



**INFORME ETAPA V**

**ANTEPROYECTO**

**ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS**

**ESTUDIO DE RIESGO**

ESTUDIO “MODIFICACION PLAN REGULADOR  
COMUNAL DE CURICÓ”

VERSIÓN 02  
NOVIEMBRE 2020





## TABLA DE CONTENIDOS

I.-	INTRODUCCIÓN .....	5
II.-	UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO .....	5
III.-	OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	6
IV.-	ALCANCES Y LIMITACIONES .....	7
V.-	MARCO NORMATIVO PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO .....	7
VI.-	ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	8
VII.-	ANTECEDENTES BASE PARA EL ESTUDIO .....	14
VII.1	CONDICIONES CLIMÁTICAS .....	14
VII.2	DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA LOCAL .....	21
<b>VII.3</b>	<b>MARCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>25</b>
<b>VII.4</b>	<b>MARCO GEOMORFOLÓGICO .....</b>	<b>30</b>
VII.5	CARACTERIZACIÓN DE LAS PENDIENTES .....	32
<b>VII.6</b>	<b>ANTECEDENTES DE AMENAZAS EN LA REGIÓN .....</b>	<b>35</b>
VIII.-	RESULTADOS .....	45
VIII.1	AMENAZAS NATURALES .....	45
VIII.2	AMENAZAS ANTRÓPICAS .....	49
<b>IX.-</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sector norte de la comuna y localización de Áreas urbanas en estudio.....	5
Figura 2. Precipitaciones medias (1990 - 2017). Estación Curicó BNA: 07118003-4.....	15
Figura 3 Precipitación anual años 1990 – 2017.....	16
Figura 4 Caudales Río Mataquito- Estación Río Colorado junta con los Palos. ....	17
Figura 5 Distribución de las temperaturas a nivel regional. (isotermas: líneas en color rojo) .....	19
Figura 6. Temperatura media anual – Estación de Curicó. ....	20
Figura 7. Distritos climáticos en la comuna de Curicó .....	14
Figura 8. Caudales promedio Río Colorado en Los Palos (BNA: 07112001-5).....	21
Figura 9. Cuencas hidrográficas del área comunal.....	23
Figura 10. Mapa Hidrogeológico de la cuenca del río Mataquito (Escala 1:1.000.000).....	29
Figura 11. Acuífero Teno y Lontué. ....	30
Figura 12. Geoformas comuna de Curicó .....	31
Figura 13. Condiciones geológicas en la comuna de Curicó. ....	25
Figura 14. Cotas de nivel en sector de localidades.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 15. Mapa de pendientes (TIN) para caracterizar el sector de Bajo La Cuesta .....	33
Figura 16. Imagen con emplazamiento del poblado, sin presencia de pendientes.....	33
Figura 17. Imagen con emplazamiento de los poblados, sin presencia de pendientes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 18. Áreas de Restricción definidas en el PRI Curicó en estudio. ....	36
Figura 19. Remoción en Masa área Curicó. ....	37
Figura 20. Amenazas definidas en el PROT .....	38
Figura 21. Volcanes reconocidos en la Comuna.....	39
Figura 22. Grado de Licuefacción del Área Urbana. ....	41
Figura 23. Riesgo alto de Incendio Forestal. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 24. Amenazas naturales en localidades urbanas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## I.- INTRODUCCIÓN

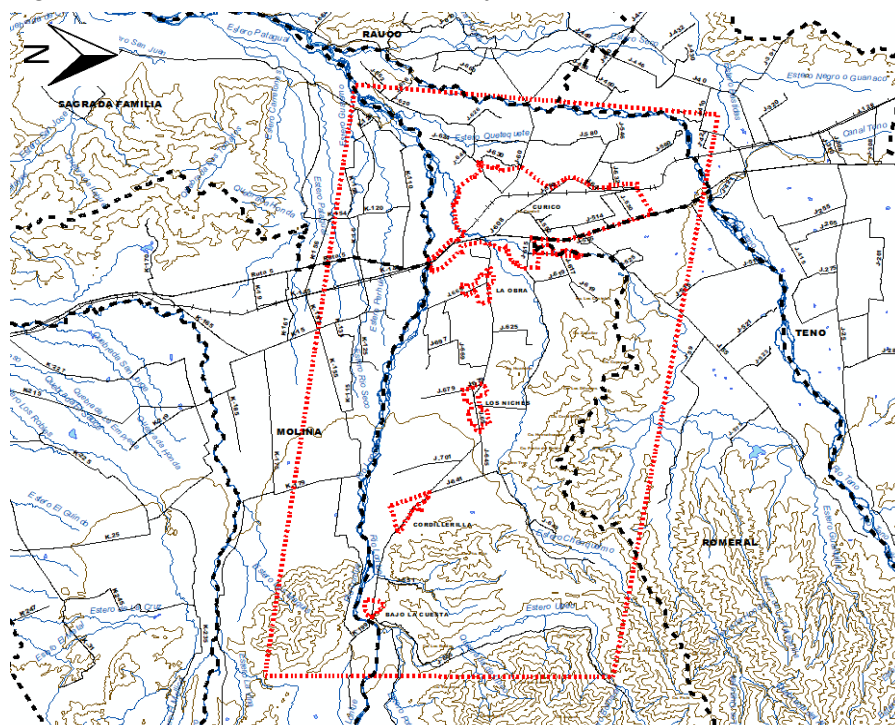
El presente documento corresponde al estudio de riesgos, elaborado en el contexto del estudio de “MODIFICACION DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ”.

Este estudio aborda en su ejecución aspectos normativos, conceptuales, metodológicos y de análisis de las amenazas susceptibles de manifestarse en el área de estudio (superficies urbanas a planificar), las localidades de Curicó, La Obra, Los Niches, Cordillerilla y Bajo la Cuesta. El estudio entrega recomendaciones respecto de las amenazas naturales y antrópicas identificadas en el área, contemplando en ellas aspectos referidos a la norma urbana, con la finalidad que se puedan expresar en la zonificación de usos que se establece en el Plan.

## II.- UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a las localidades urbanas definidas en el Plan Regulador Comunal de Curicó, las cuales se grafican en la figura siguiente.

Figura 1. Sector norte de la comuna y localización de Áreas urbanas en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Estas localidades se emplazan en el valle drenado por los ríos Mataquito y Lontué, unidad que conforma parte de la depresión intermedia del valle central de Chile, la que se caracteriza por su gran extensión, aunque interrumpida por alturas menores (600 a 800 msnm) correspondientes a estribaciones de la Cordillera de Los Andes y de la Costa.

La ciudad de Curicó se localiza en las cercanías a la confluencia entre el río Mataquito y Lontué, específicamente al norte de la ciudad escurre el río Mataquito, y como límite sur se encuentra el Estero Guaiquillo, curso de agua menor tributario del río Lontué. Este último curso de agua encuentra su origen al oriente, al igual que el río Mataquito, en las cuencas vecinas (río Colorado y río de Valle Grande) coronadas por El Descabezado Grande.

Las localidades menores se localizan al sur oriente de la ciudad de Curicó, todas ellas unidas por la ruta J – 65, en orden de cercanía a Curicó se encuentran: la localidad de La Obra, seguida de Los Niche, Cordillerilla y finalizando en Bajo La Cuesta. Esta última localidad se localiza al igual que las otras sobre superficies de terrazas fluviales del río Lontué, aunque su distinción se evidencia por: la cercanía al río Lontue (terrazza media y baja) y por su cercanía al ambiente precordillerano, con un marco paisajístico montañoso evidenciado en las características del río y sus terrazas.

Las localidades urbanas en estudio, de acuerdo al PRI poseen amenazas principalmente referidas a inundaciones y fenómenos de remoción en masa, aunque estos últimos corresponden a casos puntuales asociado al cerro isla y riberas del estero Guaiquillo (Curicó) y río Lontué (Bajo La Cuesta).

La ciudad de Curicó y el sistema de localidades menores señalados, configuran un sistema de centros poblados que, debido al constante crecimiento experimentado, desde su fundación a la actualidad (pasando de 256 há a 2500 hectáreas consolidadas) ha experimentado un crecimiento exponencial, con menor medida en las localidades menores. Tal situación de crecimiento sin instrumentos de planificación actualizados evidencia futuros problemas en la sustentabilidad de la ciudad, especialmente por la exposición frente a amenazas de la población y la infraestructura.

Por lo descrito anteriormente el presente informe entrega antecedentes respecto de las amenazas naturales y antrópicas identificadas para las áreas urbanas, con la finalidad que la normativa urbana vigente permita acoger medidas para así proteger a la población y a las edificaciones frente a menazas potenciales.

La definición de áreas bajo amenazas se sustenta en antecedentes regionales, datos locales (comunales) y la identificación de las características geomorfológicas del área siendo fundamental la fotointerpretación de las áreas en estudio, herramientas a disposición por la restitución del estudio.

A continuación, se exponen los objetivos del estudio, sus alcances y limitaciones, marco normativo y metodología utilizada, para luego continuar en los antecedentes base locales, la identificación de amenazas y las recomendaciones específicas para la comuna.

### **III.- OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El objetivo principal del estudio de riesgos es reconocer y delimitar las áreas bajo amenazas naturales y antrópicas, las cuales serán incorporadas a la actualización del Plan Regulador Comunal de Curicó, con la finalidad de mitigar y establecer un ordenamiento adecuado, de acuerdo a lo señalado por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), en cada una de las localidades urbanas de la comuna.

Dentro de los objetivos específicos para generar el estudio de riesgo de las localidades se encuentran:

- Catastro, descripción y reconocimiento de las principales amenazas naturales y antrópicas identificadas en las localidades urbanas.
- Elaboración de cartografías de susceptibilidad frente a las amenazas naturales y antrópicas.
- Realizar recomendaciones en cada una de las localidades urbanas respecto de los peligros a los que se encuentra expuesto.

#### IV.- ALCANCES Y LIMITACIONES

Para la elaboración del presente informe se realizó principalmente una recopilación de antecedentes bibliográficos, históricos, interpretación de imágenes satelitales, visita a terreno y la evaluación de factores condicionantes de amenazas y el cruce de variables espaciales.

Es importante señalar que la escala de trabajo en cada una de las localidades corresponde a 1:5.000, de acuerdo a la cartografía rectificada el año 2019 para este estudio con fotografía del año 2018, la escala de rectificación para cada localidad es 1: 5.000.

