

PLAN REGULADOR COMUNAL DE MAULLIN REGIÓN DE LOS LAGOS

DOCUMENTO ANEXO N°4: ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS



DICIEMBRE de 2016

PLAN REGULADOR COMUNAL DE MAULLIN REGIÓN DE LOS LAGOS

DOCUMENTO ANEXO N°4: ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS



Fabiola Susana Zamora Calderón
RUT: 8.531.389-4
Geógrafo PUC
Msc Governance of Risk and Resources
Heidelberg

DICIEMBRE de 2016

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	1
1.2. PRESENTACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS.	1
1.3. MARCO NORMATIVO DEL ESTUDIO.	6
2. MARCO CONCEPTUAL	7
2.1. RIESGO, AMENAZA, VULNERABILIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD.....	7
2.2. TIPOS DE PELIGRO Y PROCESOS DE LA TIERRA ASOCIADOS.	9
3. CARACTERIZACIÓN SISTEMA FÍSICO NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
3.1. GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS.	11
3.2. GEOLOGÍA.	16
3.3. HIDROGEOLOGÍA.	17
3.4. HIDROLOGÍA.	19
3.5. CLIMATOLOGÍA.....	22
3.6. PELIGROS/AMENAZAS NATURALES.....	22
3.6.1. Fenómenos Endógenos.	23
3.6.1.1. Sismicidad.	23
3.6.1.1.1. Recurrencia Histórica.....	28
3.6.1.2. Volcanismo.	29
3.6.1.2.1. Recurrencia Histórica.....	34
3.6.2. Fenómenos Exógenos.....	35
3.6.2.1. Inundación.	35
3.6.2.1.1. Inundación litoral por maremoto o tsunami.....	36
A. Recurrencia Histórica.	57
3.6.2.1.2. Inundación por desbordes o próximas a napas freáticas.....	58
A. Recurrencia Histórica.	60
3.6.2.2. Remoción en masa.....	62
3.6.2.2.1. Recurrencia Histórica.....	67
3.7. PELIGROS/AMENAZAS ANTRÓPICOS.	67
3.7.1. Incendios forestales.	67
3.7.1.1. Recurrencia histórica.....	68
3.7.2. Vertederos.	70
4. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	77
4.1. PELIGROS SIN ZONIFICACIÓN.....	77
4.1.1. Peligro Sísmico.	77
4.1.2. Peligro Volcánico.	77
4.1.3. Peligro de Incendios Forestales.....	78
4.2. PELIGRO CON ZONIFICACIÓN.	79
4.2.1. Peligro de Inundación por desbordes o anegamiento.....	80
4.2.2. Peligro de Inundación por maremoto o tsunami.....	82
4.2.3. Peligro de Remoción en Masa.	84
4.2.4. Peligros antrópicos: Vertederos.	86
4.3. SINTESIS DE PELIGROS ANALIZADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	88
5. RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN	90
6. BIBLIOGRAFÍA	94

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Estudio de Riesgos, de acuerdo a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), específicamente en el Título II de la Planificación, artículo 2.1.10, donde se señala que éste forma parte de la Memoria Explicativa de un Plan Regulador Comunal.

Se presenta a continuación el Estudio Fundado de Riesgos del Plan Regulador Comunal de Mauñín (PRCM), con una caracterización de los peligros geológicos que constituyen un riesgo de catástrofe permanente o potencial, amenazando el emplazamiento de población en la localidad urbana de Mauñín.

1.1. OBJETIVOS Y METODOLOGIA DE ESTUDIO.

El Objetivo General del Estudio es levantar la información documental, sobre las áreas susceptibles a peligros naturales del área urbana de Mauñín y dentro del ámbito de acción que la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y la OGUC faculta al Plan Regulador Comunal, mediante la determinación de Áreas de Restricción para los usos de suelo definidos en la zonificación del plan.

Para lograr este fin, el Estudio presenta los siguientes objetivos específicos:

- Analizar y delimitar los principales peligros de origen natural que afectan al área de estudio.
- Identificar los factores condicionantes y detonantes de cada uno de los peligros reconocidos en el área de estudio según el artículo 2.1.17 de la OGUC.

La metodología contemplada para la consecución de estos objetivos, se centra en la revisión de los antecedentes levantados en la etapa de Diagnóstico, específicamente del sistema físico natural tales como (1) Geomorfología y Suelos, (2) Geología, (3) Sismicidad, (4) Hidrogeología, (5) Hidrología, y (6) Peligros geológicos, los que permitirán aportar la información necesaria para la determinación de los peligros detectados distinguiendo éstos según su zonificación.

Por otro lado, al considerar los Alcances y Limitaciones del Estudio, cabe destacar las dos etapas metodológicas desarrolladas: (A) Revisión de referencias bibliográficas, antecedentes históricos, fotografías aéreas, y material recogido en visitas a terreno; y (B) Evaluación de los distintos factores que condicionan la zonificación de las áreas susceptibles a ser afectadas por peligro potencial con origen geológico.

1.2. PRESENTACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS.

El ámbito del Estudio Fundado de Riesgos, Documento Anexo N° 4, es la localidad de Mauñín, esto es, aquel fragmento del territorio de la capital comunal de Mauñín configurado a partir del nuevo límite urbano formulado en el presente PRCM: a continuación se presenta brevemente la Comuna de Mauñín, en función de la información expuesta en la Memoria Explicativa del PRCM - documento del que es anexo el presente Estudio-, con mayor desarrollo para el ámbito de estudio.

La comuna de Mauñín se inserta político-administrativamente en la provincia de Llanquihue, cuyos límites corresponden a las comunas de Los Muermos y Puerto Montt (capital regional y provincial) por el norte; y Calbuco y Puerto Montt, por el este. Asimismo, sus límites físico-territoriales son el Canal de Chacao por el sur, y el Océano Pacífico por el oeste.

Su capital comunal es la localidad de Maullín, sede de la administración comunal, principal centro poblado. El sector urbano se sitúa en la confluencia de los ríos Maullín y Cariquilda, concretamente en la ribera sur y poniente respectivamente, entre las coordenadas latitud: 41°61' / 41°64', y longitud: 73°58' / 73°61'.

Cuenta con una superficie comunal de 860 km², representando el 5,78% de la superficie provincial -la 6ª de mayor tamaño-, estando conformada por dos localidades urbanas (Maullín y Carelmapu) y un extenso territorio rural, donde emergen localidades como La Pasada, Lolcura, o Quenuir, y sectores como Ainco, Amortajado, Astillero, Changue, Chuyaquen, Godoy, Huayun, Lepihué, Misquihué, Olmopulli, Peñol, Puelpún, o San Pedro Nolasco, entre otros.

Atendiendo a sus variables socio-demográficas, y teniendo de referencia los datos preliminares del Censo 2012 (INE) -concretamente la tasa de crecimiento intercensal 2002/2012-, destaca que seis de las treinta comunas regionales crecieron por sobre el 10,3% de la Región, representando el 40,9% de la población regional, y catorce tuvieron un decrecimiento de su población, representando el 18,7% de la población regional. En este sentido, mientras Maullín contaba con una población comunal de 17.115 hab., en 1992, pasó a registrar 15.580 hab., en 2002 (variación intercensal del -9%), para contabilizar un leve crecimiento en 2012, con 15.707 hab. Esta variación intercensal por tanto, en lugar de decrecer aumentó un 0,8%: si consideráramos la diferencia que supone con respecto al periodo anterior, 1992-2002 donde la variación intercensal fue fuertemente negativa (-9%), es de esperar que la tendencia creciente se mantenga, y ello proyectaría para 2045 (horizonte para el que se proyecta el presente PRCM) una población cercana a 20.430 hab.

De manera análoga, y atendiendo a la distribución territorial de la población, la población urbana aparece claramente concentrada en los distritos de Maullín, con un 91% de población urbana (3.993 habs., en el área urbana y 376 habs., en el área rural), y Carelmapu (2.903, y 814 respectivamente), con un 78% de población urbana. Con respecto a entidades superiores, la población comunal representa el 28% de la Provincia de Llanquihue.

En este sentido, cabe destacar que la superficie urbana definida por el presente PRCM para su capital comunal es de 2,79 Km² (279,4 ha) representando el 0,3% de la superficie comunal, por lo que si se consideran los datos de población del año 2002, la densidad demográfica del área urbana de su capital comunal sería de 1.589 hab/Km², es decir, 15,89 hab/ha.

Contemplando su caracterización físico-espacial, es factible distinguir cuatro ámbitos principales en la comuna: (1) Urbano, (2) Rural, (3) Oceánico, y (4) Fluvial. Esta diversidad de ámbitos en el territorio comunal, imprime un sello caracterizado por los distintos tipos de paisaje natural y cultural, y dado específicamente por el emplazamiento del enclave geográfico: la localidad de Maullín -ámbito de estudio-, dado su enclave geográfico, ejemplifica la proximidad de los ámbitos fluvial, rural, y urbano, en la comuna.

Así, la localidad de Maullín, como cabecera comunal y principal centro poblado, desempeña un papel clave como centro administrativo y de servicios urbanos, reuniendo la mayoría de los servicios públicos comunales y algunos otros de índole regional. Asimismo, desempeña un papel esencial tanto en la conectividad comunal, con el resto de las localidades dispersas en el territorio rural, como en las actividades de comercio e intercambio, entre las que destaca la interrelación de contactos y relaciones sociales a escala comunal.

La cercanía a Puerto Montt (dista de la capital regional y provincial 72,3 km.), y su buena conexión gracias a la Ruta 5 Sur (Tramo Puerto Montt-Pargua), relativizan el rol de Maullín, dado que la población comunal rural y también la población urbana, en búsqueda de mayor oferta de abaste-

A continuación se presenta un plano indicativo, destacando la comuna de Maullín, y las principales rutas de conexión comunal e intercomunal.

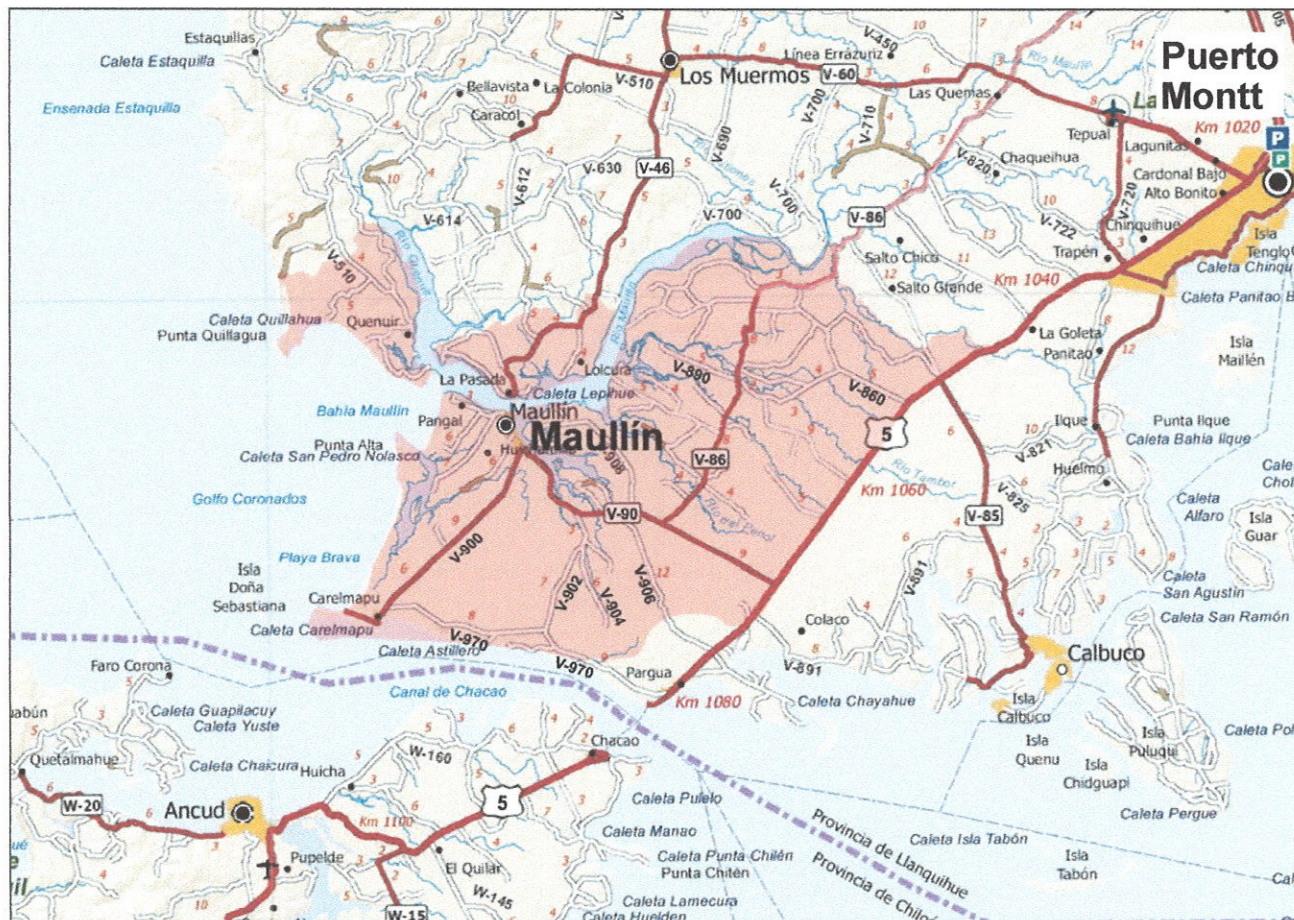


Imagen: Maullín, Ubicación comunal y local (2016). **Fuente:** Elaboración propia a partir de www.vialidad.cl



De manera análoga, se presenta a continuación un plano indicativo, destacando el límite comunal, y dentro de éste las principales localidades y rutas comunales.



