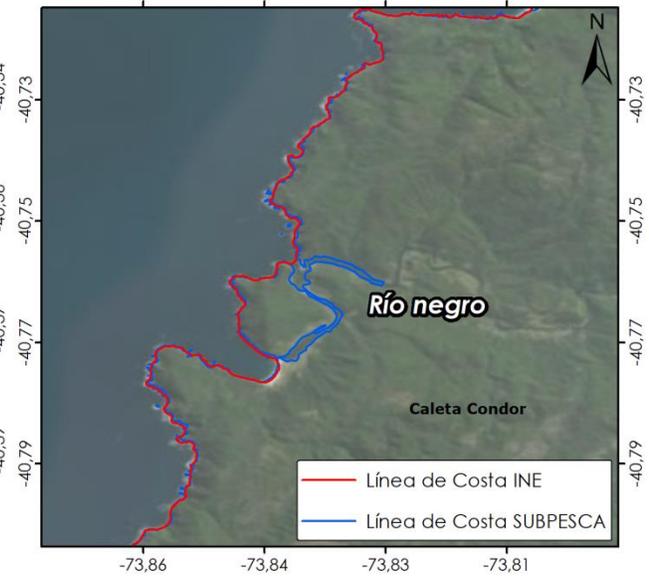
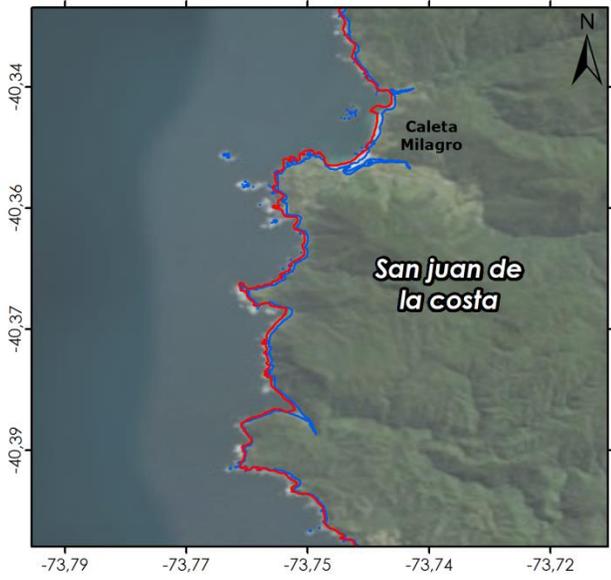
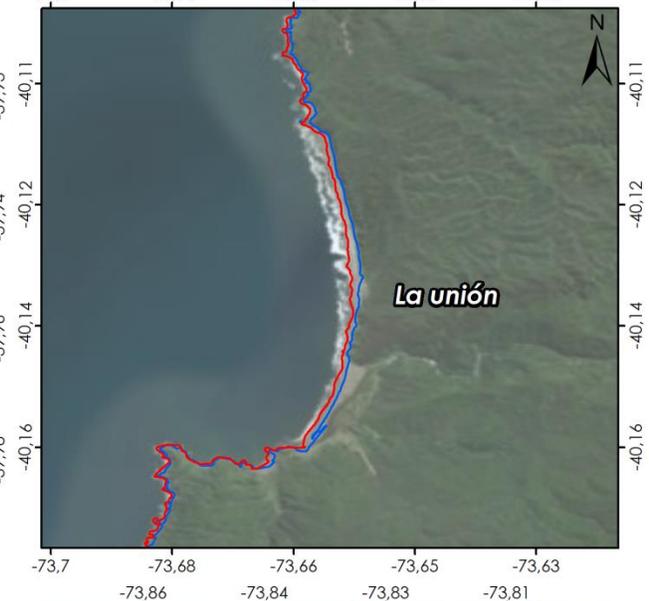
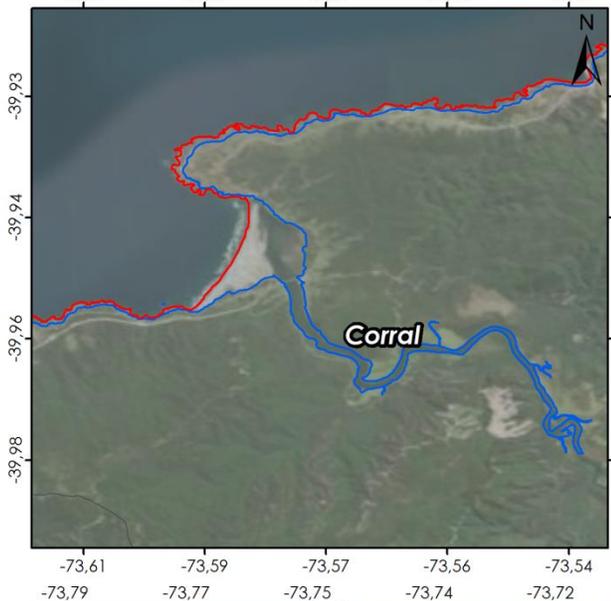
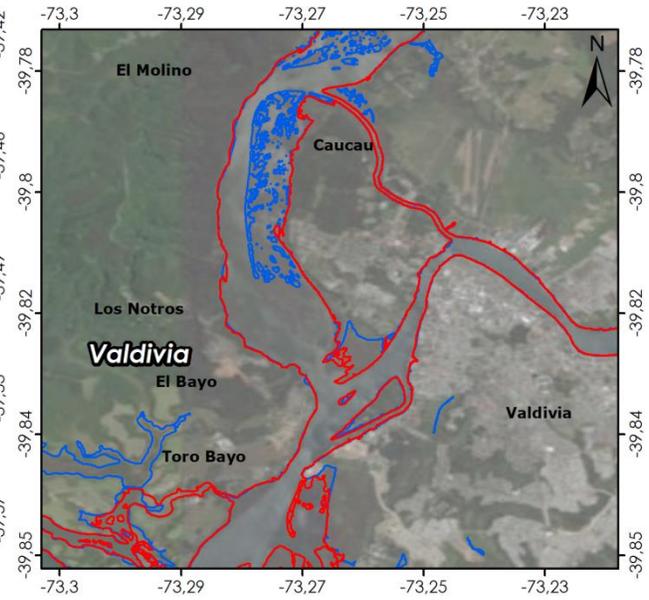