La zonificación de “áreas de riesgo” conforme a lo definido por la OGUC en su apartado 2.1.17, corresponden en el presente estudio a zonas de susceptibilidad frente al riesgo, ya que no corresponden a modelos precisos, sino más bien a la identificación a partir de las condiciones morfológicas del área, esto específicamente para las superficies de inundación y remoción en masa.

En este contexto se incorpora en los antecedentes de este informe, aquellos estudios de ONEMI y Sernageomin para la comuna, el primero de ellos se refiere a peligros volcánicos Planchón Peteroa, mientras que el segundo se refiere a peligros de remoción en masa y licuefacción. Los estudios fueron revisados, sin embargo, de acuerdo a la escala de trabajo solo se ajustó aquellos resultados que poseen directa influencia sobre el área urbana de Curicó y debido a que no se poseen antecedentes para determinar superficies, como es el caso de la licuefacción, aunque se debe considerar que existen diferencias respecto de la escala de trabajo (escala 1:10.000) y la mayor parte de la superficie se encuentra actualmente urbanizada. Sin embargo, se señala como antecedentes a considerar en la planificación.

Por otra parte, del marco normativo superior, actualmente en estudio el Plan Regulador Intercomunal, reconoce peligros de inundación y de remoción en masa para la comuna de Curicó, antecedentes contemplados a la hora de identificar las superficies de amenazas o susceptibilidad en las áreas urbanas.

#### V.- MARCO NORMATIVO PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO

El marco normativo principal del estudio corresponde a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en la que se establecen los requerimientos normativos y las definiciones para establecer una zonificación en los planes reguladores comunales.

En el apartado 2.1.17 “Disposiciones complementarias” se indica: “En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo 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”, aquellas que corresponden a franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, tales como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos u otras similares, establecidas por el ordenamiento jurídico vigente. Cabe señalar que el Plan sólo puede reconocer las establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

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.

Como áreas de riesgos la OGUC define las siguientes:

- 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.
- Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas. Corresponde a los peligros geológicos de remociones en masa, caída de bloques y flujos de barro y detritos.
- Zonas con riesgo de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
- Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

El presente estudio abarca la identificación de las “áreas de riesgos” reconocidas por la OGUC, con la finalidad de reconocer éstas en la normativa urbana, e incorporarlas en la planificación de las áreas urbanas en estudio del Plan Regulador Comunal, así como localizar en las áreas urbanas las zonas no edificables establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

Las superficies definidas como áreas de riesgo de acuerdo a la normativa (LGUC según su artículo 105°), en caso de requerir edificar en ellas, se deberán acompañar al respectivo permiso de edificación un estudio fundado, elaborado por un profesional especialista y aprobado por los organismos competentes, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente conforme a la Ley de bases de Medio Ambiente, cuando corresponda.

## VI.- ASPECTOS METODOLÓGICOS

El objetivo principal del estudio es definir superficies de susceptibilidad frente al riesgo<sup>1</sup> identificándose principalmente las condiciones de amenazas. Para ello se realizaron una serie de actividades que permitieron obtener los resultados graficados al final del estudio, aunque con limitaciones en función de la disponibilidad de antecedentes, cada una de ellas se describen a continuación:

1. **Revisión de antecedentes de diagnóstico.** Se realizó una revisión de los instrumentos vigentes y en estudio con la finalidad de reconocer la identificación de amenazas en el territorio comunal.

Los instrumentos desde los cuales se obtuvieron antecedentes corresponden al Estudio del Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT, noviembre, 2013), y al estudio del Plan Regulador Intercomunal Área Centro (PRIAC, 2007). Se obtuvieron además antecedentes de organismos estatales dedicados a temáticas específicas de peligro, como el peligro volcánico, fenómenos de remoción en masa y licuefacción para el caso de SERNAGEOMIN e incendios forestales a cargo de CONAF.

La escala de trabajo de estos estudios recabados es de menor detalle que la requerida para el estudio, por este motivo dichos antecedentes se utilizan como referencias de registro y en algunos casos fueron adaptadas a la escala. La única excepción respecto del uso de antecedentes corresponde a las cartografías específicas de SERNAGEOMIN y CONAF, referidas a remoción en masa y licuefacción y de riesgo de incendios, respectivamente, antecedentes de servicios específicos y expertos en la materia.

---

<sup>1</sup> El riesgo constituye una posibilidad y una probabilidad de daños relacionados con la existencia de determinadas condiciones en la sociedad, o en el componente de la sociedad bajo consideración (individuos, familias, comunidades, ciudades, infraestructura productiva, vivienda etc.).

La existencia de riesgo, y sus características particulares, se explica por la presencia de determinados factores de riesgo. Estos se clasifican, en general, en factores de amenaza y factores de vulnerabilidad.



Además de la revisión de otros estudios referidas a peligros naturales y antrópicos, se recabaron antecedentes que permiten tener una caracterización física del área más específica, relacionada con: antecedentes climáticos (precipitaciones promedio y precipitaciones de tormenta), caudales promedio del río Lontué, morfometría de cuencas, condiciones geomorfológicas y caracterización geológica general. Con estos antecedentes se obtuvo una caracterización local del sistema físico, lo cual permitió comprobar el comportamiento de las cuencas identificadas en las áreas urbanas y reconocer episodios de tormenta gatillantes de inundaciones y, en alguna medida de, fenómenos de remoción en masa, debido a que otros aspectos son considerados también como gatillantes como: los terremotos.

Se recopilaban antecedentes bibliográficos que permitieron obtener un listado de registros históricos a nivel regional de peligros que han afectado la comuna y algunas localidades urbanas, a partir de datos regionales e informes de desastres anuales de ONEMI. Estos antecedentes permiten contar con registros temporales, posibles de corroborar a través de imágenes satelitales posibles cambios en el territorio.

2. **Elaboración de una línea base geomorfológica.** En este punto se interpretaron las condiciones geológicas y de suelo de la comuna, considerando las condiciones topográficas del terreno, junto al cálculo de pendientes y de exposición<sup>2</sup>, y en el último asociándolo a parámetros vegetaciones. Se identificaron condiciones geodinámicas de cada una de las localidades con la finalidad de establecer el tipo de fenómenos físicos y dinámicas de las localidades.

El emplazamiento de las localidades en torno a superficies hídricas, permiten caracterizar a todas ellas sobre terrazas aluviales con distinta antigüedad en función de su distribución.

A partir del modelo de triangulación en cada una de las localidades, realizado en base a curvas de nivel con una equidistancia de 1 metro, se logró identificar geoformas de terreno con representación a escala 1:5.000. Esto permitió el cálculo morfométrico de las superficies para establecer las pendientes y exposición, utilizados como insumos para la caracterización de los factores condicionantes de las amenazas naturales, específicamente para determinar los fenómenos de remoción en masa.

3. **Caracterización de factores condicionantes de las amenazas.** En cada una de las localidades en estudio se identificaron factores condicionantes de amenazas. Entre éstas se reconocen por localidades: inundaciones, fenómenos de remoción en masa y actividad volcánica. Esta última amenaza es abordada únicamente a partir de los antecedentes disponibles del estudio realizado por SERNAGEOMIN para el Volcán Peteroa, por ello no se abordan los factores condicionantes en este apartado.

A continuación, se señalan cada uno de los factores condicionantes estudiados para cada una de las amenazas señaladas:

- Las **inundaciones** se definen como: al flujo o invasión de agua, por exceso de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial. Una inundación se

---

<sup>2</sup> Se construyó un modelo TIN, el que del mismo modo permite profundizar el análisis, mediante la definición de los parámetros morfométricos necesarios para el análisis de los peligros existentes y los factores desencadenantes.

produce cuando el caudal de las avenidas generadas en una cuenca supera la capacidad del cauce (desbordamiento)<sup>3</sup>.

Los factores condicionantes de las inundaciones son: Precipitaciones intensas que generan aumentos de caudal en los cursos hídricos, avenidas aluvionales que aumentar el caudal del río producto de la incorporación de materiales más voluminosos generando un aumento del caudal y deshielos, características de las cuencas, las características de la textura de los suelos, el drenaje natural o artificial de las cuencas.

Como antecedentes a escala comunal se realizó calculo de áreas de inundación a partir de ponderación de variables y su sumatoria, con la finalidad de reconocer el panorama general de la comuna en relación a las amenazas de inundaciones. Las variables trabajadas para establecer la amenaza de inundación fueron: pendientes a la cual se le asigno una ponderación de 50%, condiciones de drenaje del suelo con una ponderación del 40% y categoría del dren con una ponderación del 10%.

Pendientes (50%)	niveles	Ponderación
Nulo	0	0
Muy bajo	1	1,5
Bajo	1	1,5
Alto	4	2

Drenaje a partir de Capacidad de uso	niveles	Ponderación
Excesivo	0	0
Bueno	1	0,4
Imperfecto	2	0,8
Moderado	2	0,8
Pobre	3	1,2

Tipo de drenaje	niveles	Ponderación
Río	4	0,4
Estero	3	0,3
Quebrada	2	0,2

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado final se obtuvieron 3 categorías las cuales responden a 3 niveles distintos de amenazas de inundación estos son:

<sup>3</sup> CAPRA. Informe Técnico: “Descripción General de Amenazas Naturales”. Colombia, Bogotá.

Rangos de sumatoria	Categorías
0,8 - 2	Bajo nivel de amenazas
2 – 2,6	Medio nivel de amenazas
2,6 – 3,6	Alto nivel de amenazas

Fuente: Elaboración propia.

La definición de áreas de inundación se realizó mediante la identificación de planicies de inundación<sup>4</sup>. La metodología utilizada corresponde principalmente a la fotointerpretación de imágenes satelitales, junto a la elaboración de un modelo digital de terreno o TIN (Triangular Irregular Network), el cual permitió identificar las planicies de inundación para cada una de las localidades urbanas en base a las alturas y las pendientes. Lo anterior es respaldado por la identificación de las condiciones geomorfológicas, lo cual permite comprender la dinámica de los principales cursos hídricos.

- Los fenómenos de **remoción en masa** se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) en una zona con pendiente baja o alta, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales, acciones externas, o algún otro factor detonante que genere un desequilibrio en las condiciones de estabilidad de la ladera.