Imagen: Maullín, Principales localidades comunales (2016). **Fuente:** Elaboración propia.

Por último, se presenta a continuación plano del Área de estudio (localidad de Maullín), destacando el Límite Urbano vigente, y los ríos y esteros que afectan al núcleo urbano:

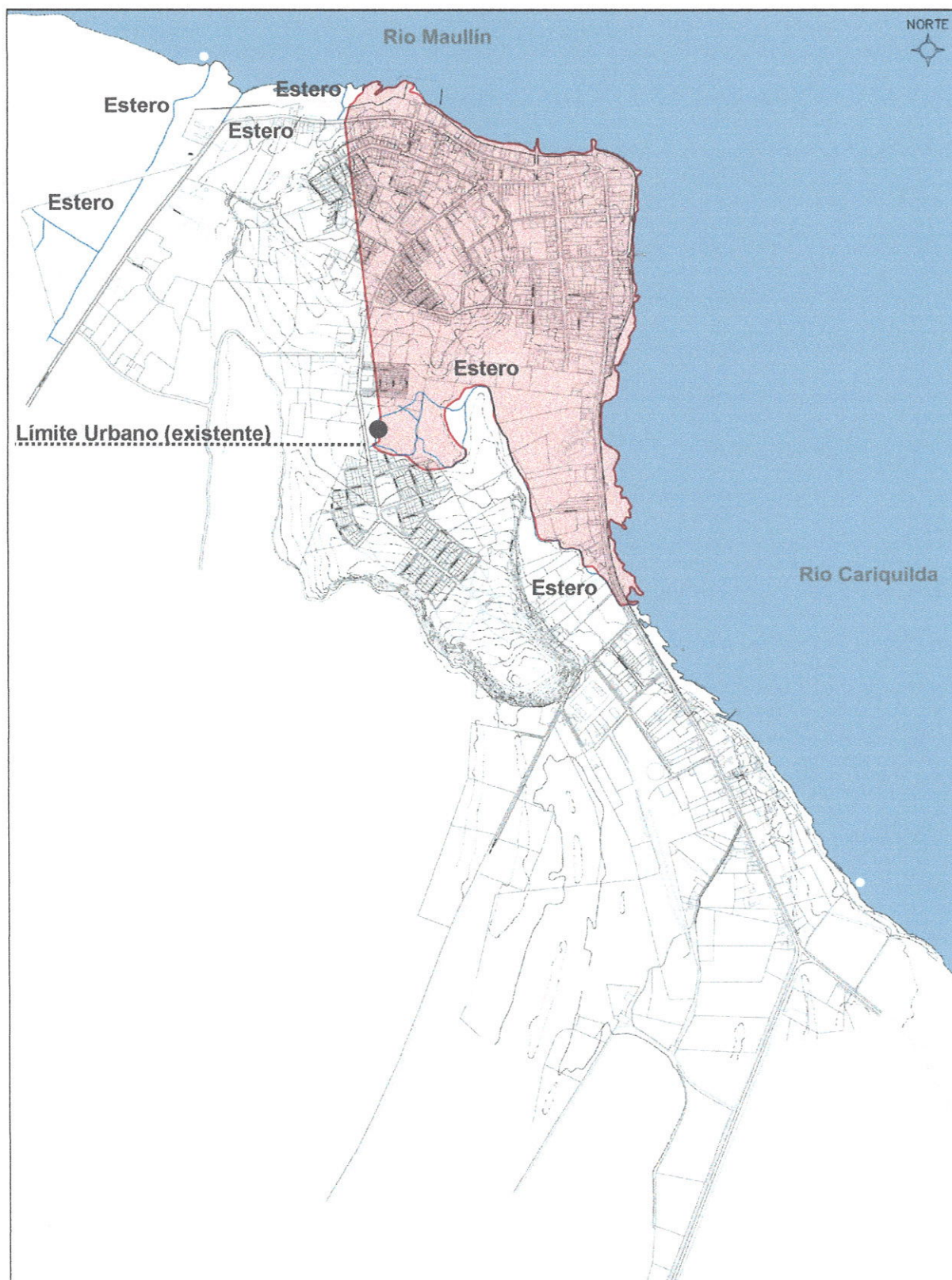


Imagen: Localidad de Maullín, LU vigente y principales esteros (2016). **Fuente:** Elaboración propia

1.3. MARCO NORMATIVO DEL ESTUDIO.

El marco normativo-legal del presente Estudio Fundado de Riesgos lo establece la LGUC en su Título II de la Planificación, artículo 42°, y la OGUC en su Título II de la Planificación, artículo 2.1.10. Asimismo, las respectivas áreas de restricción zonificadas en el presente Estudio anexo están determinadas por OGUC en su Título II de la Planificación, artículo 2.1.17.

En este sentido, la OGUC establece en el Art. Nº 2.1.17 (incisos 1º a 4º) que:

En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos.

Dichas áreas, se denominarán “zonas no edificables” o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso, como se indica a continuación:

Por “zonas no edificables”, se entenderán aquéllas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60º de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.

Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

De igual forma, en el inciso 7º del mismo artículo especifica que:

Las “áreas de riesgo” se determinarán en base a las siguientes características:

- 1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.*
- 2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.*
- 3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.*
- 4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.*

Las Áreas de Riesgo zonificadas en el presente informe, quedarán graficadas en los Planos Explicativos del PRCM, y reguladas según las normas urbanísticas establecidas en la Ordenanza Local del PRCM, cuya finalidad es mitigar o disminuir los riesgos.

2. MARCO CONCEPTUAL

El Marco Conceptual que soporta el desarrollo teórico del presente Estudio Fundado de Riesgos se entiende a partir de los conceptos de Riesgo, Peligro y Susceptibilidad, así como de los Tipos de peligros y procesos de la tierra asociados a éstos.

2.1. RIESGO, AMENAZA, VULNERABILIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD.

El estudio de riesgos analiza, caracteriza y localiza los procesos naturales extremos que pueden representar una amenaza potencial o daño a la población y al ambiente que les rodea.

Según Naciones Unidas (ONU), a través del "Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres: Vivir con el Riesgo"¹, se define el **Riesgo** como *"probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro del ambiente), resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad."*

Convencionalmente el riesgo es expresado como función de amenaza, vulnerabilidad y capacidad. Algunas disciplinas también incluyen el concepto de exposición o valoración de los objetos expuestos para referirse principalmente a los aspectos físicos de la vulnerabilidad.

Más allá de expresar una posibilidad de daño físico, es crucial reconocer que los riesgos pueden ser inherentes, aparecen o existen dentro de sistemas sociales.

Igualmente es importante considerar los contextos sociales en los cuales los riesgos ocurren; por consiguiente, la población no necesariamente comparte las mismas percepciones sobre el riesgo y sus causas subyacentes".

En términos similares se pronuncia la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), a través del "Plan Nacional de Protección Civil"², al definir que *"el **Riesgo** es la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. El valor específico de daños se refiere a las pérdidas que la comunidad está dispuesta a asumir, y se conoce como riesgo aceptable."*

El Riesgo se configura por la relación entre factores de amenaza y factores de vulnerabilidad, y son interdependientes y directamente proporcionales. Los escenarios de riesgos, en tanto, se configuran de acuerdo a las variables de riesgo independientes o interrelacionadas en una área determinada, todo lo cual requiere de rigurosos estudios para acceder a una adecuada estimación de riesgos a considerar en las respectivas planificaciones de desarrollo sostenible".

Con respecto al concepto de **Amenaza**, la ONU en el citado informe establece que es un *"evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de actividad social y económica o degradación ambiental."*

Las amenazas incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas).

Pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad".

¹ ONU, (2004).

² ONEMI, (2002).



En ésta línea se pronuncia igualmente la ONU en la EIRD³ al definir que **Amenaza, Peligro o peligrosidad** “es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un área (lugar) dada”.

En términos similares se pronuncia la ONEMI, al definir que “La **amenaza** se concibe como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas”⁴.

Por último, respecto del concepto de **Vulnerabilidad**, ONU establece que está conformada por aquellas “condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la **susceptibilidad** de una comunidad al impacto de amenazas.

Para factores positivos que aumentan la habilidad de las personas o comunidad para hacer frente con eficacia a las amenazas, véase la definición de capacidad”⁵.

En términos similares se pronuncia la ONEMI definiendo que “la **vulnerabilidad** se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado”⁶.

Asimismo, de acuerdo a lo establecido en la guía metodológica de SUBDERE⁷, el análisis de vulnerabilidad igualmente debe identificar los **sistemas estratégicos**, esto es, “sistemas que se pueden ver afectados por una o más amenazas naturales y que la afectación producirá consecuencias desastrosas producto de su vulnerabilidad sobre la sociedad o comunidad”.

De la misma manera, señala que esta identificación “permitirá al planificador la caracterización de los sistemas identificando su funcionalidad, componentes y localización para posteriormente realizar una priorización que permita discriminar sobre su relevancia”.

De este modo, “un sistema es estratégico porque su funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural, porque su estructura proporciona seguridad, porque alberga alta densidad poblacional, porque en caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o genera grandes daños que implicaría el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.

En general, se puede señalar que los sistemas son estratégicos porque son necesarios para la salud, seguridad y prosperidad de la comunidad...

De manera análoga, especifica que las catego-

INST. ESENCIALES	INST. CON ALTO POTENCIAL DE DAÑO	REDES DE TRANSPORTE	REDES VITALES
- Policía - Escuelas	- Inst. de almacenamiento y producción de sustancias peligrosas	- Vías carreteras - Puertos	- Sist. de Agua - Sist. de Alcantarillado
- Hospitales - Bomberos - Oficinas Públicas	- Acumulación de Agua	- Aeropuertos - Terminales de Buses - Sist. ferroviario	- Sist. de Combustibles - Sist. Eléctrico - Sist. de Comunicación

Tabla: Sistemas Estratégicos. Fuente: SUBDERE⁷.

³ EIRD (1979).

⁴ ONEMI, (2002).

⁵ ONU, (2004).

⁶ ONEMI, (2002).

⁷ SUBDERE (2011).



rías de estudio, son: (a) Instalaciones esenciales “sistemas que al verse afectados negativamente por un desastre natural limitan la capacidad de gestión de la emergencia y restringen las opciones de respuesta efectiva durante y después del evento”, (b) Redes de transporte “sistemas que facilitan la gestión de emergencia, debido a que permiten la movilidad de las personas y reparación de otras instalaciones críticas, en caso de inhabilitarse las redes de transporte los territorios se ven afectados por aislamiento”, y (c) Redes vitales “sistemas que están distribuidos espacialmente en el territorio que por su extensión están altamente expuestas a eventos naturales y proporcionan servicios de primera necesidad, que de ser inhabilitados alguno de ellos la población presentarían una situación de emergencia”.

Otro concepto fundamental para identificar las potenciales amenazas que pudiesen afectar a una localidad urbana como Maullín, es el de **Susceptibilidad**, que alude a “posibilidad que una zona se vea afectada por un determinado proceso, expresada en grados cualitativos y relativos”⁹ y que depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos o externos a los propios materiales geológicos.

Al respecto, Naciones Unidas especifica en el citado informe que “cualquiera que sea la incidencia de

una amenaza para provocar un desastre, actualmente hay consenso en que las condiciones prevalecientes en un grupo cualquiera de personas pertenecientes de una sociedad, determinan su susceptibilidad o resiliencia a las pérdidas o daños”¹⁰.

Para el caso de este estudio, y de acuerdo al marco legal que lo sustenta, se entenderá Riesgos como un concepto equivalente a amenaza, producto que la OGUC define amenazas nominándolas como riesgos.