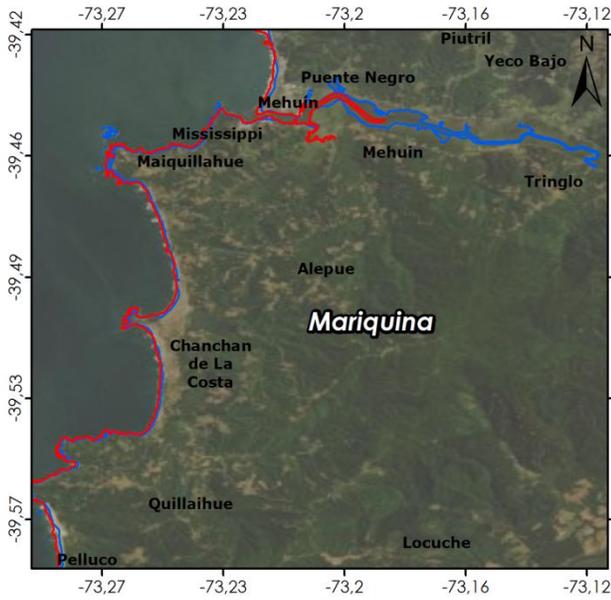
— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA



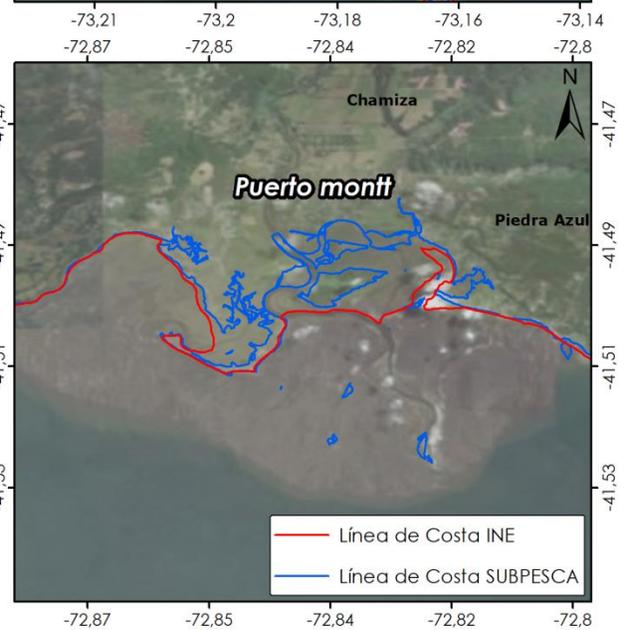
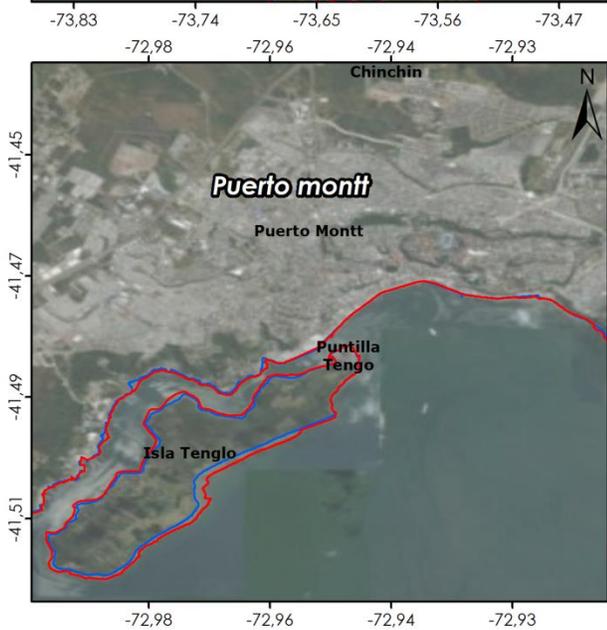