Los principales factores desencadenantes son:

- **Topografía:** Los movimientos de tierra ocurren con mayor frecuencia en pendiente pronunciada, y desprovistos de vegetación.
- **Geología:** Aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas. La litología tipo de roca y el tipo de suelo es un factor intrínseco de los suelos que se ve afectado por agentes erosivos externos.
- **Lluvias:** La intensidad, duración y acumulación de lluvias en el tiempo, pueden favorecer la inestabilidad de cantidad de agua que genera la saturación de los suelos superficiales.
- **Otros detonantes:** corresponden a fenómenos sísmicos, volcanismo, erosión y factores antrópicos, generan cambios en la estabilidad de laderas.

Para la definición de áreas de remoción en masa, se realizó el cálculo de superficies bajo el modelo digital de Terreno de las siguientes variables:

- **Pendientes:** Las pendientes se calcularon a nivel comunal y para las áreas urbanas en estudio. Esta variable permite incorporar en el análisis la variable topográfica, al ser las pendientes el principal desencadenante.
- **Exposición:** La exposición corresponde a las superficies de orientación de las laderas respecto del sol. Esta definición permite establecer aquellas superficies que se encuentran mayormente expuestas al sol o corresponden a laderas de umbría. Esta situación descrita anteriormente, permite establecer condiciones diferentes respecto de la humedad y por lo tanto de la cobertura vegetal que se encuentra presente en el área, por lo cual es atribuible un menor potencial erosivo en aquellas superficies con cubierta vegetal, ya que se encuentran protegidas por

<sup>4</sup> Llanura de inundación: Franja de tierra relativamente plana, junto a un río y que se desborda de las aguas durante las crecidas (Leopold et al., 1964, de [www.oas.org](http://www.oas.org).)

el follaje frente a la acción erosiva del agua y al poseer sujeción del suelo por el sistema radicular de la vegetación.

Respecto de los suelos, condiciones climáticas y geológicas, no se cuenta con antecedentes a escala 1: 5.000, como es requerido para la representación a escala urbana, por este motivo no se incluyen en la metodología para la espacialización de peligros de remoción en masa.

Esta amenaza es la única en la cual se construyó un modelo mediante la sumatoria de variables. A continuación, se aborda el cruce de variables utilizadas para la definición de remoción en masa.

- **Cruce de variables para la obtención de susceptibilidad frente a peligros de remoción en masa**

El método utilizado para la definición del peligro de remoción en masa corresponde a una metodología utilizada por Mora y Vahrson (1993)<sup>5</sup> quienes realizaron estudios de casos de fallas de taludes en Centroamérica y propusieron un método de predicción de amenaza, si bien su propuesta de análisis metodológico posee propuestas de gestión, el análisis multicriterio que utilizan es ampliamente utilizado en estudios de identificación de Peligros.

A continuación, se presentan las categorías de pendientes y exposición trabajadas para cada una de las localidades urbanas:

**Cuadro 1. Categorías de clasificación de pendientes.**

CATEGORÍA	RANGOS EN BASE A % DE PONDERACIÓN	PENDIENTE GRADOS	CONCEPTO	UMBRAL GEOMORFOLÓGICO
0	0	0 - 5	Suave	Erosión nula a leve
1	0,6	5 – 10	Moderada	Erosión débil, difusa.
2	1,2	10-20	Fuerte	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes. Deslizamientos (15° en arcillas)
3	1,8	20 – 30	Muy Fuerte a Moderadamente Escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación > 25° flujos deslizamientos (20° en arenas)
3		30 - 45	Escarpada	Coluvionamiento.
3		+ de 45	Muy Escarpada a Acanalada	Desprendimientos y derrumbes.

Fuente: Elaboración propia basado en ARAYA VERGARA & BÖRGEL (1972), JOUNG (1975), PEDRAZA (1996) y Jaque (1995) en ELMES M. (2006).

**Cuadro 2. Categorías de clasificación de pendientes.**

CATEGORÍAS	RANGOS EN BASE A % DE PONDERACIÓN	EXPOSICIÓN	RANGOS	DESCRIPCIÓN
0	0	PLANO	-1	Exposición común en toda la superficie
1	0,4	NORTE	0 -22.5	Menor cobertura vegetal
1	0,4	NORESTE	22.5 - 67.5	Menor cobertura vegetal
0	0	ESTE	67.5 - 112.5	Exposición común en toda la superficie

<sup>5</sup> Disponible en línea: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/librodeslizamientosti\\_cap13.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/librodeslizamientosti_cap13.pdf)

0	0	SUDESTE	122.5 - 157.5	Mayor cobertura vegetal
0	0	SUR	157.5 - 202.5	Mayor cobertura vegetal
0	0	SUROESTE	202.5 - 247.5	Mayor cobertura vegetal
0	0	OESTE	247.5 - 292.5	Exposición común en toda la superficie
1	0,4	NOROESTE	292.5 - 337.5	Menor cobertura vegetal
1	0,4	NORTE	337.5 - 360	Menor cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3. Categorías finales de peligro por Remoción en Masa**

CATEGORÍAS	SUMATORIA LINEAL PONDERADA	DESCRIPCIÓN
Sin clasificar	0	Sumatoria de variables de pendientes más exposición, con atributos de exposición Plana y pendientes nula o leve, inferior a 5°.
Bajo	0,4 – 1,2	Corresponde a la sumatoria de variables de pendientes bajas y exposición sur o norte.
Medio	1,2 – 1,6	Sumatoria exposición variada y pendientes medias.
Alto	1,8 – 2,2	Sumatoria de pendientes altas y exposición principalmente norte.

Fuente: Elaboración propia

Para la definición de la amenaza de inundación no se estableció un cruce de variables, debido a que la metodología utilizada corresponde la identificación de formas geomorfológicas a partir de las condiciones topográficas del área.

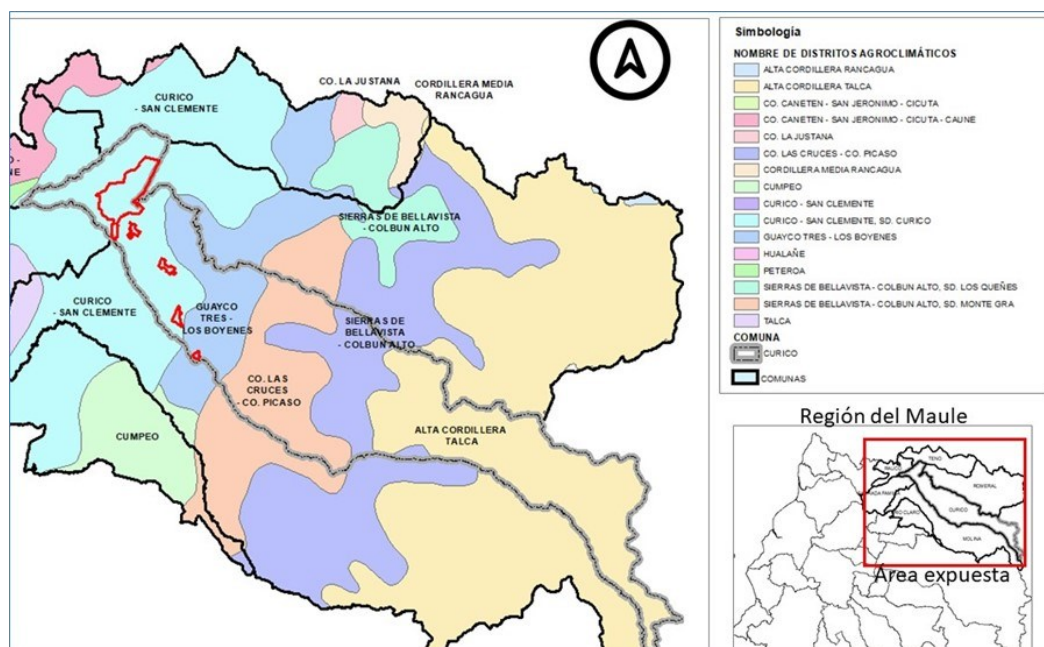
Respecto de los riesgos antrópicos se identifican en el área aquellos asociados a las actividades productivas desarrolladas en el territorio. Además de contemplar riesgos incendios forestales, de suma relevancia para centro y sur de Chile, debido a las condiciones de sequía existentes (mega sequía) y a la especial vulnerabilidad en época estival. Se cuenta con registros de IDE referidos a incendios forestales e incluso ubicación para aquellos ocurridos el año 2017, lo cual entrega indicios de su distribución en la comuna.

## VII.- ANTECEDENTES BASE PARA EL ESTUDIO

### VII.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los distritos agroclimáticos<sup>6</sup> fueron definidos como una clasificación basada en doce aspectos referidos a la relevancia agrícola del clima, con la finalidad de tener información respecto de las potencialidades y restricciones climáticas para los cultivos. Es así como en la comuna a partir de sus características específicas se encuentra dividido en 5 distritos los cuales se pueden agrupar en 3 sectores: Valle Central, Precordillera y Cordillera, este último subdividido en tres estratos alto, medio y bajo. Es importante mencionar que estos sectores no solo abarcan el área comunal, sino que se distribuyen a lo largo de toda la región, por este motivo los nombres de los distritos aluden en algunos casos a comunas y sectores aledaños.

Figura 2. Distritos climáticos en la comuna de Curicó



Fuente: Distritos agroclimáticos.

Las condiciones climáticas expuestas con anterioridad revelan las características de un territorio de la zona central, existiendo en su área administrativa una diferenciación climática asociada a las condiciones orográficas, las que hacen variar tanto las temperaturas como las precipitaciones. Los registros evidencian en ambas variables un comportamiento desigual entre sectores de valle, precordillera y cordillera:

- Las precipitaciones se presentan una distribución diferencial, concentrando los mayores montos de precipitaciones en la zona precordillerana y andina, concentrando en ella entre 1000 a 1400 mm.