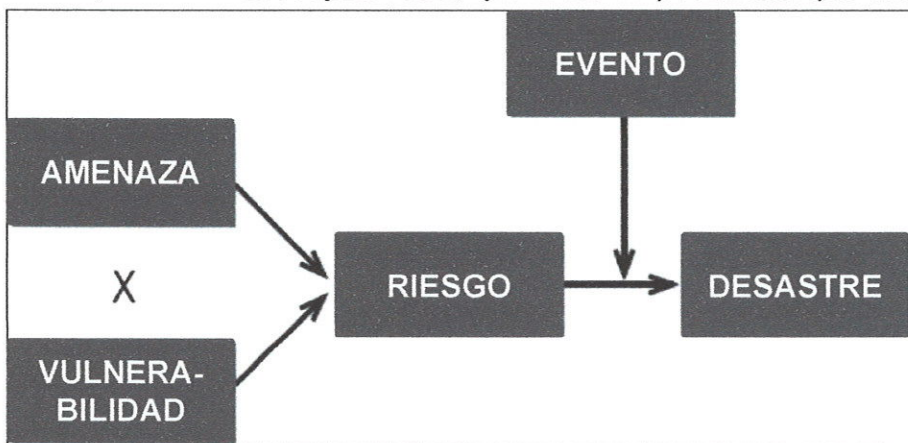


Imagen: Riesgo de Desastre, resultado de Amenaza y Vulnerabilidad.

Fuente: GTZ (2001)⁸.

2.2. TIPOS DE PELIGRO Y PROCESOS DE LA TIERRA ASOCIADOS.

En el análisis de aquellos fenómenos que suponen un peligro para la vida y la actividad humana, el presente Estudio Anexo examina los **fenómenos geodinámicos**, es decir, todos aquellos “movimientos que experimenta la Tierra..., [considerando] tanto aquellos que se originan en su interior (geodinámica interna), como los que se generan por la interacción de la hidrósfera y/o atmósfera (fuerzas externas) sobre la corteza terrestre”¹¹

Asimismo, cabe considerar la relación existente entre ambos fenómenos, siendo los exógenos consecuencia de la gran actividad silenciosa, desarrollada bajo de la corteza terrestre, y que tiene

⁸ GTZ, (2001).

⁹ GONZÁLEZ DE VALLEJO, et al., (2002).

¹⁰ ONU, (2004).

¹¹ MEDINA, (1991).

a la litosfera como el resultado de la acción, por un lado, de una serie de fuerza internas (geodinámica interna), como, por ejemplo la tectónica y el vulcanismo, y por otro, de la fuerzas externas (geodinámica externa), como la lluvia, el hielo, el viento, etc.

De esta manera, el estudio de ambos fenómenos, internos o endógenos y externos o exógenos, permite comprender la ocurrencia de aquellos procesos que suponen un peligro para la vida y la actividad humana, conociendo sus causas o factores, condiciones de desarrollo y también sus efectos sobre la superficie terrestre.

Para el Área de Estudio se identificaron los siguientes procesos:

A. Procesos internos o endógenos de la Tierra: son aquellos que tienen su origen en la manifestación de la energía interna de la tierra, operando bajo la corteza terrestre, y dando origen a fenómenos: tectónicos (solevantamiento o depresiones topográficas, formación de cadenas montañosas), sísmicos y volcánicos. En el Área de Estudio se analizarán:

- **Fenómenos sísmicos:** se presentan como procesos de liberación súbita de energía mecánica, producidos fundamentalmente por movimientos tectónicos al interior de la tierra, y donde parte de esa energía se transmite mediante ondas que viajan por la superficie de la corteza terrestre. La caracterización geográfica de estos fenómenos determina Zonas con peligro de ser afectadas por sismicidad.
- **Fenómenos volcánicos:** se presentan como procesos de liberación de material fundido (magma) y gases, generados en el interior de la Tierra como consecuencia fundamentalmente de movimientos tectónicos. La caracterización geográfica de estos fenómenos determina Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.

B. Procesos exógenos o externos de la Tierra: son aquellos que manifestándose sobre la superficie de la corteza terrestre, presentan un agente detonante también externo, y resultan de la interacción entre la corteza terrestre y la atmósfera, hidrosfera y biosfera. Entre otros cabe destacar: remoción en masa, inundación, meteorización, o fenómenos eólicos (huracanes). De acuerdo a las condiciones del Área de Estudio se analizarán:

- **Fenómenos de inundación:** se presentan como procesos de invasión de agua, originados por el sobre-escurrimiento superficial (desbordamiento), por la sobre-acumulación en terrenos planos (anegamiento), o por movimientos sísmicos submarinos (maremoto o tsunami), donde el área sumergida presenta incapacidad en el sistema de drenaje ya sea natural o artificial. La caracterización geográfica de estos fenómenos determina Zonas inundables o potencialmente inundables.
- **Fenómenos de remoción en masa:** se presentan como procesos de movimiento en masa fundamentalmente gravitacionales (desplomes y derrumbes) o movimiento de fluidos (corrientes de barro, avalanchas, rodados, aluviones, aludes, etc.). Estarían incluidos, por tanto: deslizamientos, flujos de detritos y barro, y desprendimientos o caída de Rocas. La caracterización geográfica de estos fenómenos determina Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.

3. CARACTERIZACIÓN SISTEMA FÍSICO NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La siguiente Caracterización complementa y profundiza lo recogido en la Memoria Explicativa del PRCM, documento del que es anexo el presente Estudio, y basa su desarrollo en el análisis de: (1) Geomorfología y suelos, (2) Geología, (3) Hidrogeología, (4) Hidrología, (5) Climatología, (6) Peligros/Amenazas Naturales, y (7) Peligros/Amenazas de Origen Antrópico.

3.1. GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS.

La caracterización geomorfológica de la comuna muestra dos unidades de relieve diferentes:

- a) Planicie Litoral: es producto de los movimientos de ascenso y descenso de bloques costeros ocurridos durante los periodos Terciario y Cuaternario. Se presenta generalmente en forma de terraza extendiéndose entre el mar y la Cordillera de la Costa. En los lugares donde no se encuentra presente, es posible identificar farellones costeros, los cuales se levantan desde el nivel medio del mar alcanzando alturas en promedio de 1000 m.¹²
- b) Depresión Intermedia o Valle Central: se denomina depresión intermedia al área comprendida entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes, cuya formación se generó durante el Terciario cuando esta área comienza a hundirse al tiempo en que ambas cordilleras sufrían procesos de levantamiento. Esta zona es rellenada por diversos materiales como consecuencia de la actividad de hielos, ríos, vientos y otros agentes.¹³

A continuación se presenta plano explicativo de esta división entre unidades geomorfológicas:

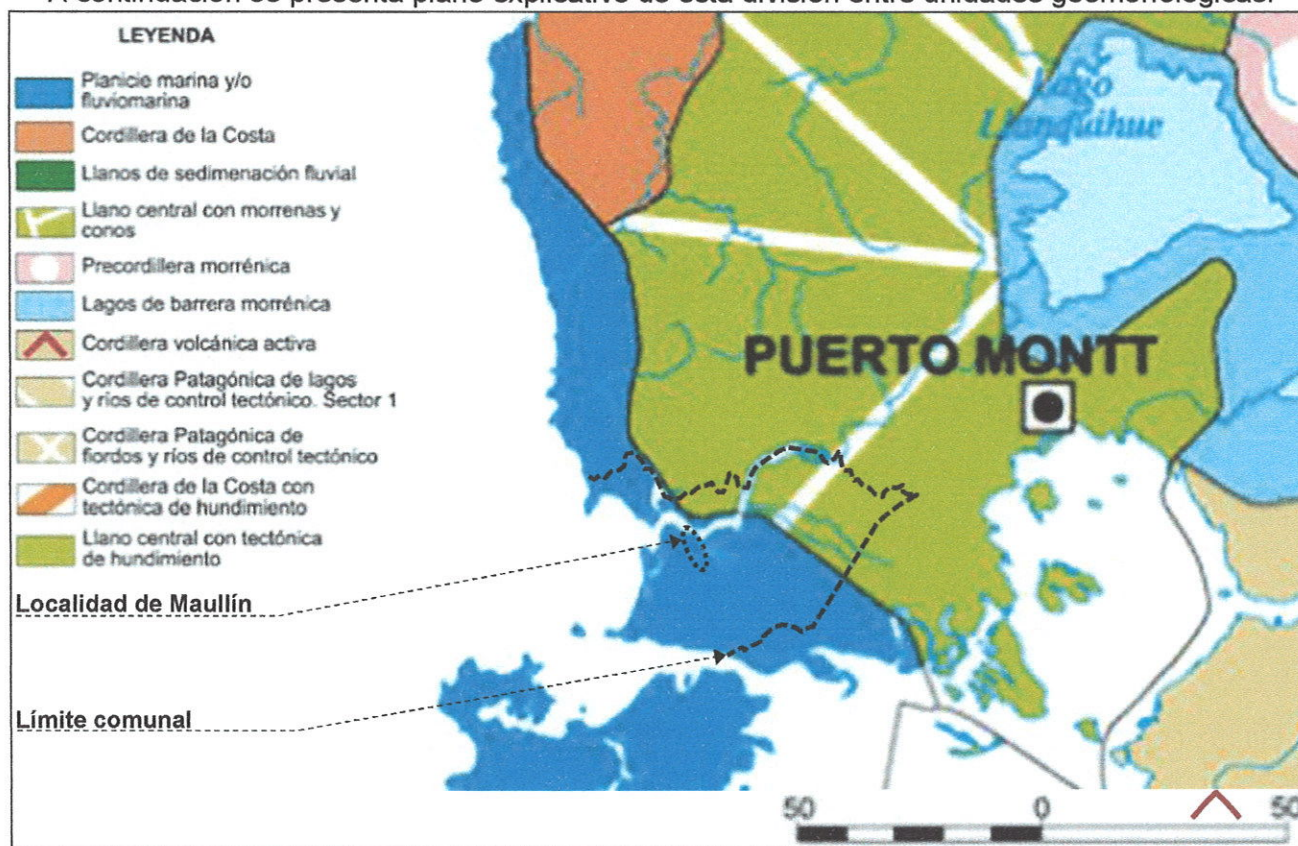


Imagen: Unidades Geomorfológicas. Fuente: PRDU, Región de Los Lagos (2012) a partir de Borgel (1983).

¹² ERRÁZURIZ, et al., (1987).

¹³ MOP, (2012).

En la Comuna, la división entre ambas unidades se manifiesta desde el límite norponiente de la comuna, descendiendo hacia el sur por el río Quenuir, avanzando paralela a la costa norte del río Mauñín hasta el espacio definido entre los ríos Peñol y Cebadal, para descender finalmente hacia el suroriente hasta el espacio intermedio entre las localidades de Cumbre del Barro y Los Lingues.

En cuanto a la **caracterización de los suelos comunales**, se detectan tres asociaciones: (1) Complejo Pucatrihue-Bahía Mansa, que incluye la Serie La Pasada, (2) Complejo Ñadi¹⁴ Cariquilda-Misquihué, donde “además de las dos Series con estos nombres se incluyen las Series Olmopulle y Ñadi Las Quemas”, y (3) Trumao Misquihué.¹⁵

- **Serie La Pasada:** Situada al Norte de Mauñín, ocupa aproximadamente 200 ha. Se caracteriza por presentar: suelo aluvial, evolucionando sobre arenas basálticas, formado por minerales mezclados en las diversas avenidas de los ríos y esteros vecinos; modo de formación sedimentario; buena permeabilidad hasta 34 cm. de profundidad, más abajo es lenta; fertilidad moderada a baja; clima templado frío (zona climática “Costa occidental con influencia mediterránea”); topografía plana, con pendientes de 0-1%; susceptibilidad a erosión eólica; y vegetación natural de pradera entre las que sobresalen las gramíneas.
- **Serie Cariquilda:** Situada al Este de Mauñín, se sitúa dentro del Complejo Ñadi Cariquilda-Misquihué cuya extensión es de 155,562 ha. Se caracteriza por presentar: suelo formado a partir de grava de basalto y granito de origen glacial y glaciofluvial; modo de formación sedimentario; permeabilidad moderada a deficiente; clima templado frío (zona climática “Costa occidental con influencia mediterránea”); topografía de lomajes suaves (plana-ondulada) y áreas bajas pantanosas; susceptibilidad a erosión eólica; y vegetación natural a base de ulmo, tepa, coigüe, mañío, canelo.
- **Serie Olmopulle:** Situada próximo a la localidad de Olmopulli (Mauñín), ocupa aproximadamente 5.000 ha dentro del Complejo Ñadi-Cariquilda-Misquihué. Se caracteriza por presentar: suelo formado a partir de cenizas volcánicas mezcladas, unas antiguas, y otras relativamente modernas; modo de formación sedimentario; permeabilidad moderadamente rápida; fertilidad baja; clima templado frío (zona climática “Costa occidental con influencia mediterránea”); topografía de lomajes suaves (plana-ondulada); sin erosión eólica; y vegetación natural perteneciente a la formación de Selva Valdiviana de la Costa.
- **Serie Ñadi Las Quemas:** situado próximo al límite oriental de la comuna de Mauñín, ocupa aproximada de 2.000 ha dentro del Complejo Ñadi-Cariquilda-Misquihué. Se caracteriza por presentar: suelo derivado de cenizas volcánicas; modo de formación sedimentario; permeabilidad lenta; baja fertilidad; clima templado frío (zona climática “Costa occidental con influencia mediterránea”); topografía plana; sin erosión eólica; y vegetación natural denominada Ñirre.
- **Serie Trumao Misquihué:** situado al nororiente de la comuna, cubre el 70% de una superficie aproximada de 39 ha, el resto corresponde a los Suelos Las Quemas y Ñadi Alerce; también se encuentra distribuido en los 155,562 ha del Complejo Ñadi-Cariquilda-Misquihué, donde ésta última Serie representa más o menos un 45%. Se caracteriza por presentar: suelo formado a partir de cenizas volcánicas frescas y antiguas sobre morrenas glaciales; modo de formación sedimentario; clima templado frío (zona climática “Costa occidental con influencia

¹⁴ “La palabra “Ñadi” es de origen araucano y significa pantano de temporada” (DÍAS, 1959-1960).