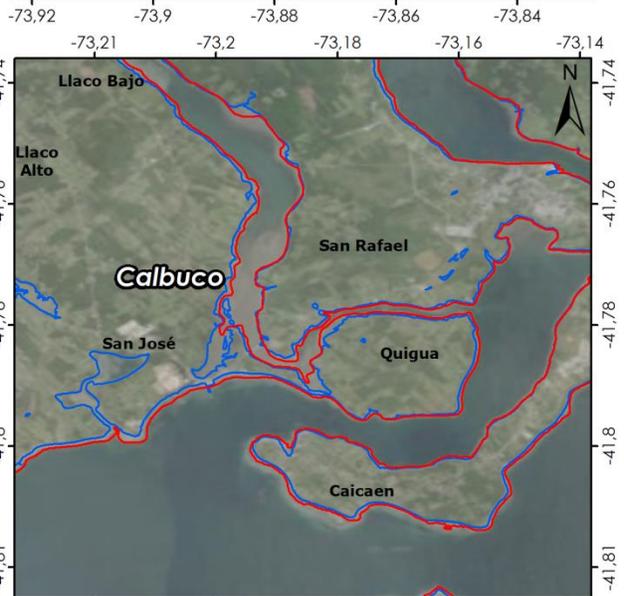
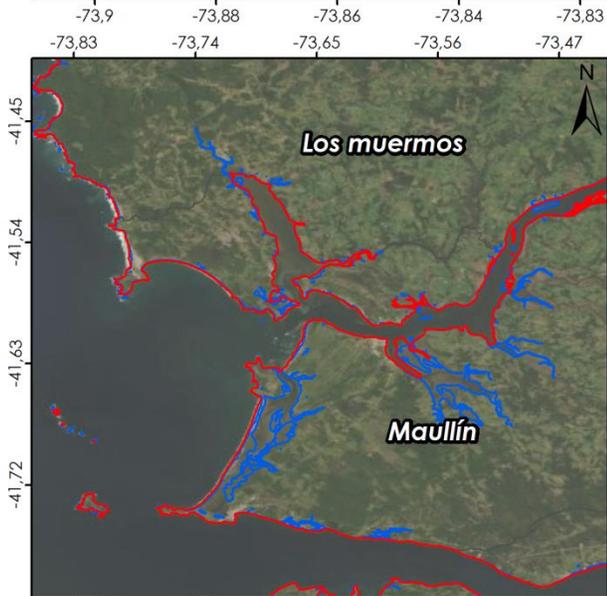
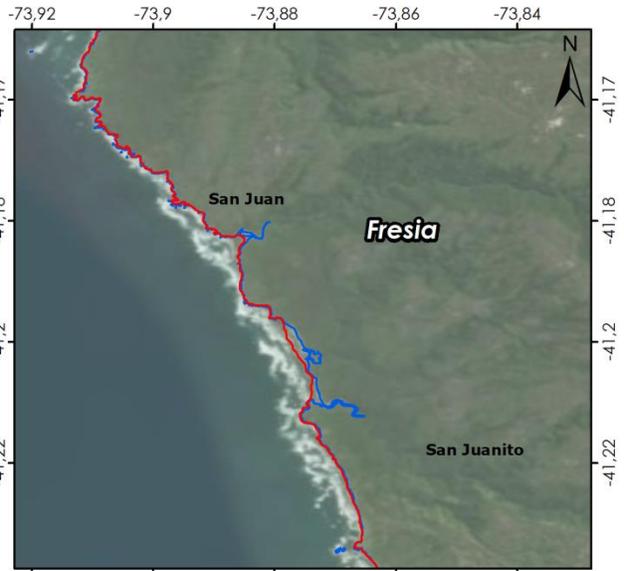
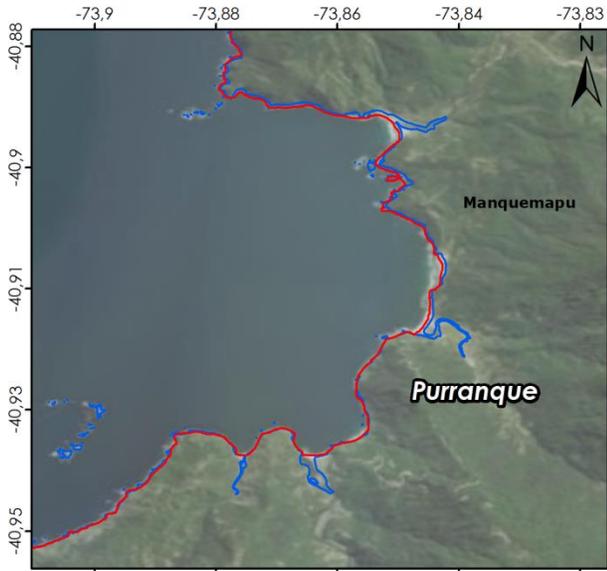




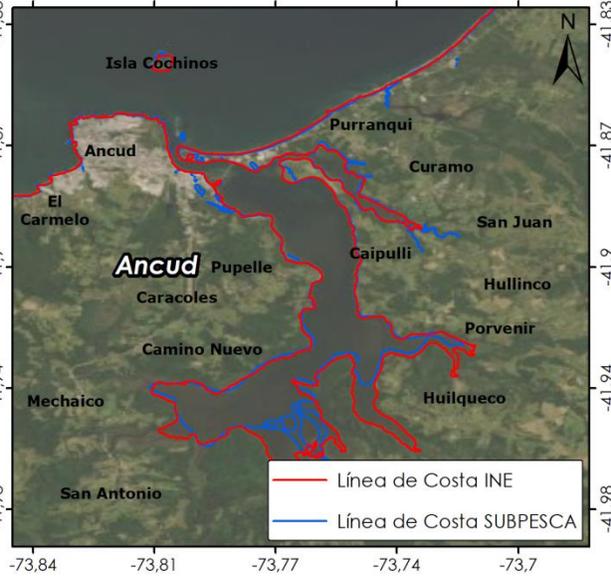