En cuanto a las temperaturas, estas descienden hacia el este, o hacia el sector precordillerano y cordillerano. Situación que se evidencia en la región y en la comuna, con registros promedio que van desde los 13° a los 9° C

Según la clasificación climática de Köppen, Curicó se clasifica en clima templado cálido con precipitaciones concentradas en invierno o Csb, lo cual quiere decir que las temperaturas en

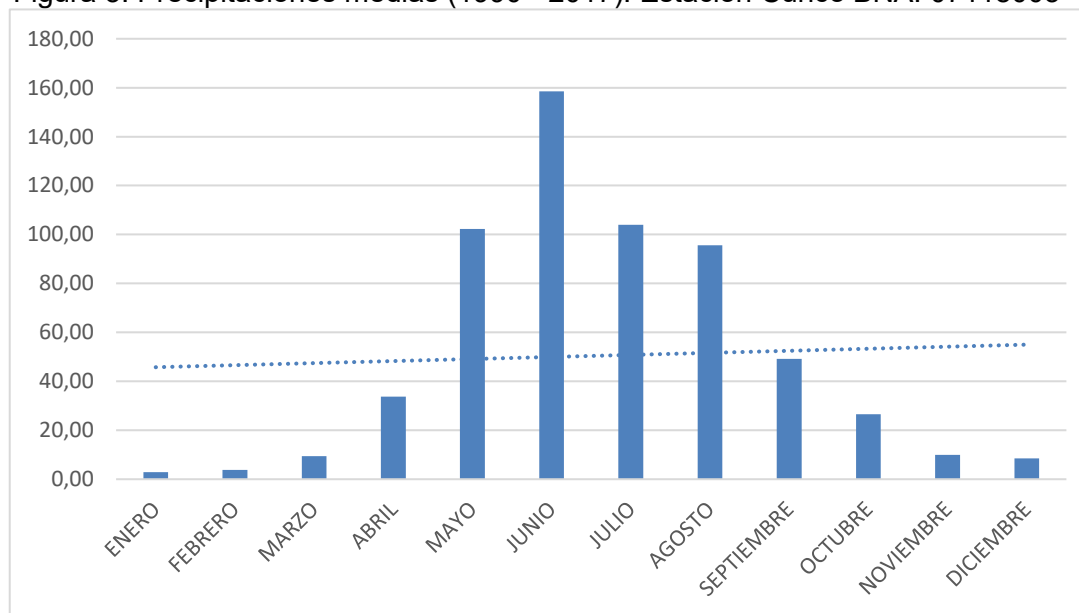
<sup>6</sup> Santibañez et al. (1979) en Distritos agroclimáticos. IREN – CORFO.

promedio anual rondan los 8 a 20° C y las precipitaciones promedio alcanzan mayores valores especialmente en época invernal. A continuación, se describen cada una de las variables climáticas, además de las clasificaciones climáticas para el área comunal

### **Precipitaciones promedio**

De acuerdo con los datos de precipitaciones la estación Curicó (código BNA: 07118003-4), ubicada a 195 msnm, presenta una clara concentración en los meses de invierno (junio, julio y agosto), concentrando las precipitaciones promedio más altas en el mes de junio con 200 mm. Los meses de verano presentan escasas precipitaciones del orden de los 3 a los 9 mm.

Figura 3. Precipitaciones medias (1990 - 2017). Estación Curicó BNA: 07118003-4.

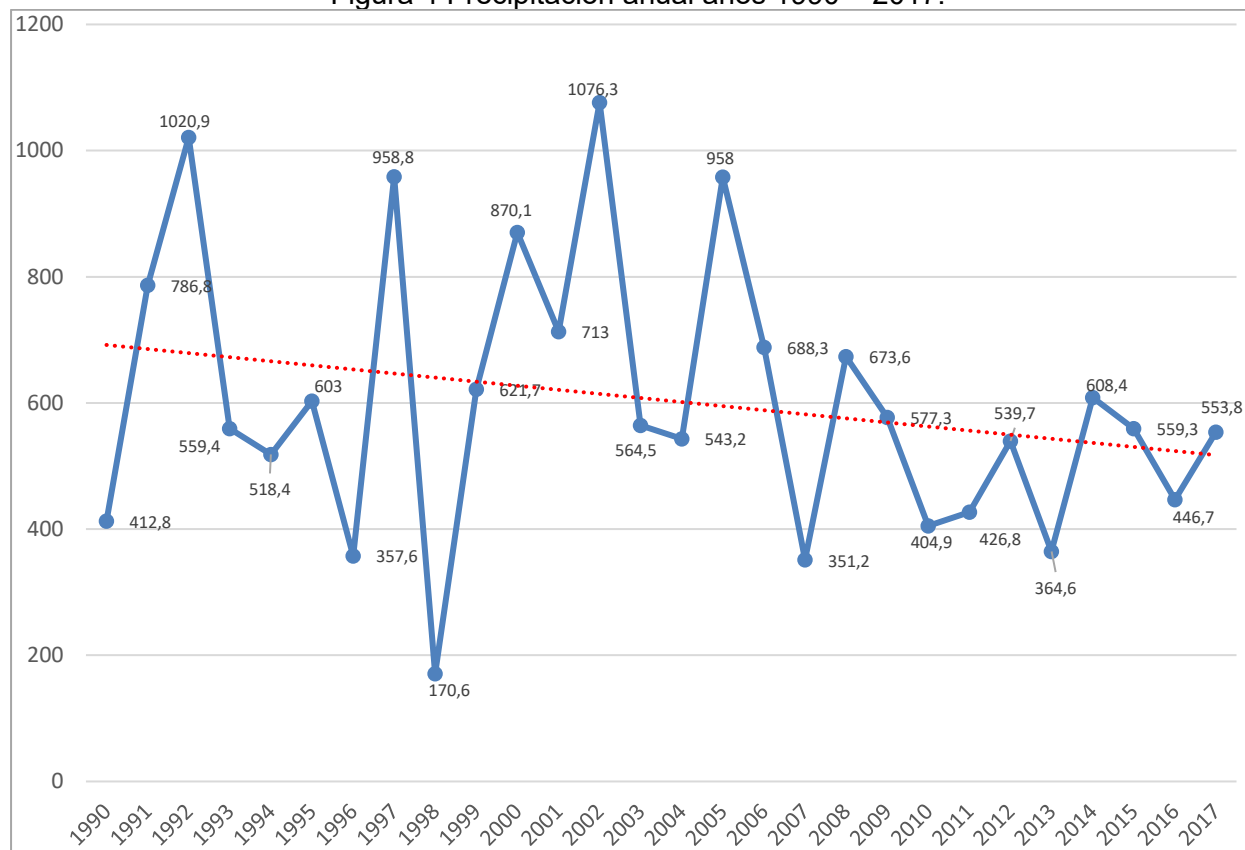


Fuente: Datos precipitaciones extraídos de DGA. Estación Curicó.

De acuerdo con antecedentes del “Marco Estratégico para la adaptación de la infraestructura al Cambio climático” desarrollado por la pontificia Universidad Católica el año 2013, se logra establecer una tendencia climática para la cuenca del Mataquito, a la cual pertenece la comuna de Curicó, en este sector se establece un aumento de la temperatura, que a nivel anual se observa un alza de 1° durante el periodo 1976 – 2009. A diferencia de lo que ocurre con las precipitaciones, las cuales han disminuido a nivel anual, de acuerdo con el estudio, cuya tendencia incluso se mantiene al ampliar el periodo al año 2017, como se muestra a continuación:



Figura 4 Precipitación anual años 1990 – 2017.



Fuente: Estación Curicó BNA: 07118003-4.

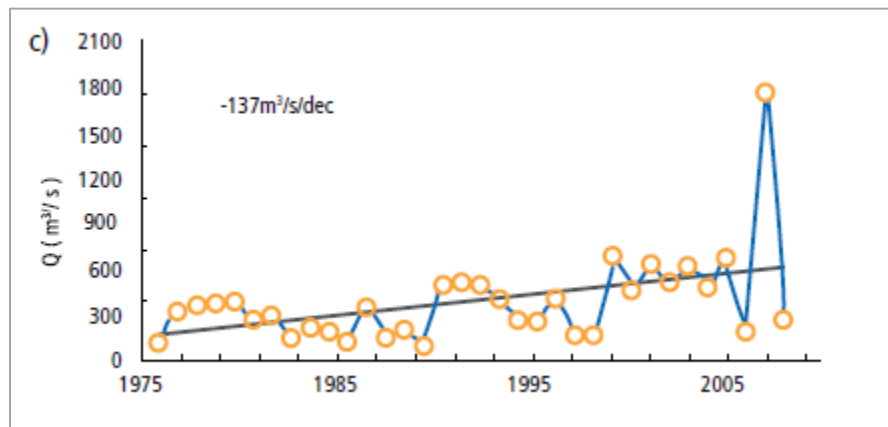
En el gráfico anterior, muestra una tendencia de disminución de las precipitaciones, situación que se asimila al panorama estudiado a escala nacional, según lo señala PUC (2013), si bien existen incertidumbre respecto de las proyecciones del cambio climático es alta, en Chile existe un consenso entre los modelos de circulación global, los cuales indican una alta ocurrencia de disminución entre paralelos entre 30 – 42° S, es decir zona centro de Chile sector en el cual se ubica Curicó (34° Latitud Sur).

Además del registro de cambios señalados referidos a temperaturas y precipitaciones, los caudales son un registro relevante por considerar respecto de los impactos que puede sufrir la infraestructura frente a crecidas de ríos. Es así como para el caso de la cuenca del río Mataquito, superficie en la que se incluye la comuna de Curicó, presenta cambios en la temporalidad de caudales, especialmente existiendo cambios en las temporadas de los deshielos, lo que junto a la presencia de eventos extremos de precipitaciones y descensos en las temperaturas abruptos generan aumentos de caudales.

En la figura siguiente se muestra la dinámica de los caudales máximos instantáneos, donde existe una dinámica o tendencia de aumento de caudales máximos, existiendo peaks importantes desde el año 2000 en adelante, destacando el evento extremo ocurrido el 23 de mayo del año 2008.



Figura 5 Caudales Río Mataquito- Estación Río Colorado junta con los Palos.



Fuente: Vicuña et al. (2013).