¹⁵ DÍAS, et al., (1959-1960).



mediterránea"); topografía; topografía de lomajes suaves (plana-ondulada); sin erosión eólica; y vegetación natural de roble, ulmo, coigüe, etc., que corresponde a la formación denominada "Selva Valdiviana de la Costa".

De este modo, puede establecerse que exceptuando en la Serie La Pasada, el área presenta suelos caracterizados por bosques de Ñadi, los que corresponden a una condición particular de sustrato consistente en el desarrollo de un duripán de óxidos de hierro (fierrillo) a poca profundidad, lo que origina un suelo poco profundo, de drenaje impedido y alta acidez. Por todo ello, durante gran parte del año se encuentra saturado de agua, y si ocurren periodos muy secos se deseca fácilmente la superficie.¹⁶

En general, la comuna se desarrolla en los suelos "Ñadis", los que corresponden a un grupo de suelos de "Trumao" que poseen un mal drenaje y la presencia de un hard pan férrico, conocido por los agricultores como "fierrillo". Son suelos derivados de cenizas volcánicas de topografía extremadamente plana, moderados a delgados en profundidad. Las texturas en la superficie van de franco arenosa fina a muy fina a franco arcillo arenosa fina, predominando las texturas franco limosas, de estructura granular a bloques sub angulares finos muy débiles, con gran cantidad de materia orgánica y raíces. En profundidad las texturas van de franco arcillo arenosa fina a franco arcillosa, con tendencia a estructura prismática y las raíces sólo se mueven en las caras de los prismas. Esto hace que la real profundidad del suelo sea menor que la de sus horizontes observables antes de llegar al horizonte compactado o cementado. Los pH van de fuertemente ácidos en la superficie a medianamente ácidos en profundidad. Los colores usualmente amarillentos y más claros cuando los fenómenos de reducción son más intensos¹⁷.

Además, presenta sedimentos continentales (fluviales, glaciales, lacustres), y en parte sedimentos marinos, sobre los que se desarrollan Andepts (trumaos) y Acuepts (ñadis)¹⁸. En este sentido cabe destacar que mientras los suelos trumaos tienen como material de origen básicamente ceniza y polvo volcánico transportado por el viento, los ñadis en cambio, han evolucionado a partir tanto de ceniza volcánica depositada por el viento, como re transportada por el agua, incorporándose al suborden acuept, por su desarrollo en condiciones higromórficas.

En consecuencia, son reconocibles en el territorio comunal: (1) Extensas zonas caracterizadas como pantano -ciénagas localizadas en las riberas del río Maullín próximas a su desembocadura, allí donde se producen los cambios de corriente marítima, y en los ríos San Pedro Nolasco y Las Lajas, cuyas hoyas hidrográficas corren paralelas a la costa, limitando zonas costeras de arena y dunas-, y (2) Terrenos sujetos a inundación -localizados hacia el interior del territorio, siguiendo los cursos fluviales, segmentados por los afluentes directos del río Maullín-. De esta manera, los suelos se caracterizan por un área de influencia inundable y pantanosa de la red fluvial y un territorio interior donde se evidencia vegetación, de bosques y matorrales¹⁹.

¹⁶ DONOSO, (1992).

¹⁷ DGA-CADE IDEPE, (2004).

¹⁸ VALDÉS, (1969).

¹⁹ BÖRGEL, (1985).

A continuación se grafican los usos de suelo en el territorio comunal de Mauñín:

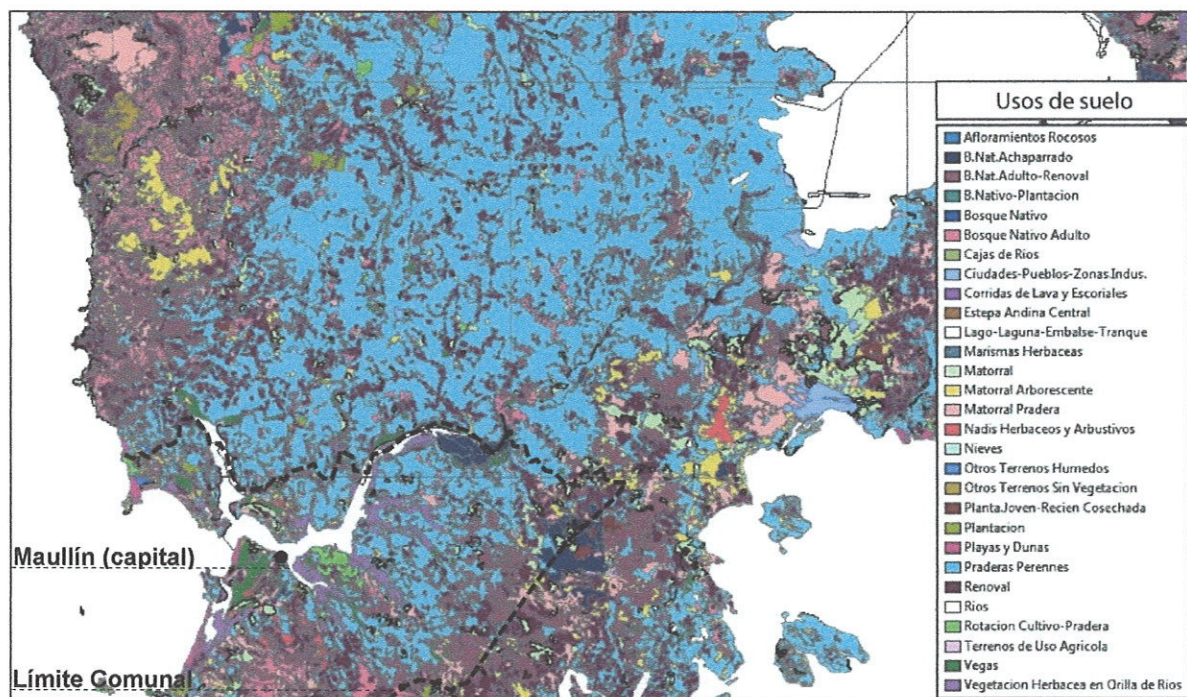


Imagen: Usos de Suelo en área de estudio. Fuente: Sistema de información Territorial, CONAF²⁰.

Como conclusión, la característica esencial del componente de suelo de la localidad de Mauñín, es la existencia de suelos ñadis -según composición geomorfológica-, en depresiones pantanosas con vegetación hidrófita. Todo ello constituye un factor condicionante al emplazamiento de actividades, y por tanto determinante en las Áreas de restricción al desarrollo urbano.

Respecto de la topografía, cabe destacar que el territorio comunal se caracteriza por presentar un descenso en las alturas del continente, el llano Central se desplaza hacia el oeste confundiendo con el litoral, con un relieve montañoso costero de suaves lomajes. Pertenece a la subregión morfológica de Planicie litoral de sedimentación marina y fluvio-marina, denominada planicie de Mauñín. El área urbana de Mauñín presenta en su geomorfología local la presencia del Cerro Tentén, unidad de relieve altamente condicionante del carácter del asentamiento local. Su forma se caracteriza por constituir una meseta suave con pendientes promedios inferiores a 10% (4,5°) aproximadamente en su vertiente Norte y Norponiente, con buena aptitud para urbanizaciones.

Lo anterior contrasta ostensiblemente con la vertiente sur, en la que se presenta una topografía con pendientes abruptas que superan el 35% admisible para asentamientos.

A continuación se grafica la topografía de la localidad de Mauñín donde, frente a la depresión natural protagonizada por los ríos Mauñín y Cariquilda, emerge el Cerro Tentén -con una altura máxima de 48 m-, y el sector alto de Nicolás Díaz:

²⁰ I. M. DE MAULLÍN - ECCOPRIME, (2013).

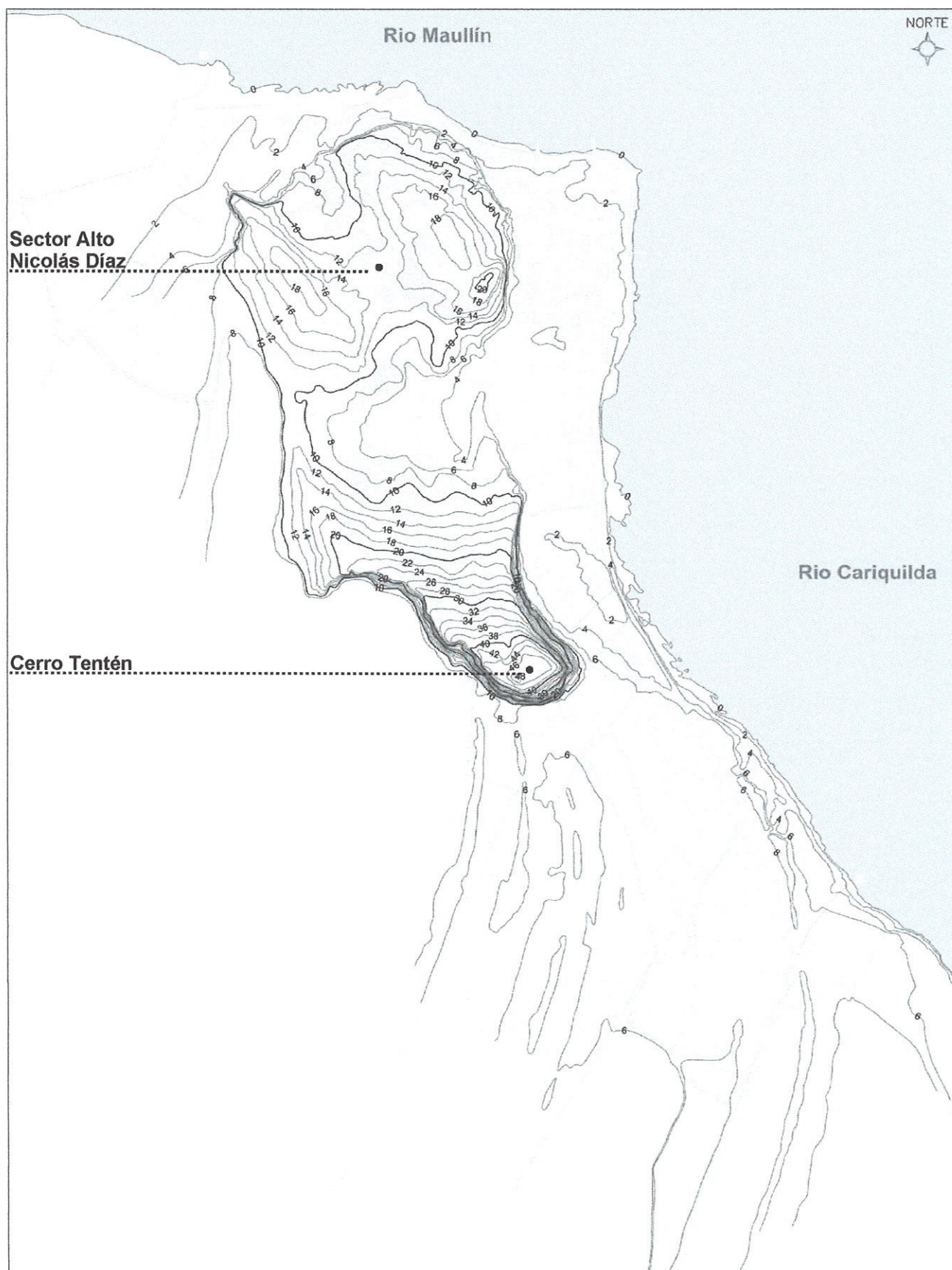


Imagen: Localidad de Maullín, topografía (2016). Fuente: Elaboración propia.