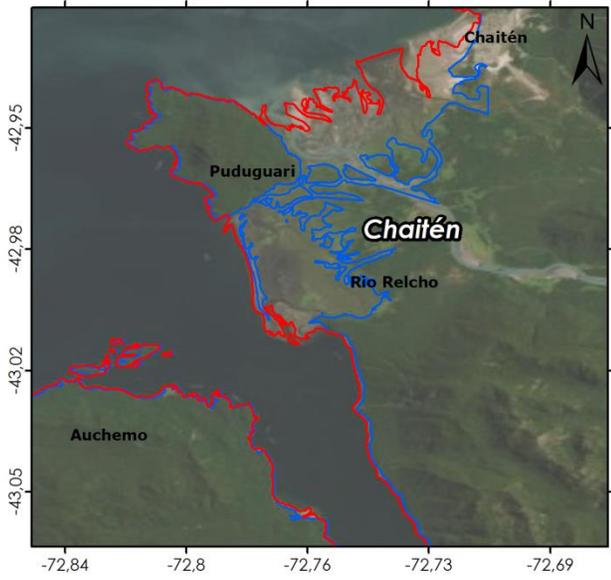
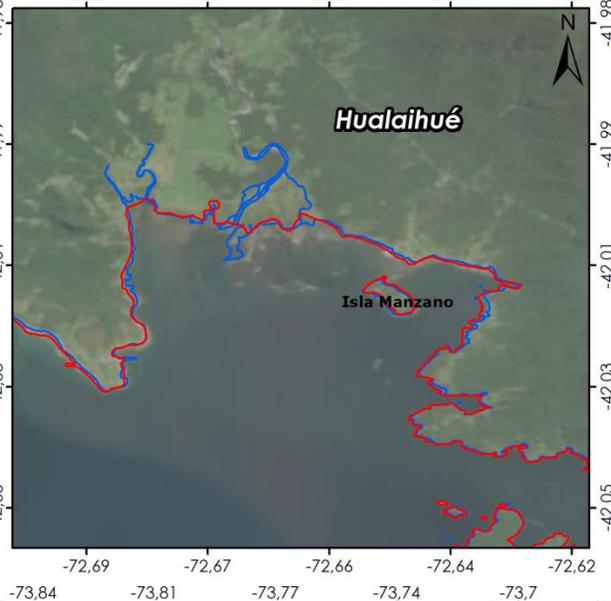
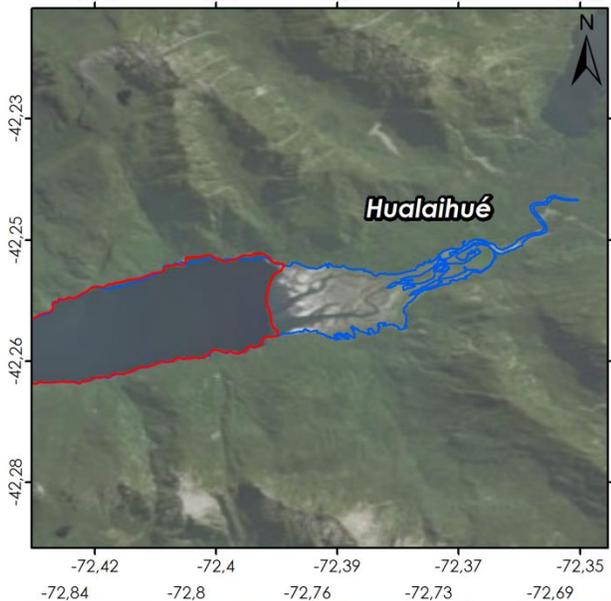
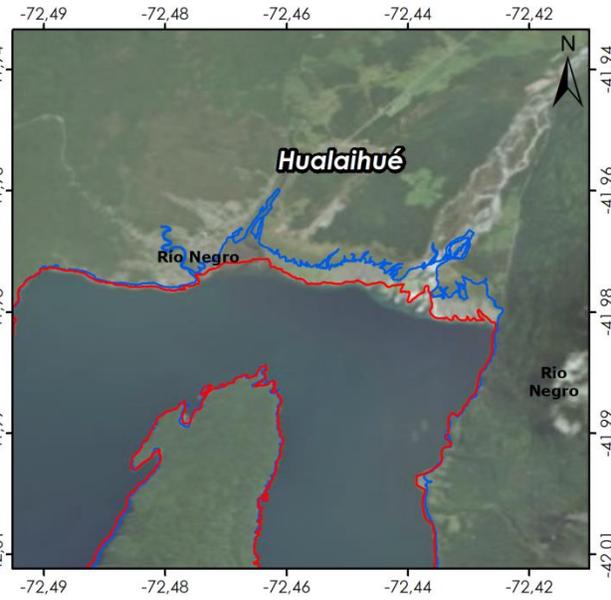