Los datos presentados con anterioridad son antecedentes considerados relevantes de presentar a la hora de caracterizar el área comunal. Si bien estos comprenden una escala superior de análisis, como lo es la cuenca del río Mataquito, resulta relevante el análisis de los datos climáticos e hidrológicos, ya que revelan un cambio evidente respecto de las variables de temperaturas, precipitaciones y el comportamiento de los caudales. Estos cambios son evidenciados en este diagnóstico debido a la relevancia de **planificar el área teniendo presente las condiciones extremas que representan una posible amenaza de desastres naturales en los territorios.**

### Precipitaciones máximas

Las precipitaciones máximas corresponden a registros meteorológicos que permiten evidenciar la ocurrencia diaria de las mayores magnitudes de precipitaciones en una determinada estación, por lo tanto, permite evidenciar la presencia de episodios de mayor magnitudes de precipitaciones o episodios de tormenta en un área. Lo importante de esta información es que proporciona datos permite reconocer en el área las mayores intensidades de precipitaciones, relacionarlas con caudales máximos, condiciones de mayor erosividad sobre los suelos y a la vez relacionarlo con episodios climáticos extremos del registro de amenazas históricas en el área en torno a la estación desde donde se extraen los antecedentes.

A continuación, se presentan las precipitaciones máximas extraídas para dos estaciones en la comuna, una de ellas ubicada en la Ciudad de Curicó y la otra en el sector de Potrero Grande, cercano a la localidad de Bajo La Cuesta.

**Cuadro 4.** Precipitaciones máximas en 24 horas estación Potrero grande (a la izquierda) y Curicó (a la derecha)

AÑO	FECHA	MAXIMA EN 24 HS. PP (mm)	INTENSI DAD EN HORAS	AÑO	FECHA	MAXIMA EN 24 HS. PP (mm)	INTENSIDAD EN HORAS
1990	28/03	67,50	13,78	1990	28/03	39,80	8,12
1991	27/05	97,00	19,80	1991	18/06	55,00	11,23
1992	05/05	116,50	23,78	1992	05/05	103,00	21,02
1993	19/05	79,10	16,15	1993	02/05	63,00	12,86
1994	26/04	125,20	25,56	1994	26/04	69,70	14,23
1995	12/08	89,00	18,17	1995	29/04	51,80	10,57
1996	11/06	68,50	13,98	1996	12/08	34,80	7,10
1997	29/07	103,70	21,17	1997	19/06	68,20	13,92
1998	10/09	45,70	9,33	1998	05/06	35,40	7,23
1999	29/08	110,30	22,51	1999	29/08	64,00	13,06
2000	12/06	102,00	20,82	2000	12/06	62,30	12,72
2001	28/08	147,50	30,11	2001	28/08	69,50	14,19
2002	06/08	127,50	26,03	2002	25/05	80,50	16,43
2003	20/05	73,00	14,90	2003	20/05	58,30	11,90
2004	12/04	112,00	22,86	2004	25/10	39,00	7,96
2005	22/11	86,00	17,55	2005	14/06	53,20	10,86
2006	05/06	123,00	25,11	2006	11/07	84,20	17,19
2007	14/08	60,00	12,25	2007	22/06	45,00	9,19
2008	15/08	81,00	16,53	2008	19/06	59,50	12,15
2009	12/05	105,00	21,43	2009	12/05	66,10	13,49
2010	17/06	61,00	12,45	2010	06/07	43,70	8,92
2011	15/07	43,00	8,78	2011	18/06	36,30	7,41
2012	18/12	80,00	16,33	2012	12/06	48,20	9,84
2013	03/07	110,00	22,45	2013	03/07	74,00	15,11
2014	02/05	100,00	20,41	2014	02/05	91,00	18,58
2015	11/07	70,00	14,29	2015	05/08	42,00	8,57
2016	14/04	68,00	13,88	2016	13/07	46,60	9,51
2017	25/06	98,20	20,04	2017	25/06	55,80	11,39
2019	29/06	34,00	6,94	2019	28/06	21,20	4,33

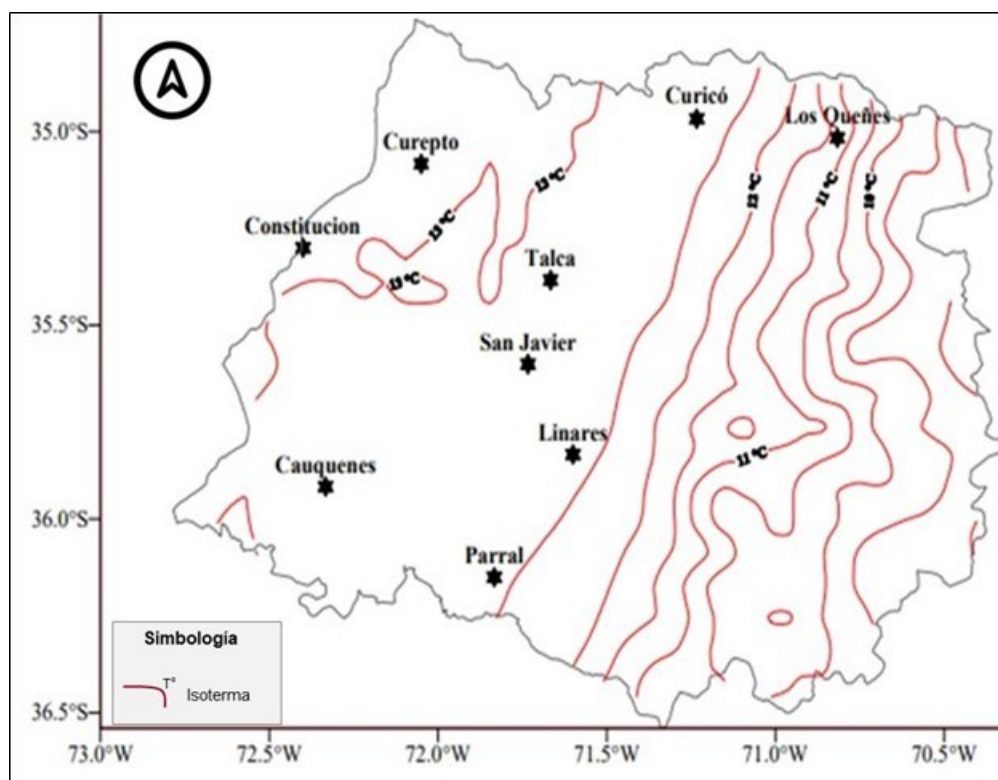
Fuente: Extraído de Datos meteorológicos de la DGA.

Las intensidades de las precipitaciones en horas representan un dato comparativo que permite estimar para la zona central intensidades sobre los 10 mm como moderadas, sobre los 20 como altas, en relación a la bibliografía revisada<sup>7</sup> y a las características del área. Los registros muestran intensidades altas para la estación potrero grande principalmente, solo destaca como alta intensidad las precipitaciones del año 1992 para Curicó. Es importante destacar que la fecha cuando ocurren las precipitaciones intensas es de suma importancia por su impacto sobre los suelos, por ello el mes con mayor fragilidad frente a la erosión producto de la acción pluvial es el mes de mayo, debido a la sequedad del suelo y al impacto de las gotas de agua sobre el.

Las diferencias de ambientes de valle y cordillerano son claramente distintos en relación a la precipitación debido a que se observa una diferencia en las intensidades siendo mayores para la estación ubicada en el sector precordillerano, las fechas de precipitaciones extremas en algunos casos no coinciden pese a encontrarse en la misma comuna, lo que evidencia que distintos sistemas frontales afectan, en algunos casos, a los sectores de valle y precordillera.

### **Temperaturas promedio**

Figura 6 Distribución de las temperaturas a nivel regional. (isotermas: líneas en color rojo)



Fuente: Modificada de Climatología Regional (2011). DMC.

Respecto de las temperaturas los registros regionales de la Dirección Meteorológica de Chile<sup>8</sup> (DMC), expresan una fuerte influencia de las condiciones orográficas del territorio. En la imagen a continuación se muestra un mapa de isotermas elaborado por la DMC, en el cual se puede establecer la distribución de las temperaturas promedio sobre la superficie de la Región del Maule, en ella se observa con claridad la presencia en el valle de temperaturas en torno a los 13°

<sup>7</sup> Registros de Manuel de carreteras.

<sup>8</sup> DMC. Departamento de climatología y meteorología. Climatología Regional (2001).

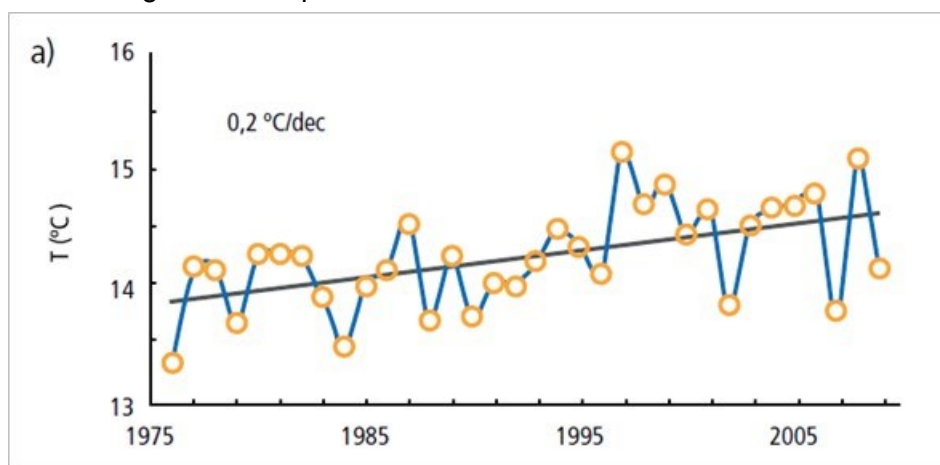
a diferencia de lo que ocurre en la precordillera y cordillera cuyas temperaturas descienden desde los 12° incluso alcanzando 8°C promedio.

De acuerdo con este patrón las temperaturas disminuyen de oeste a este y de norte a sur en la Región.

El comportamiento promedio de las temperaturas en la comuna se puede ver reflejada por la estación Potrero grande, ubicada cercana a Curicó a una altura de 455 msnm, posee temperaturas promedio para el periodo 2010 – 2014, de 13° C. Estas presentan una clara disminución de temperaturas en los meses de mayo a agosto, registrándose entre 8° a incluso 6°C promedio, y se registran las temperaturas más altas en los meses de verano, con temperaturas de 20° C promedio.