3.2. GEOLOGÍA.

En la caracterización geológica comunal se distinguen tres categorías de suelos, según el mapa geológico del Instituto de Investigaciones Geológicas (I.I.G.), como señala la siguiente tabla:

ZONIFICACIÓN DEL TERRITORIO DE MAULLÍN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN SUELO GEOLÓGICO
- Litoral costero: zonas de arenas y dunas.	TTem	- EOCENO MIOCENO: Rocas sedimentarias marinas y/o continentales con intercalaciones de mantos de carbón y pizarras bituminosas. Principalmente rocas sedimentarias marinas del Mioceno.
- Zona interior: ciénaga pantano Maullín, terrenos inundables, suelos de bosques y matorrales.	Qap	- CUATERNARIO y en parte Terciario: Sedimentos fluviales, lacustres y glaciales, incluye sedimentos de terrazas marinas y depósitos de pie de monte de posible edad terciaria.
- Zona norte del territorio comunal, nacimiento de la subcuenca del río Quenuir.	Ppe	- PALEOZOICO y/o PRECAMBRICO: Gneisses, anfibolitas, esquistos, filitas, cuarcitas y pizarras.

Tabla: Categorización de Suelos comunales.

Fuente: Mapa Geológico del Inst. Inv. Geológicas (I.I.G.), ENAP y Departamento Geología U. de Chile.

De acuerdo al Mapa Geológico de Chile²¹ escala 1:1.000.000, tanto en la Comuna de Maullín como en la localidad de Maullín (Área de Estudio) se detectan secuencias sedimentarias propias de la depresión intermedia, encontrándose depósitos de tres tipos:

- Rocas Q1g1 (Q1f), del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue.
- Rocas Q1g2, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Sta. María.
- Rocas Qm, del tipo sedimentaria Pleistoceno-Holoceno: Depósitos litorales no consolidados que presentan características de arenas finas, limos y arcillas macizas, que afloran principalmente en las riberas y barras del río Maullín y sus tributarios y que, aguas arriba interdigitan con depósitos fluviales.

²¹ I. M. DE MAULLÍN - ECCOPRIME, (2013).

A continuación se presenta fragmento del referido plano de Mapa Geológico de Chile:

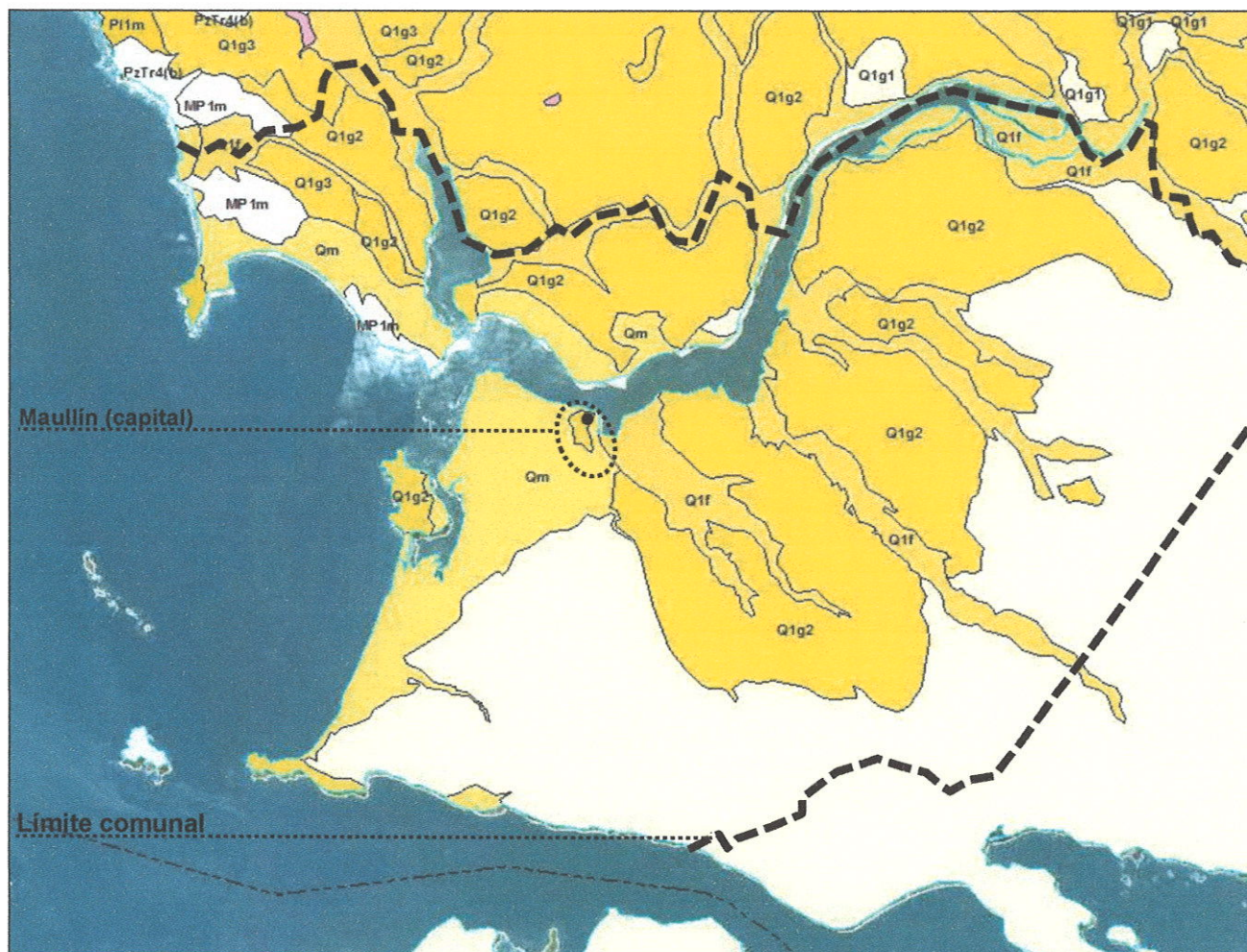


Imagen: Mapa Geológico comunal de Mauñín. Fuente: Elaboración propia a partir de Mapa Geológico de Chile²².

De esta manera, la geología del Área de Estudio (localidad de Mauñín) está constituida principalmente por depósitos del Pleistoceno-Holoceno, los cuales son producto de procesos de aluviones y coluvios, así como también de glaciares, fluvioglaciales y glacialacustres.

3.3. HIDROGEOLOGÍA.

La caracterización hidrogeológica comunal está protagonizada por la cuenca hidrográfica del río Mauñín, concretamente por sus tramos de Valle central y Desembocadura²³:

- Valle Central: “destaca por su baja altitud con respecto al nivel del mar por el cual escurre un acuífero en dirección Sur y SSW. El medio por el cual escurre el acuífero es material de relleno o depósitos no consolidados de origen glacial, consistente en morrenas y materiales aluviales de alta permeabilidad”.

²² SERNAGEOMIN, (2002).

²³ I. M. DE MAUÑÍN - ECCOPRIME, (2013).

- A continuación se visualiza las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Maullín, representadas en el Mapa Hidrogeológico de Chile:



De manera análoga, se representa a continuación la hidrogeología del ámbito comunal esta vez apreciando dentro de la zona de importancia “Alta a media” (referida para este ámbito), aquellas áreas con “alta importancia” (margen sur del río Mauñín) de aquellas con “muy alta importancia”:

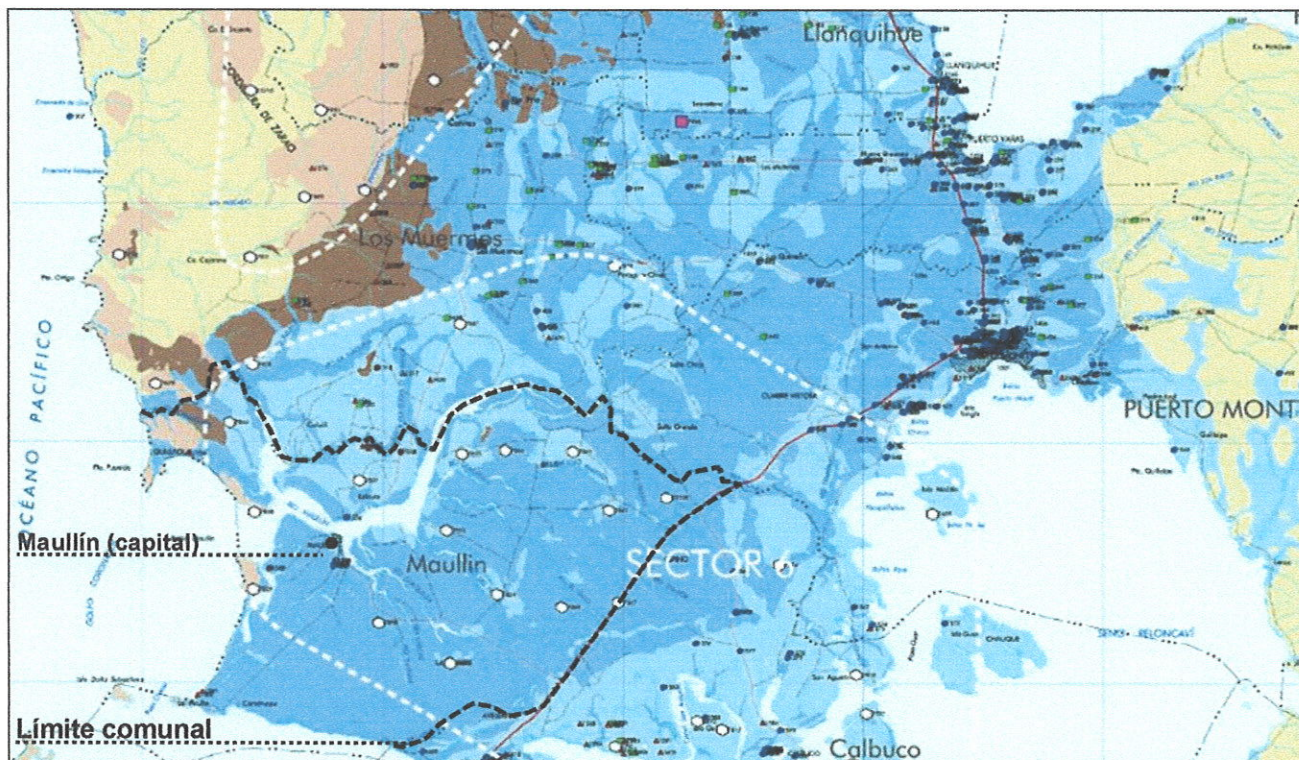


Imagen: Mauñín, Mapa Hidrogeológico. Fuente: Zonas de Potencial y Captaciones de Agua (SERNAGEOMIN).

3.4. HIDROLOGÍA.

La caracterización del sistema hidrológico de la Comuna de Mauñín corresponde a la desembocadura del Río Mauñín, cuyos tributarios se presentan tranquilos, con regulación lacustre en la zona húmeda de Chile, que se extiende desde la cuenca del río Biobío hasta el Canal de Chacao.

El territorio presenta cuencas lacustres cerradas (lagos) por morrenas antepuestas a la cordillera, entre el macizo andino y la depresión intermedia, como efectos de la glaciación cuaternaria. Estos cuerpos de agua caracterizan el paisaje y condicionan el régimen fluvial de la zona, siendo de tipo morfológica alargada, característica de fiordo interior y de origen glacial. De ahí que la discontinuidad en el escurrimiento de los ríos sea producto de la existencia de estos lagos intermedios. Además, en épocas pasadas, se generaron embancamientos en los ríos, y barras en sus desembocaduras²⁵. A continuación se muestran las cuencas y subcuencas de la zona:

Cuencas y subcuencas	Superficie (Km ²)	Longitud (Km)	Partícula Alejada (Km)	Gasto o caudal 50% (m ³ /s)	Gasto 80% m ³ /s	QM (m ³ /s)	Especif. (L/s/Km ²)
Río Valdivia	9902	15	202	651	585	687	91.0
Río Calle Calle	5267	55	187	-	-	-	
Río Cruces	3233	50	125	-	-	-	

²⁵ NIEMEYER, (1984).