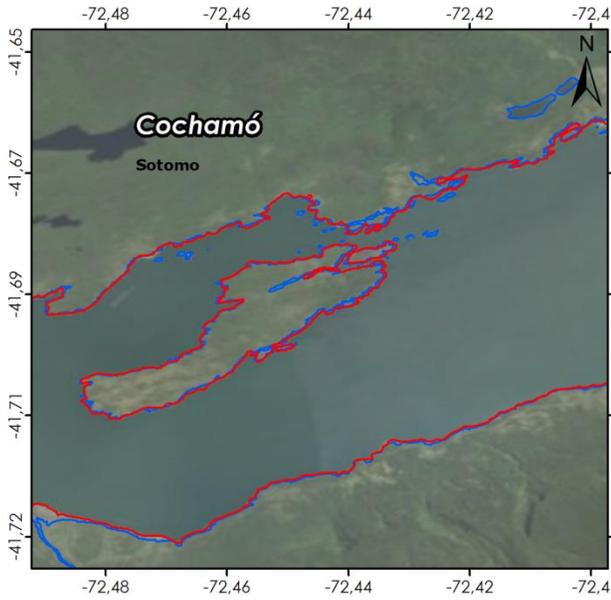




— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA



— Línea de Costa INE
 — Línea de Costa SUBPESCA



— Línea de Costa INE
— Línea de Costa SUBPESCA