A una escala de análisis temporal mayor, de acuerdo al estudio de Vicuña et al 2013, las temperaturas promedio anuales de la estación Curicó, con registros desde el año 1975 al 2009, reflejan una clara tendencia de aumento de las temperaturas. Estos datos fueron utilizados para relazar estudios comparativos respecto del cambio climático en Chile. Así como en el caso de las precipitaciones, presentados con anterioridad, las temperaturas también registran cambios, aunque con una tendencia de aumento de las temperaturas promedio, particularmente en primavera e invierno, para el caso particular de la estación de Curicó, mientras que se observa una tendencia negativa en otoño. Estas tendencias estacionales son de tal magnitud que a nivel anual se observa un alza de 1°C durante el período 1976-2009.

Figura 7. Temperatura media anual – Estación de Curicó.



Fuente: Vicuña et al. (2013).

Conocer las características climáticas de precipitaciones y temperaturas promedio, y su evaluación respecto de la tendencia del cambio climático, permite tener en cuenta la variabilidad del sistema actual, y cuáles son las **condiciones previstas de cambio y sus posibles impactos en el territorio**.

## VII.2 DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA LOCAL

En la Región del Maule, se identifican 5 cuencas, de ellas dos son principales, debido a la superficie de cobertura en la región, estas son: Mataquito y Maule, ambas de régimen mixto. Las tres cuencas restantes corresponden a cuencas costeras: límite regional río Mataquito, Costera Mataquito Maule y Costera Maule límite región del Biobío.

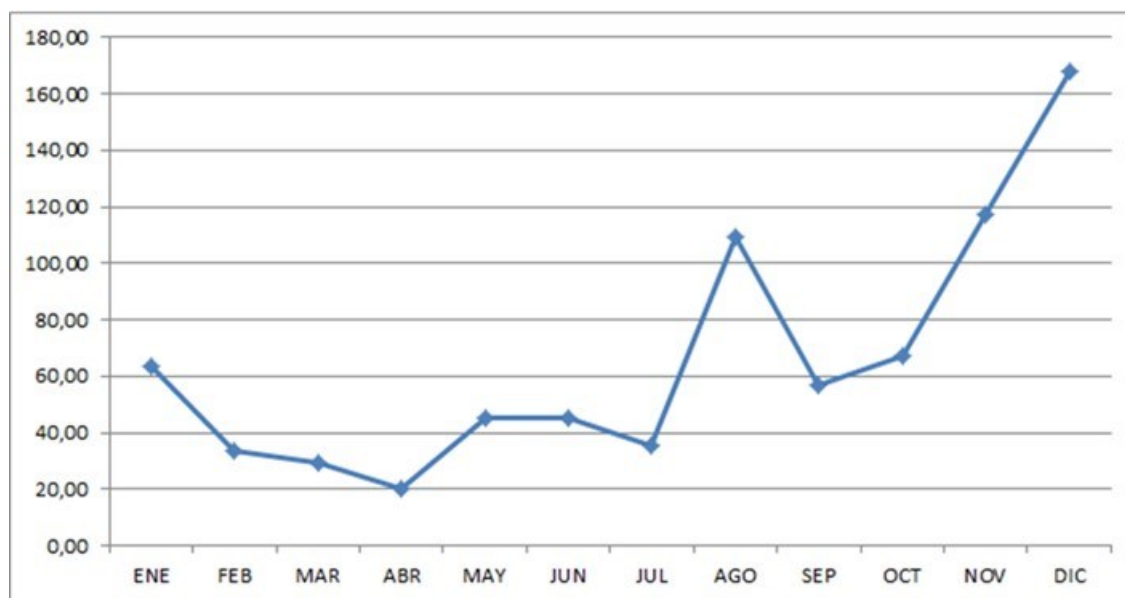
La cuenca del río Mataquito es de especial interés para la comuna de Curicó debido a que su curso hídrico pasa por la comuna a unos kilómetros de la ciudad de Curicó. Su hoya hidrográfica posee una superficie de 6.317 km<sup>2</sup>, sus tributarios son el río Teno y el río Lontué, este último curso de agua escurre desde la Cordillera, cabecera en el Descabezado Grande, hasta confluir con el río Mataquito al sur de la Ciudad de Curicó, en su recorrido en ambientes de precordillera sus terrazas conformar parte de la localidad de Bajo La Cuesta, una de las localidades urbanas en estudio.

En cuanto al río Teno, su cuenca es paralela a la del Teno, su curso no pasa por la ciudad de Curicó ni en sus cercanías.

Las cuencas que se identifican en el área comunal desde el área cordillerana hasta el valle, en imagen adjunta, son: Río Valle Grande, entre Río Barroso y Valle Grande, Río Barroso, estero Las Mulas y Río Barroso, Río Colorado, estero Cabrera, estero Chequenlemono, estero Upeo, Río Lontué, estero Chequen y estero Quetequete.

A continuación, se presentan un gráfico del caudal promedio de la estación río Colorado en Los Palos la cual se ubica en la cuenca del Río Lontué en la junta entre El río Palos y Colorado, corresponde a una sección media de la cuenca. Los datos muestran un claro régimen nivo - pluvial, ya que los caudales aumentan en los meses de primavera y verano producto del deshielo, encontrando caudales de 170 m<sup>3</sup>/s, y así mismo presenta aumentos en meses de invierno producto de la precipitación, aunque los caudales son inferiores que con los deshielos (110 m<sup>3</sup>/s).

Figura 8. Caudales promedio Río Colorado en Los Palos (BNA: 07112001-5) año 2018<sup>9</sup>



Fuente: Elaborado en base a datos DGA Reportes fluviométricos.

<sup>9</sup> Estos datos fueron utilizados debido a que presenta una serie de datos más completa de los años recientes.

Es importante señalar que los cursos hídricos que conforman parte de la cuenca del Río Mataquito, entre ellos aquellos que drenan el área comunal de Curicó presentan dos tipos de régimen de alimentación, los cuales son identificables por su ubicación en la cuenca, aquellos cursos hídricos ubicados en la zona cordillerana poseen principalmente un régimen nivopluvial como es el caso del Río Colorado en junta Río Palos y Río Lontué, caso distinto ocurre con aquellas subcuencas ubicadas en el sector de precordillera y valle como los cursos hídricos de Estero Upeo en Upeo, Chequen y estero Quetequete.

Sin duda que el régimen de alimentación como el comportamiento de los caudales durante el año generan cambios en las condiciones del entorno del río, y más aún si existen áreas habitadas en su entorno. Por lo anterior es importante considerar en la planificación de las áreas a normar las características de los cursos hídricos. En el cuadro a continuación se realiza una breve descripción de los cursos hídricos que pasan cercanos a las áreas en estudio

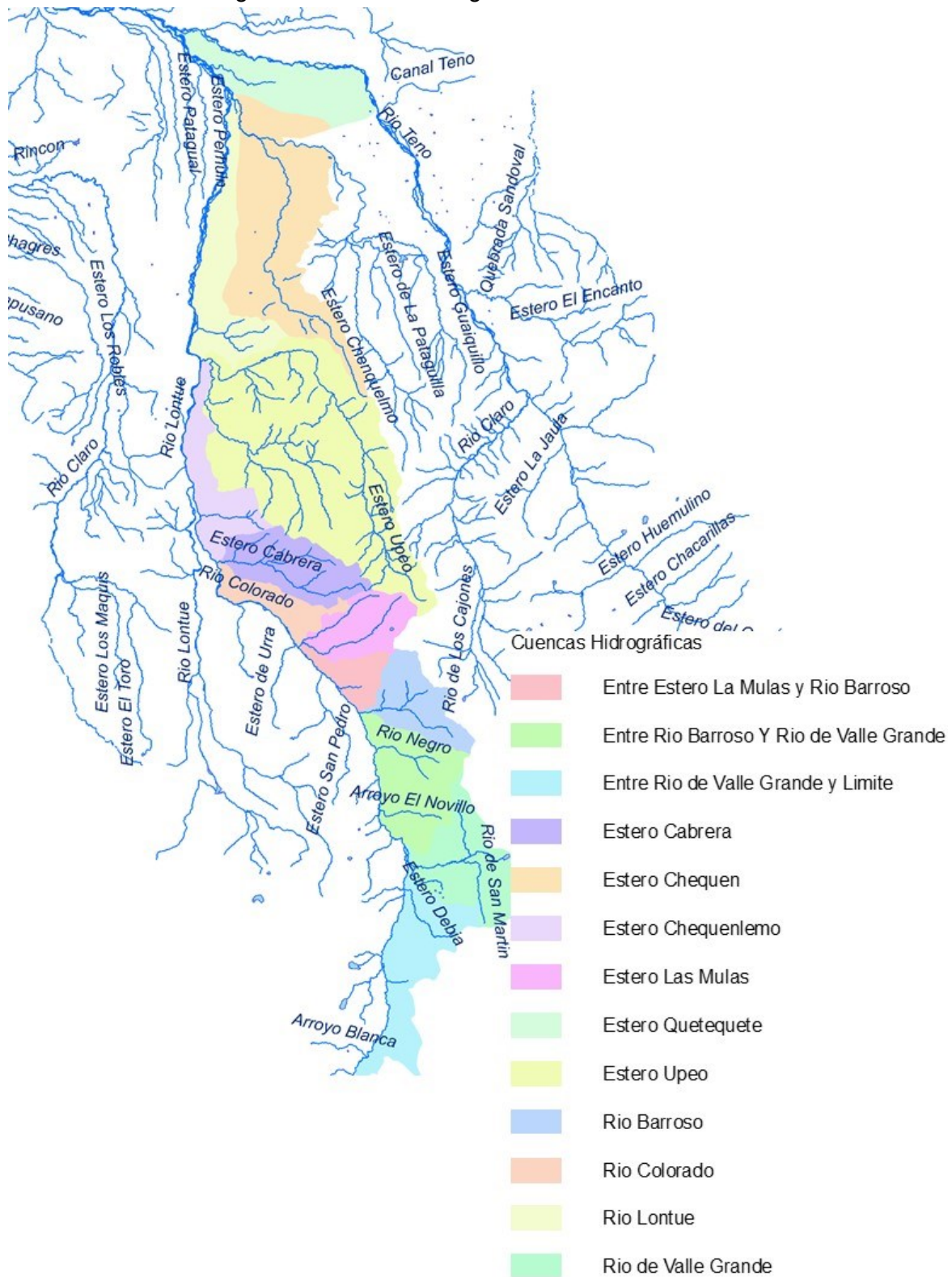
**Cuadro 1. Cursos de agua natural y áreas en estudio**