Cuencas y sub-cuencas	Superficie (Km ²)	Longitud (Km)	Partícula Alejada (Km)	Gasto o caudal 50% (m ³ /s)	Gasto 80% m ³ /s	QM (m ³ /s)	Especif. (L/s/Km ²)
Río Bueno	17210	130	200	525	428	570	98.7
Río Llolelhue	710	95	95	-	-	-	
Río Pimalquén	2647	68	150	-	-	-	
Río Rahue	6510	120	166	-	-	-	
Río Maullín	4298	85	130	75	66	73	122.0
Río Chamiza	725	30	68	-	-	-	
Río Petrohué	2644	36	103	271	189	278	122.0

QM = Caudal Medio
Gasto específico = Módulo de un río dividido por la superficie de la cuenca situada aguas arriba de la estación pluviométrica considerada.

Tabla: Cuadro Análisis comparativo de la hoya del río Maullín. **Fuente:** Niemeyer F., H. 1982 y Lobo, E., 1978.

El lago Llanquihue, segundo lago más extenso de Chile con una superficie de 860 Km², es el punto donde nace el río Maullín y presenta bordes de bajas costas o lomajes suaves y regulares, una profundidad máxima por encima de los 350m.

La cuenca hidrográfica del río Maullín corresponde a una hoya preandina, con una extensión de 4.298 Km². Nace en la costa occidental del Lago Llanquihue, recorriendo la depresión intermedia en dirección sur-oeste, con una longitud de 85 Km, teniendo como el principal afluente al Río Negro, luego llega a la costa del océano pacífico en forma de un gran estuario. Presenta un régimen típico pluvial, con caudal medio de 100 m³/s.

En su desembocadura constituye una ría afectada por la marea, que en época de sicigia alcanza 2,5 m de amplitud, por lo que en sus orillas se encuentran extensas marismas que ocupan el espacio intermareal. Estas se componen de depósitos fangosos que muestran dos niveles: el inferior sin vegetación e inundado en cada pleamar, y el superior cubierto por asociaciones vegetales halófitas y sumergido solamente durante las pleamares de sicigia.

Punta Traiguén es un tómbolo, esto es, una antigua isla conectada con el continente por una lengua de sedimentos sueltos depositados por la deriva del litoral²⁶.

A continuación se presentan las principales características de sus tres tramos fluviales:

TRAMO FLUVIAL	CARACTERÍSTICAS
Curso Superior (nacimiento)	<u>Curso:</u> tortuoso en terreno más bien plano. <u>Lecho:</u> pendiente y profundo. Dimensión: 60 a 100 m de ancho
Curso Medio	<u>Curso:</u> interrumpido por un salto de 1,5 m a 45 Km de su nacimiento, obstaculizando la navegación. <u>Cauce:</u> uniforme de 50 a 60 m de ancho. Navegable por botes hasta Puerto Toledo, caserío emplazado en ribera sur a 35 Km de la boca.
Curso Inferior (desembocadura)	<u>Cauce:</u> 200 - 600 m. <u>Profundidad promedio:</u> 3 m

Tabla: Características del cauce del Río Maullín. **Fuente:** Elaboración propia.

²⁶ PASKOF, (1996).

Contemplando de norte a sur la cuenca del sistema hidrológico del territorio comunal, se reconocen en la cuenca del río Mauilín, subcuencas principales y subcuencas secundarias. De acuerdo al tamaño que ocupan, se jerarquizan en el siguiente cuadro:

CUENCA	SUBCUENCAS PRINCIPALES	SUBCUENCAS SECUNDARIAS	AFLUENTES PRINCIPALES
MAULLÍN	Río Quenuir	Río Quenuir, Río Palihue, Río Cululil (Chanhué), y Río Las Lajas	
	Río Puelpún, Río del Peñol, y Río Vallenar		
	Río Cariquilda	Río Chilcas y Río Huimán	
		Río Pasaje y Río del Rey	
	Río San Pedro Nolasco	Río Puquitrín (González)	Río Cadiquén, Estero Bouche, y Estero Carrión

Tabla: Descripción de la Cuenca del Río Mauilín. Fuente: Cartas IGM, Mauilín.

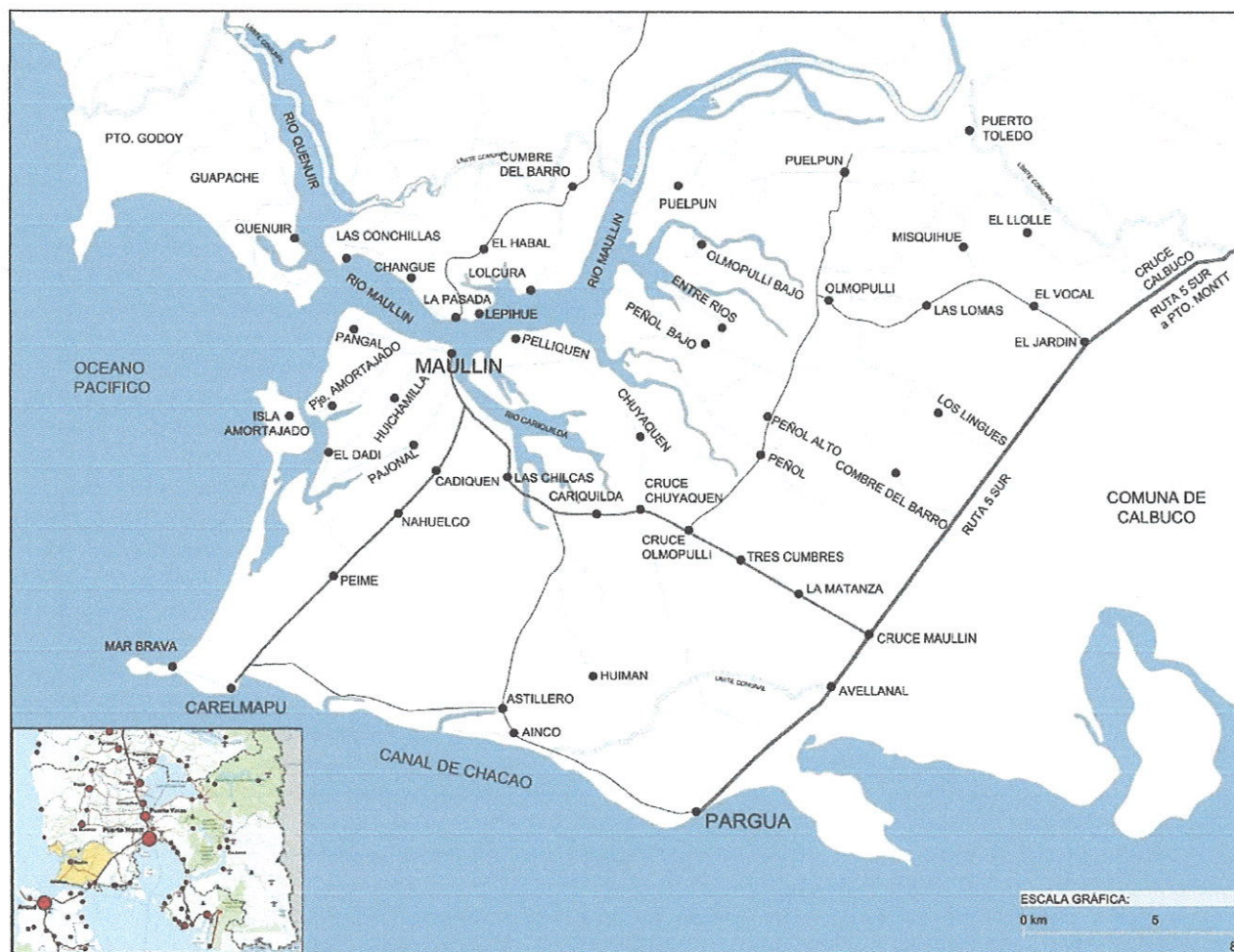


Imagen: Mauilín, Principales localidades comunales (2016). Fuente: Elaboración propia.

Considerando la orientación de cuencas y subcuencas comunales, la cuenca principal del río Mauilín presenta una orientación de oriente a poniente, mientras que la subcuenca del río Quenuir

su orientación es de norte a sur, la del río Cariquilda de sudeste a norponiente, y la del río San Pedro Nolasco de sur a norte. Todas confluyen hacia el emplazamiento y desarrollo de mayores flujos de actividad del centro comunal, en la ribera del río Maullín entre la Punta Pangal - Punta San Juan y Punta Chuyaquén. Además, todas las subcuencas presentan distintas proporciones en la relación largo – ancho de sus cauces, predominando la amplitud de sus anchos en el punto de afluencia con el río Maullín: es así que el río Quenuir, que nace en terrenos de boscosas llanuras costeras, serpentea entre grandes meandros, formando extensos pantanos.

Cabe señalar, además, que dicha cuenca principal, con sus respectivas subcuencas, está sometida a un régimen de tipo pluvial en sus cursos inferiores: las precipitaciones anuales son subsistentes como reservorios permanentes de agua durante todas las épocas estivales.

Igualmente existe una red fluvial, de extensos cauces, que se desarrolla plenamente con influencias directas de las corrientes marinas, y abundancia de terrenos con características pantanosas y sujetos a inundación en las riberas de río, y puntas de territorio, entre encuentros de distintos cauces, en un área de influencia directa de los regímenes fluviales.

3.5. CLIMATOLOGÍA.

La caracterización climatológica de la comuna está condicionada tanto por las formas del relieve regional, como por la orientación general de la cuenca hidrográfica del río Maullín -latitud y relación directa con el océano-. De esta manera, las variables climáticas están dadas tanto por la superficie terrestre como por la masa de agua, oscilando en función de la radiación solar y de los regímenes térmicos, bajo la influencia del mar, del océano y del continente. Igualmente, en el régimen de temperaturas influye en forma directa la presencia e intensidad de vientos del oeste fundamentalmente (de mar a continente); variando de noroeste en invierno, a suroeste en verano.

Así pues, esta caracterización está definida por dos particularidades, a saber: (1) el hundimiento geomorfológico de la depresión intermedia da paso a senos, golfos y canales que posibilitan la penetración del océano y, con ello de sus particularidades climáticas; y (2) la cuenca hidrográfica presenta una estructura espacial organizada por la red de drenaje y limitada por la divisoria de aguas, donde la morfología de las cuencas, dada por los sistemas de laderas y llanuras, están vinculadas a clima, suelo y vegetación.

Por todo ello, en el ámbito comunal se distingue un subclima dentro del tipo climático definido por Köppen como "Cf", esto es, Clima Templado húmedo con precipitaciones constantes a lo largo de todo el año. El subclima concreto es "Templado cálido lluvioso con influencia mediterránea (Cfsb)", donde la temperatura promedio anual es de 12° C, y la amplitud térmica anual, 9,6° C, ya que el mes más cálido corresponde a enero, con 17,2° C, y el mes más frío a julio, con 7,6° C. Con respecto a las precipitaciones, registra 2.489,7 mm, con lluvias prácticamente durante todos los meses del año, aunque en enero y febrero sus registros son de 64,6 y 68,9 mm, respectivamente, lo que no permite hablar de una estación estival seca en este tipo de clima.

3.6. PELIGROS/AMENAZAS NATURALES.

La caracterización de los peligros o amenazas de origen natural en el área de estudio distingue aquellas de carácter endógeno (determinadas por la acción de agentes internos a la tierra) de aquellas con carácter exógeno (determinadas por la acción de agentes externos como el clima).

A continuación se describen los principales peligros detectados en el área de estudio, atendiendo a los factores desencadenantes (causas) y sus principales impactos (consecuencias) sobre el medio construido y la población comunal.

3.6.1. Fenómenos Endógenos.

Los fenómenos endógenos ocurren en el interior de la Tierra, a profundidades donde la atmósfera carece de influencia, puesto que incluso la energía movilizadora -energía geotérmica- presenta origen interno. Sus grandes manifestaciones son los terremotos (sismicidad) o el volcanismo, aunque incluyen igualmente tectónica, metamorfismo, o isostasia, entre otros.

3.6.1.1. Sismicidad.

En la caracterización sísmica comunal cobran importancia los cuatro límites tectónicos presentes en dirección oeste a este, esto es, Fosa submarina, Cordillera de la Costa, Valle central y Cordillera de los Andes.

Significativa es la actividad determinada por la Fosa Submarina, o Fosa Chile-Perú, constituyente del elemento morfológico dominante o unidad estructural desde la costa de Colombia, hasta Tierra del Fuego en Chile. Esta fosa, situada frente a las costas del océano pacífico, está conformada por una depresión continua del fondo marino que se extiende por más de 5.000 kilómetros. Siendo éste un margen típico de convergencia, su origen radica en las colisiones de la placa de Nazca con la Sudamericana -por el Oeste-, y en el encuentro de la placa Antártica con la Sudamericana -al Sur de la elevación de Chiloé-.

Las colisiones entre las dos primeras producen la subducción de la placa de Nazca, que al presentar una composición litológica basáltica más densa que la Sudamericana, principalmente granítica, penetra descendiendo -suducta- cientos de kilómetros, manteando con diversos ángulos de subducción a lo largo del país, y avanzando con una velocidad de convergencia cercana a 6.6 cm/año²⁷, y una dirección o rumbo de N 78,4 °E. La placa Sudamericana a su vez se desplaza unos 3 cm/año en dirección aproximada hacia el Oeste, lo que hace una tasa neta de convergencia estimada entre 8 a 9 cm/año.²⁸

La velocidad de convergencia de la placa de Nazca y las características que presenta la zona de acople a lo largo de Chile, generan una gran acumulación de esfuerzos, lo que al liberarse generan sismos perceptibles en la superficie de la tierra. Así, se describen de modo genérico las 4 fuentes sismogénicas presentes en la mayor parte del territorio nacional:²⁹

- **Sismos Interplaca:** La fuerza de roce entre las placas traba su movimiento, de tal modo que cuando la fuerza neta en la zona interplaca es mayor que la fuerza de roce entre ellas, las placas se mueven liberando energía, originando un terremoto interplaca. De esta manera, la magnitud de la intensidad del terremoto, será proporcional al tamaño y a la distancia de la zona que logró moverse.

Asimismo, si durante este movimiento, se desplaza el fondo oceánico verticalmente, se genera una ola sobre la zona de ruptura que al propagarse en el océano origina un "tsunami".

²⁷ KENDRICK, et al. (1993).

²⁸ ONEMI, (2009).

²⁹ Ibid.

De este modo se originan los sismos de mayor magnitud, como el terremoto de Valdivia de 1960 ($M_w=9.5$), o el terremoto del Maule de 2010 ($M_w=8.8$).

- **Sismos Intraplaca-oceánica:** ocurren dentro de la placa oceánica subductada debido al peso de la placa y al fuerte acoplamiento interplaca. Se originan a profundidades mayores a 60 km, correspondiendo ello aproximadamente a la profundidad que alcanza el contacto interplaca. El potencial de daños de estos sismos, es mayor que el de los sismos interplaca de la misma magnitud. Ejemplos de estos sismos son los terremotos de Chillan en 1939 ($M_s=8.3$), y Punitaqui en 1997 ($M_w=7.1$).
- **Sismos Intraplaca-continental:** ocurren en la corteza de la placa continental, a profundidades menores a 30 km, debido a la deformación generada principalmente por la convergencia entre las placas y por esfuerzos locales. La principal deformación generada por la subducción, es el alzamiento de la cordillera de los Andes. En general, estos sismos ocurren en torno a la cordillera, tanto en Chile como en Argentina. Ejemplo de estos sismos es el terremoto de Las Melosas de 1958 ($M_w=6.3$), en el Cajón del Maipo frente a Santiago.
- **Sismos Corticales:** esta sismicidad está asociada a fallas geológicas activas y a procesos de deformación frágil en la corteza, y en general relacionados en su mayoría a sistemas de fallas inversas, razón por la cual la productividad sísmica de esta fuente no se distribuye espacialmente homogénea.³⁰

En referencia a este último punto, cabe destacar que los sistemas tensionales del Área de Estudio también se encuentran ligados a las Fallas de (1) Liquiñe-Ofqui (ZFLO), (2) Maullín-Osorno (FMO), (3) Golfo de Ancud-Canal de Chacao (FACH), y (4) Río Maullín (FRM).³¹

Con respecto a la primera, cabe destacar que conforma una estructura norte-sur de más de 1000 km de longitud, desde Liquiñe (Región de Los Ríos) hasta el istmo de Ofqui (Región de Aysén), estrechamente ligada al desarrollo del arco magmático y el crecimiento orogénico en ese segmento de los Andes del Sur³².

Asimismo, se considera como una megafalla dextral, debido tanto a su posición paralela a la fosa -y al arreglo geométrico de las estructuras de 2º orden- como por la cinemática inferida -abundantes indicadores cinemáticos de desplazamiento horizontal-³³, generados como respuesta mecánica y termal del margen continental a la colisión de la Dorsal de Chile, con la Placa Sudamericana³⁴, siendo la subducción oblicua su principal causa de deformación de cizalle lateral³⁵.

Con respecto a las otras tres fallas consideradas, mientras la FMO presenta rumbo NE, controlando la mayor parte del curso del Río Maullín, y sismicidad tipo superficial transcurrente; la FACH presenta lineamiento curvo y rumbo general de NW a NWW, con una extensión de 150 km, y sismicidad tipo transcurrente y dextral. Finalmente, la falla en el sector del Río Maullín, se ubica en su

³⁰ GORE DE LOS LAGOS, (2013).

³¹ SARAGONI, et al, (2002).

³² LARA, et al (2006).

³³ ibid.

³⁴ NELSON, et al., (1994).

³⁵ HERVÉ, (1976); CEMBRANO, (1992).

ribera sur, y presenta rumbo NW, con una longitud estimada de 70 km: sin embargo, al afectar al basamento y no así a los depósitos glaciares, no debe ser considerada activa ni capaz.³⁶

Se exponen ahora los componentes tectónicos continentales que afectan al Área de Estudio:

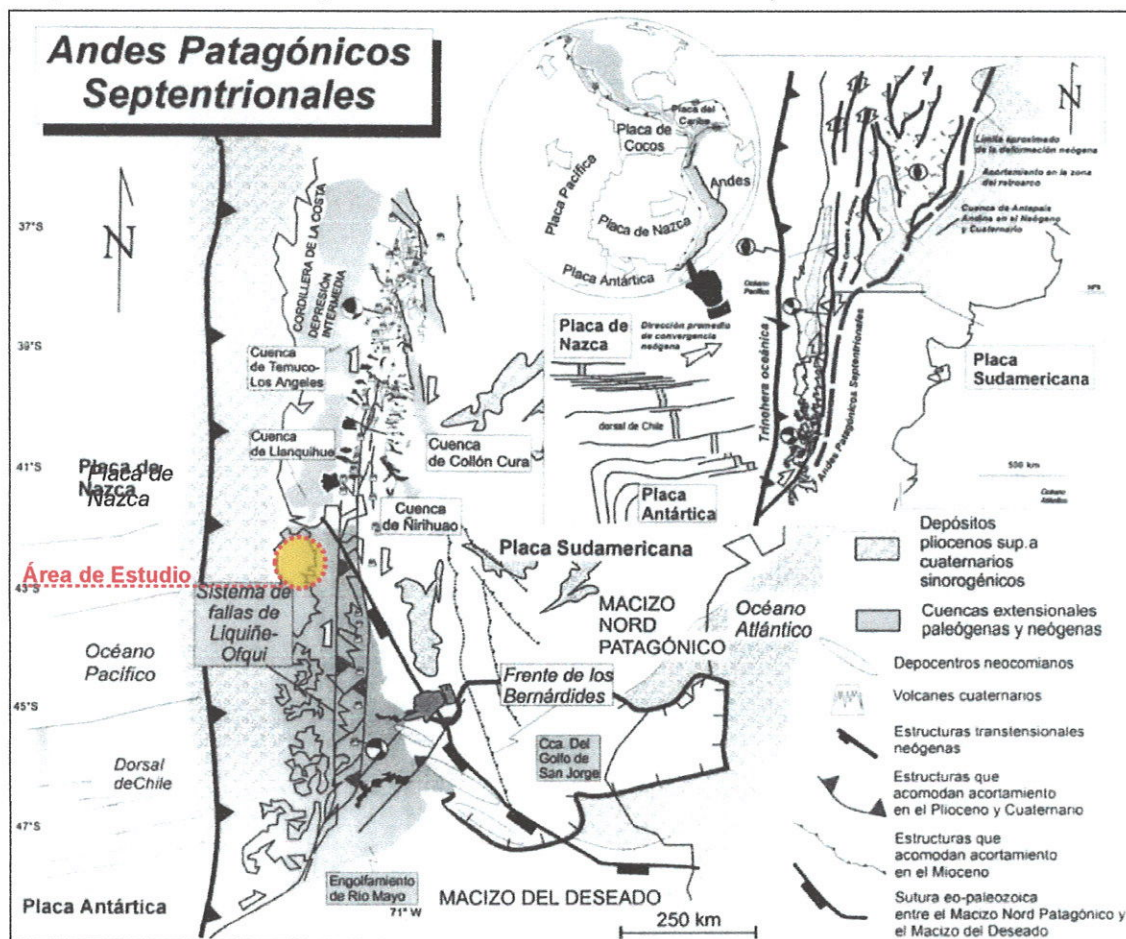


Imagen: Mauullín, compontes tectónicos continentales. Fuente: FOLGUERA, et al., (2003).

³⁶ SARAGONI, et al, (2002).

Y de manera análoga, se presentan los Sistemas de Fallas próximos al Área de Estudio:

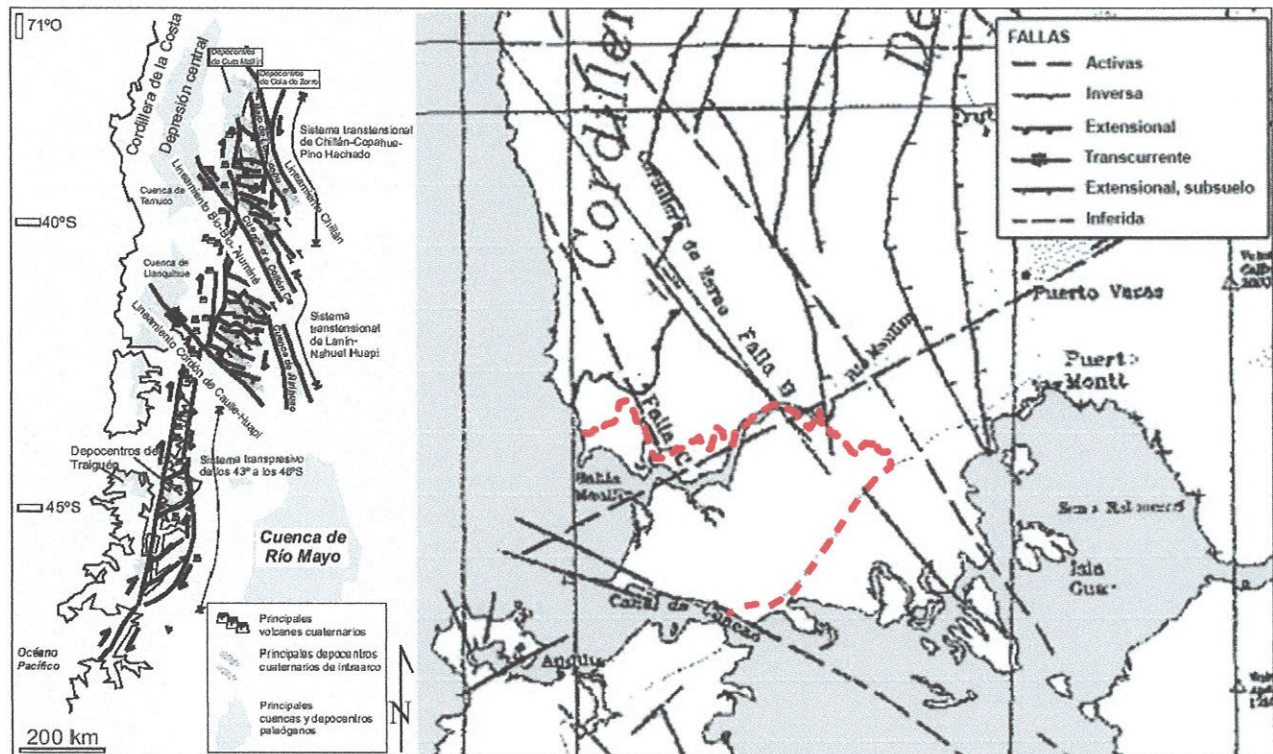


Imagen: Sistema ZFLO. Fuente: FOLGUERA, A. et al., (2003), a partir de CEMBRANO, J. et al., (1993).

Imagen: Sistemas de Fallas próximas al Área de Estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de MOP (2006)³⁷.

³⁷ MOP-M&C/ARUP ((2006).

En consecuencia, y a tenor de los antecedentes expuestos, se presenta a continuación la síntesis de amenazas naturales de origen sísmico que afectan al Área de Estudio:



Imagen: Amenazas naturales de origen sísmico próximas al Área de Estudio. Fuente: PROT Los Lagos³⁸.