ÁREA URBANA	CURSOS HÍDRICOS	DESCRIPCIÓN
Curicó	Esteros Guaiquillo	Su nacimiento se origina en el Cerro Alto de la Quinhual en la comuna de Romeral. Se junta con otros cursos tributarios entre ellos: Quebrada El Tinajón, Estero Potrero Grande, Quebrada de las Lagunas, las cuales dan continuidad al curso Guaiquillo. El curso hídrico del río Guaiquillo bordea la Ciudad de Curicó por el sur y surponiente. Presenta un curso meándrico desde su nacimiento, el cual agudiza esta condición al recibir los aportes del estero Chequenlmo, desde allí el curso posee mayor cantidad de material sedimentario en su curso generando pequeños bancos de arena, hasta alcanzar su exutorio como tributario del Río Lontué.
La Obra	Esteros Chequenlmo	Ambas localidades se encuentran a una distancia de 2 kilómetros del curso hídrico. Este curso encuentra su origen en el cerro Pichi (1.350 msnm), desde donde nace en dirección al norte, recibiendo pequeños cursos tributarios como: Quebrada Don Ramón, Quebrada del Aromo y quebradas Las Letras, el curso hídrico desde este último tributario comienza a ampliarse sobre una superficie de valle. Su hídrico escurre en un cauce bastante incidido con sinuosidades en su curso.
Los Niches	Esteros Chequenlmo	En la localidad de Los Niches el curso hídrico de estero Chequenlmo se encuentra incidido, a diferencia de lo que ocurre aguas abajo en la localidad de La Obra, sector donde se observa mayor concentración de material sedimentario. En este sector se observa un curso más sinuoso y con bancos sedimentarios en los bordes de la ribera.
Cordillerilla	Río Lontué	La localidad de Cordillerilla se encuentra distante del curso hídrico del río Lontué, aproximadamente 2 kilómetros. El curso hídrico del río Lontué en este sector precordillerano presenta un curso anastomozado o trenzado con varios canales en su cauce. El río Lontué encuentra su nacimiento en la cordillera alta de la comuna de Molina, aproximadamente a uno 1.500 msnm. En su nacimiento recibe aporte de el Río Los patos de San Pedro, aguas abajo se une al Río Colorado y al Estero Upeo, en la junta con este último estero. El curso hídrico se vuelve trenzado por el aporte de material sedimentario al cauce.
Bajo la Cuesta	Río Lontué	La localidad Bajo la Cuesta se encuentra bajo la junta con el Estero Upeo, específicamente en la ribera oriente del río Lontué y norte del Estero Upeo. En este sector la localidad se encuentra en el área de un cauce antiguo de río, el cual es claramente observable por las condiciones del suelo y la presencia de material de depósito y arrastre del Río. La localidad se encuentra apoyada al oriente por un banco de arena generado por la sinuosidad del cauce acumulándose en el área mayor cantidad de material. Es importante señalar en este punto que los bancos de arenas son dinámicos y que producto de una crecida del río estos podrían modificarse.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Cuencas hidrográficas del área comunal



Fuente: Elaborado en base a SIG comunal

## Morfometría

Una forma de clasificar las cuencas hidrográficas es a partir de las características físicas de las cuencas, estas características se clasifican a partir del impacto del drenaje, volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo, y las que condicionan la velocidad de respuesta, como la jerarquía, pendiente, la sección transversal, etc.

La importancia de estos parámetros es que permiten definir el grado de respuesta de la cuenca en relación a sus caudales de crecida, el grado de concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento, parámetros de relieve (pendiente), elevación media, entre otras. Con la finalidad de reconocer el tipo de respuestas de las cuencas de interés en el estudio se presentarán datos referidos a: área, perímetro, longitud, ancho, el factor de forma de Horton y el indicador de compacidad de Gravelius.

Las cuencas a estudiar corresponden a aquellas que se encuentran incidiendo directamente el área en estudio, estas son: Lontué y Chenquermo siendo esta última una cuenca menor tributaria del Lontué que índice fuertemente en el área urbana de Curicó, representando un límite geográfico para el área urbana en el sur de la ciudad.

**Cuadro 2. Parámetros morfológicos cuencas en estudio.**

Cuenca	Área (Km 2)	Perímetro (Km)	Longitud de la cuenca (km)	Ancho de la cuenca (Km)	Factor de Forma <sup>10</sup>	Coefficiente de compacidad <sup>11</sup>
Lontué	197,71	106,2	42	6	0,11	2,11
Chenquermo (Guaiquillo tributario pasa por el sur de la ciudad)	520,32	107,13	52	21	0,19	1,30

Fuente: Elaboración propia.

La cuenca de Lontué de acuerdo a las características señaladas en el cuadro anterior posee una forma oval u oblonga de acuerdo al cálculo de su compacidad, esto quiere decir que posee menores posibilidades de tener una concentración grande del flujo, ya que al concentrarse al valor de circunferencia (1) indica la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento o mayor concentración, situación que se evidencia en menor medida para la cuenca de Chenquermo. La misma situación es la que expresa el factor de forma de Horton para ambas cuencas, evidenciando de forma más taxativa una baja posibilidad de concentrar escurrimiento de una lluvia intensa, debido a que su forma alargadas en ambos casos.

La cuenca de Chenquermo posee mayores pendientes que el caso de la cuenca del Lontué, si bien ambas se originan un ambiente precordillerano, el caso de Chenquermo posee un mayor número de tributarios provenientes de cerros cercanos por esto su forma tiene a ser más ovalada a diferencia de lo que ocurre

<sup>10</sup> Factor definido por Horton (1932), como la relación del área de la cuenca y el largo del cauce principal al cuadrado.

<sup>11</sup> Coeficiente diseñado por Gravelius (1914), donde relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.

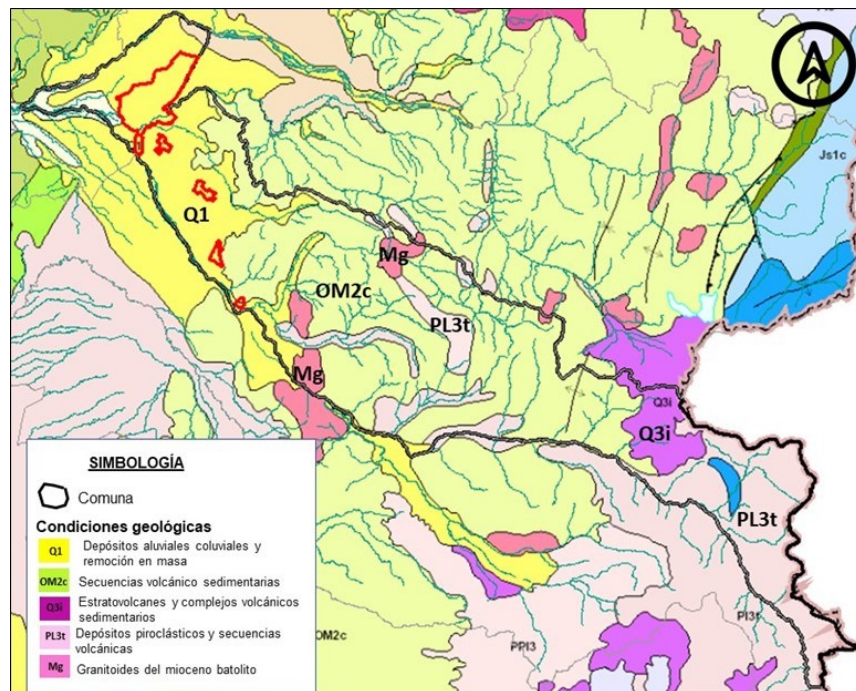


en el Lontué donde se extiende sobre superficies más planas contemplando como subcuenca su sección baja desde la conjunción con el río Colorado.

### VII.3 MARCO GEOLÓGICO

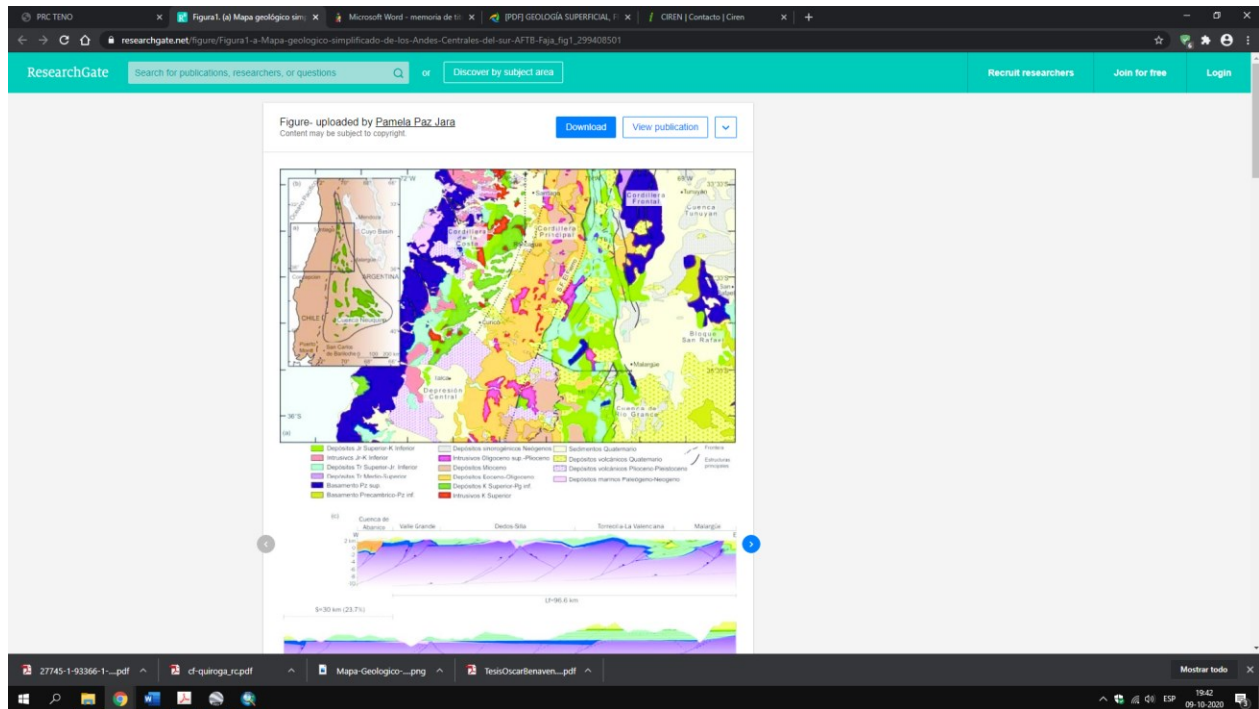
El área comunal de Curicó de acuerdo a la carta geológica de Chile, escala 1:1.000.000, se identifican una secuencia de estratos pertenecientes desde el periodo Jurásico al Cuaternario, las unidades más antiguas corresponden a secuencias sedimentarias marinas ubicadas en el área cordillerana, seguidas de secuencias volcánico sedimentarias (OM2c), afloramientos graníticos del Mioceno (Mg), y depósitos aluviales, de remoción en masa y fluviales de periodos recientes, desde el Oligoceno al Holoceno, los cuales se emplazan en superficies de valle y quebradas, que alcanzan una gran expresión espacial, sector donde se emplaza la ciudad de Curicó.