³⁸ GORE DE LOS LAGOS, (2013).

3.6.1.1.1. Recurrencia Histórica.

Reflejando la actividad sísmica del Área de Estudio se grafican a continuación los movimientos sísmicos recogidos en los últimos 40 años con dos márgenes de intensidad «3° a 6,7°» y «5° a 6,7°», en un entorno de 250 km y siendo 6,7° la intensidad máxima recogida en estos años:

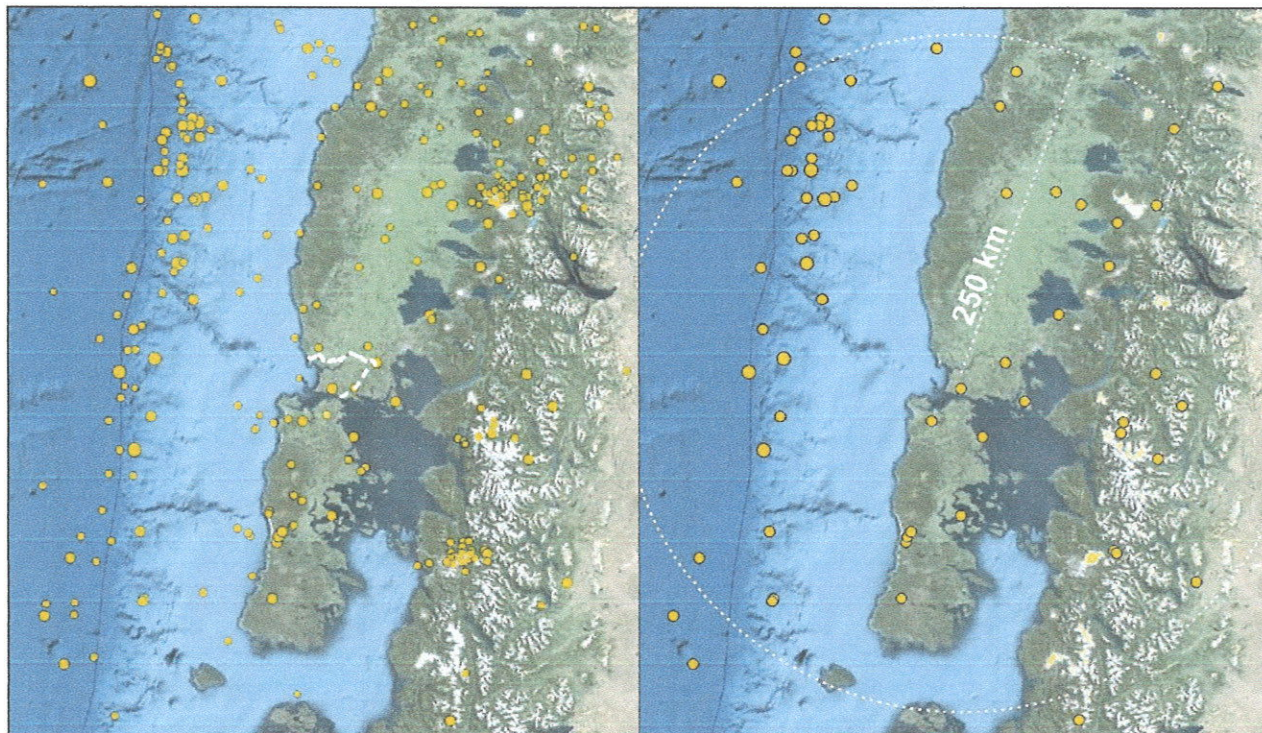


Imagen: 289 Sismos 3° a 6,7° próximos al Área de Estudio (1975-2016). **Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>

Imagen: 68 Sismos 5° a 6,7° próximos al Área de Estudio (1975-2016). **Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>

Así, atendiendo a las regiones que han presentado los mayores eventos sísmicos, distinguiendo entre zonas costeras y cordillera-
nas, y considerando tanto la conti-
nuidad sísmica de norte a sur en la

zona costera como la situación de
que mientras más hacia el este se

ubique el evento sísmico mayor es su profundidad, podría establecerse que el Área de Estudio se
sitúa en la **4ª Zona Costera** según la siguiente clasificación:

	ZONA COSTERA	ZONA CORDILLERANA
1	18° a 20°	18° a 26°
2	20° a 25°	26° a 27,5°
3	25° a 33,5°	27,5° a 33,5°
4	33,5° a 45°	33,5° a 45°

Tabla: Zonificación sísmica según latitud. **Fuente:** BARRIENTOS, S. (1980)

De igual modo, atendiendo a la sismicidad y estableciendo zonas de alta y baja sismicidad, el
Área de Estudio se sitúa en una zona de media sismicidad, según la siguiente clasificación:³⁹

SISMICIDAD	ZONA	LATITUD	OBSERVACIONES
Muy Alta	Extremo norte- región de Atacama	15°-25°	Sismos de 8,5 Richter
Alta	Hasta región de Coquimbo	25°-36°	Registros de sismos de 8,4 Richter
Media	Zona costera sur (Valdivia- Chiloé)	36° -47°	

³⁹ MOP, (2012).

Baja	Región de Magallanes	51°-57°	Baja sismicidad
------	----------------------	---------	-----------------

Tabla: Zonificación según nivel de sismicidad. **Fuente:** MARTÍN, A. (1990).

Asimismo, el Área de Estudio también ha experimentado terremotos interplaca tipo thrust de gran magnitud, entre los que destacan cuatro según el registro histórico regional:⁴⁰

- **1575:** Terremoto de gran intensidad que abarcó la zona comprendida entre Villarrica y Castro. El posterior Tsunami agravó la destrucción en la Bahía de Corral Valdivia.
- **1737:** Terremoto de gran intensidad que abarcó la zona comprendida entre Valdivia y Castro.
- **1837:** Terremoto de gran intensidad que abarcó la zona comprendida entre Valdivia y Ancud. El posterior tsunami llegó a las costas de Hawái registrando 6 m de runup.
- **1960:** Terremoto registrado de mayor intensidad en la historia de la sismología moderna con una magnitud de 9.5. Largo de ruptura 1000 km, deslizamiento estimado de 30 m (Madariaga, 1998) y valores extremos de elevación de 6 m en la Isla Guambelin, y de hundimiento de 2 m en Valdivia. El posterior tsunami arrasó las áreas costeras comprendidas entre la península de Arauco y la Isla Grande de Chiloé, llegando a las costas de Japón 23 horas después. 38 horas después de este mega terremoto tipo thrust, se inició la actividad del Complejo Volcánico Puyehue Cordon Caulle.

La siguiente imagen muestra el registro de los eventos antes señalados, de acuerdo con los registros históricos.

El recuadro azul, de la imagen anterior, muestra el registro histórico de eventos ocurridos cercanos al área del estudio y en la misma área. Las líneas en color rojo indican el largo aproximado de las rupturas de los terremotos indicados por sus fechas de ocurrencia.

Debido al escaso registro histórico, no hay evidencia de grandes eventos intraplaca de profundidad intermedia, razón por la cual se da cuenta de registros de zonas cercanas en las que haya repercusión en esta área.

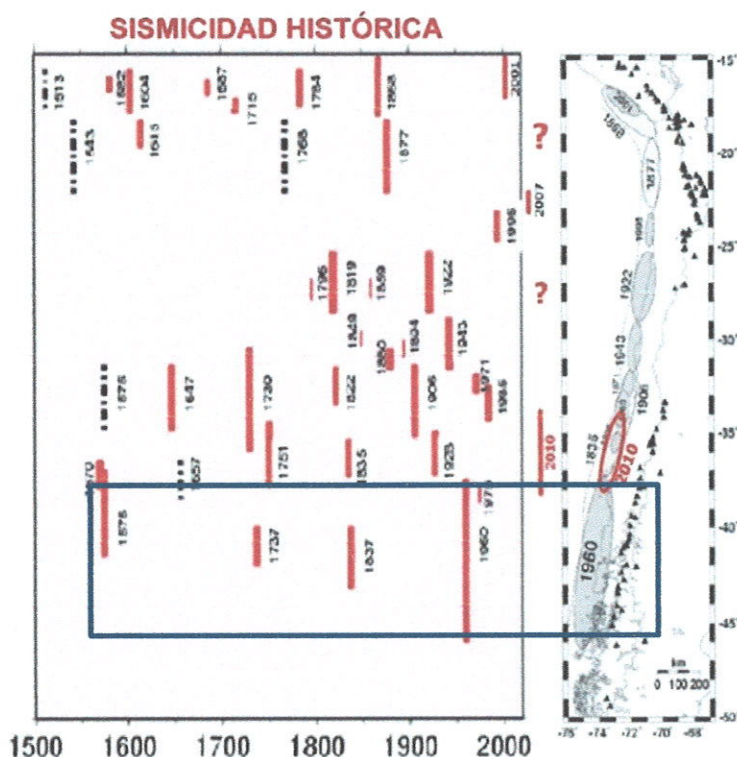


Imagen: Registros Históricos de sismos interplaca, zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamérica. **Fuente:** Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile, 2013.

3.6.1.2. Volcanismo.

En la caracterización volcánica del Área de Estudio emerge el volcanismo andino, producido como consecuencia del movimiento de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudameri-

⁴⁰ GORE DE LOS LAGOS, (2013).

cana, y por tanto también con la actividad del Sistema de Falla Liquiñe-Ofqui. De esta manera, el volcanismo andino se sitúa en la cadena de subducción más activa del planeta, esto es, en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico.

En este ámbito, cobra relevancia por su relación directa con el Área de Estudio la Zona Volcánica Sur (ZVS), donde se sitúan alrededor de 60 volcanes activos y, por tanto con el consecuente riesgo serio para la salud de la personas, para las infraestructuras, y para el medio natural en el que se desarrollan. Dentro de éstos, se encuentran los 12 centros volcánicos próximos al Área de Estudio (ubicados entre los 40.1° y 43.5° S): 6 de ellos con actividad registrada históricamente, y el resto con registro geológico y rasgos geomorfológicos que indican actividad durante el Holoceno.

NOMBRE	TIPO	ÚLTIMA ERUPCIÓN	CLASIFICACIÓN	COMUNA
Apagado	Estratovolcán	10.000 años atrás aprox.	Sin registro	Hualaihue
Calbuco	Estratovolcán	2015	Activo	Pto. Varas – Pto. Montt
Chaitén	Caldera	2008	Activo	Chaitén
Corcovado	Estratovolcán	1835	Inactivo (temporal)	Chaitén
Hornopirén (Yate)	Estratovolcán	Sin registro	Inactivo (temporal)	Hualaihue
Huequi	Estratovolcán	Sin registro	Activo	Chaitén
Michinmahuida	Estratovolcán	1835	Activo	Chaitén
Osorno	Estratovolcán	1869	Inactivo	Pto. Octay – Pto. Varas
Pantojo	Estratovolcán	Sin registro	Extinto	Puyehue
Puntiagudo	Estratovolcán	Sin registro	Inactivo	Osorno
Tronador	Estratovolcán	Sin registro	Activo	Pto. Varas
Yanteles (Nevado)	Estratovolcán	7.000 años atrás aprox.	Activo	Chaitén

Tabla 1: Centros volcánicos próximos al Área de Estudio. **Fuente:** Elaboración propia desde SERNAGEOMIN (2011).

Asimismo, cabe destacar que los principales productos volcánicos, con sus correspondientes riesgos para la vida humana, son⁴¹:

- **Columnas y nubes eruptivas:** una erupción explosiva expulsa hacia la atmósfera fragmentos de roca, así como gases volcánicos con gran fuerza. Así, mientras los fragmentos más grandes de roca pueden caer a distancias de 4 km del cráter (caída de piroclastos), los fragmentos más pequeños, se elevan formando una columna eruptiva que puede alcanzar más de 20 km sobre el volcán en menos de 30 min, formando una nube eruptiva. La ceniza volcánica de la nube puede poner en serio peligro a la navegación aérea, además al precipitarse en forma lluvia de ceniza, puede dañar cultivos, sistemas electrónicos y maquinaria, e incluso colapsar o derribar edificios.
- **Gases volcánicos:** además de los gases emitidos durante una erupción explosiva, los volcanes activos constantemente emiten gases en forma de fumarolas, o a través del agua subterránea. El bióxido de azufre puede reaccionar con las gotas de agua de la atmósfera y producir lluvia ácida, lo cual ocasiona corrosión y daños a la vegetación. Además, el bióxido de carbono al ser más pesado que el aire, puede mantenerse en áreas bajas en concentraciones letales para la población y los animales. Igualmente, el flúor, que en altas concentraciones

⁴¹ USGS, (2000).