Figura 10. Condiciones geológicas en la comuna de Curicó.



Fuente: imagen adaptada de SERNAGEOMIN. Escala 1: 1.000.000.

## MODIFICACION DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ



Las unidades geológicas identificadas en la comuna se describen a continuación:

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	LITOLOGÍA	EDAD
OM2C	Secuencia volcánico sedimentarias	Andesita, dacita, sedimentario volcánico piroclástico	Oligoceno - mioceno
Q1	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa	Deposito aluvial, coluvial, glaciofluvial, deltaico.	Pleistoceno - holoceno
Qf	Depósitos fluviales	Grava, arena y limo	Pleistoceno - holoceno
PI3t	Depósitos piroclásticos	Volcánico clástico y riolita	Pleistoceno
Js1m	Secuencias sedimentarias marinas litorales	Caliza, areniscas, lutitas, calcárea, sedimentario químico	Jurásico medio y superior
Q3i	Estrato volcanes y complejos volcánicos	Volcánico piroclástico, andesita, dacita	Cuaternario
Ppl3	Secuencias volcánicas y centros volcánicos parcialmente rodados	Secuencias y centros volcánicos parcialmente erodados	Plioceno - Pleistoceno
PI3t	Depósitos piroclásticos	Volcánico piroclástico, riolita	Pleistoceno
Mg	Granitoides del Mioceno	Granodiorita, diorita y tonalita	Mioceno

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de cobertura digital del Mapa geológico de Chile.

En cuanto a las condiciones litológicas se reconoce en el área la presencia de una estructura rocosa en la Cordillera con presencia de conos volcánicos activos y formaciones sedimentarias marinas, que surgen producto del solevantamiento de la Cordillera hace millones de años. En

cuanto a las quebradas y valles se reconocen en ellas superficies de depósito coluviales, aluviales y fluviales, todas ellas son unidades de formación reciente en la cronografía geológica.

La ciudad de Curicó se localiza sobre superficies de valle compuestos principalmente por sedimentos poco consolidados de depósitos aluviales, unidad geológica Q1, los cuales producto de un cambio en el régimen tectónico, permitieron su configuración como un sistema fluvial. En la actualidad el valle y el sistema fluvial se mantiene y es evidenciado por un amplio valle perteneciente al curso hídrico del Río Teno y al Estero Guaiquillo, este último escurre por el sur de la ciudad, en este ambiente de valle destaca el cerro Condell única unidad que destaca por su altura, se encuentra formado por rocas volcánicas y subvolcánicas antiguas, de cerca de 20 millones de años de edad, perteneciente a la formación abanico<sup>12</sup>.

En cuanto a las terrazas fluviales en torno al Teno y al estero Guaiquillo, se identifican 2 terrazas fluviales amplias, ubicada en las cercanías al paso de la línea del tren. Estas superficies se reconocen bajo la misma unidad de depósito y son diferenciadas en la caracterización de las condiciones geomorfológicas de la comuna como terrazas fluviales.

En cuanto al resto de las localidades en estudio, para el caso de La Obra, Los Niches y Cordillerilla, se emplazan sobre superficies de depósito aluvial (Q1), aunque sobre el valle del río Lontué. La localidad de Bajo La Cuesta se emplaza sobre superficies del valle del río Lontué más acotadas, incluso se considera en las cercanías a la localidad unidades volcánicas sedimentarias que se encuentran representadas por superficies de mayor pendiente, cerros, pertenecientes a ambientes de precordillera y de la Cordillera de Los Andes.

Los antecedentes cartográficos con los cuales se cuenta solo permiten hacer una caracterización general del área, debido a que corresponde a una escala regional, sin embargo, se reconocen antecedentes bibliográficos<sup>13</sup> que permiten precisar algunos aspectos característicos del área, específicamente de la cuenca del río Mataquito, que en la cartografía a 1: 1.000.000 no son detallados. Entre las formaciones geomorfológicas reconocidas y asociadas a las unidades geológicas señaladas con anterioridad se encuentran:

- Presencia de material Cinerítico. Sedimentos cineríticos del Pleistoceno superior Holoceno que se distribuye en gran parte del valle central al sur de las coordenadas UTM N 6.124 Km. Su emplazamiento se encuentra en amplios valles como es el caso del Mataquito. Su origen se asocia a fuertes erupciones que proporcionaron el material cinerítico que posteriormente fue redepositado por acción hídrica.
- Se reconocen formaciones de **depósito aluviales** como de aglomerados volcánico de Guaico – Upeo<sup>14</sup>, en la sección media de la cuenca del Lontué, a partir de su confluencia surge una abertura hacia el valle, donde se localiza Bajo La Cuesta. Está representado por un grueso cono de fuerte pendiente hacia el este el cual está constituido por un grueso espesor (superior a 200 m de potencia) de aglomerado volcánico integrado por bloques basálticos en un 70 a 80% y matriz de cenizas y lapilli con un 30 a 20% en partes descompuestas a arcilla. Se le reconoce un **origen laharico volcánico**.

<sup>12</sup> Esta unidad está constituida por lavas básicas a intermedias, rocas piroclásticas ácidas e intercalaciones sedimentarias continentales (fluviales, aluviales y lacustres), las cuales forman lentes de hasta 500 m de espesor (Charrier et al., 2002; Nyström et al., 2003)

<sup>13</sup> Mejoramiento y Ampliación de Red de aguas subterráneas, Regionales VII a X. Informe Final. CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES LTDA. Disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/sad/FLU5240v1.pdf>

<sup>14</sup> Varela y Moreno, 1982. Los depósitos de relleno de la depresión central de Chile entre los ríos Lontué y Biobío. Disponible en línea: [https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/4914ppF280\\_F306.pdf](https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/4914ppF280_F306.pdf)

- **Depósitos gravitacionales.** Se identifican principalmente en la cabecera de la cuenca del río Mataquito<sup>15</sup>, es decir en la comuna de Curicó se ubica principalmente en el sector alto de la subcuenca del Río Colorado y Lontué.
- **Depósitos fluviales y depósitos actuales.** En torno al río Teno, los depósitos actuales se localizan en torno al cauce principal. Su composición (<15% - 25%) corresponde a arenas medias y gravas gruesas y arenas finas y limos con 5 – 15% de arcilla. Para el caso de depósitos fluviales actuales los materiales de composición corresponden a gravas medias y arenas finas, ocasionalmente con bolones en su cauce superiores a 20 cm.

El río Lontué también se identifican formas de depósitos fluviales, con sedimentos clásticos de grano grueso marginales al actual cauce del río, se encuentran representadas por formas llanas que, en partes, incorporan rasgos con forma de terrazas resultantes de la incisión del río al producirse cambios locales en el régimen fluvial.

Se reconoce una sinuosa trayectoria del río Lontué y precarios encauzamiento, generando desbordes provocando daños, no solo en esta cuenca, sino también para el río Claro, Putagán y Perquillauquén.

- **Depósito de abanico fluvial del río Lontué o “Abanico de Molina”<sup>16</sup>.** Amplio abanico en forma de gran plano inclinado en dirección noroeste, hacia donde disminuye gradualmente en altitud desde el borde preandino. Posee una edad Pleistocénica superior – Holocena y sus materiales característicos son grueso espesor de sedimentos de origen fluvial en que participan predominantemente ripios, gravas arenosas y arenas en menor proporción, en la parte superior de los depósitos de gravas se reconoce una delgada capa de suelos delgados limos arcillosos (20 – 30 m). Estos materiales poseen escasa compactación y por lo tanto tienen una elevada porosidad y son muy permeables. Esta naturaleza litológica permite reconocerlo como una formación con buenos rendimientos de acuíferos.

## Hidrogeología

El mapa hidrogeológico de Chile en la cuenca del Río Mataquito muestra en el área cordillerana de la comuna de Curicó formaciones rocosas del período cretácico y terciario de origen sedimentario volcánico constituidas por brechas, tobas e ignimbritas con intercalaciones de lutitas, calizas areniscas y conglomerados en general de baja permeabilidad.

Se identifican volcanes como el Planchón, Peteroa y Azufre, que corresponden a un basamento constituido por formaciones rocosas volcánicas del cuaternario conformadas por coladas y depósitos piroclásticos de mejor permeabilidad.

En el área cordillerana, el acuífero en color azul en el Mapa Hidrogeológico se asocia al derretimiento de nieves, este corre paralelo a los cursos de agua de los ríos Teno y Colorado, por un relleno no consolidado de origen aluvial y coluvial de alta permeabilidad, este acuífero continúa su curso hacia el valle longitudinal de la depresión intermedia, con niveles freáticos de 4 m a la altura de Curicó.

En el estudio hidrogeológico de la cuenca del Río Mataquito (2012)<sup>17</sup>, se evidencia con mayor exactitud los acuíferos presentes en el área, siendo el acuífero Lontué – Teno el de mayor relevancia para el área comunal de Curicó, especialmente el Lontué. Este mismo estudio señala

<sup>15</sup> Mejoramiento y ampliación de red de aguas subterráneas, regiones VII a X. Informe Final. (año 2010). <https://snia.mop.gob.cl/sad/FLU5240v1.pdf>

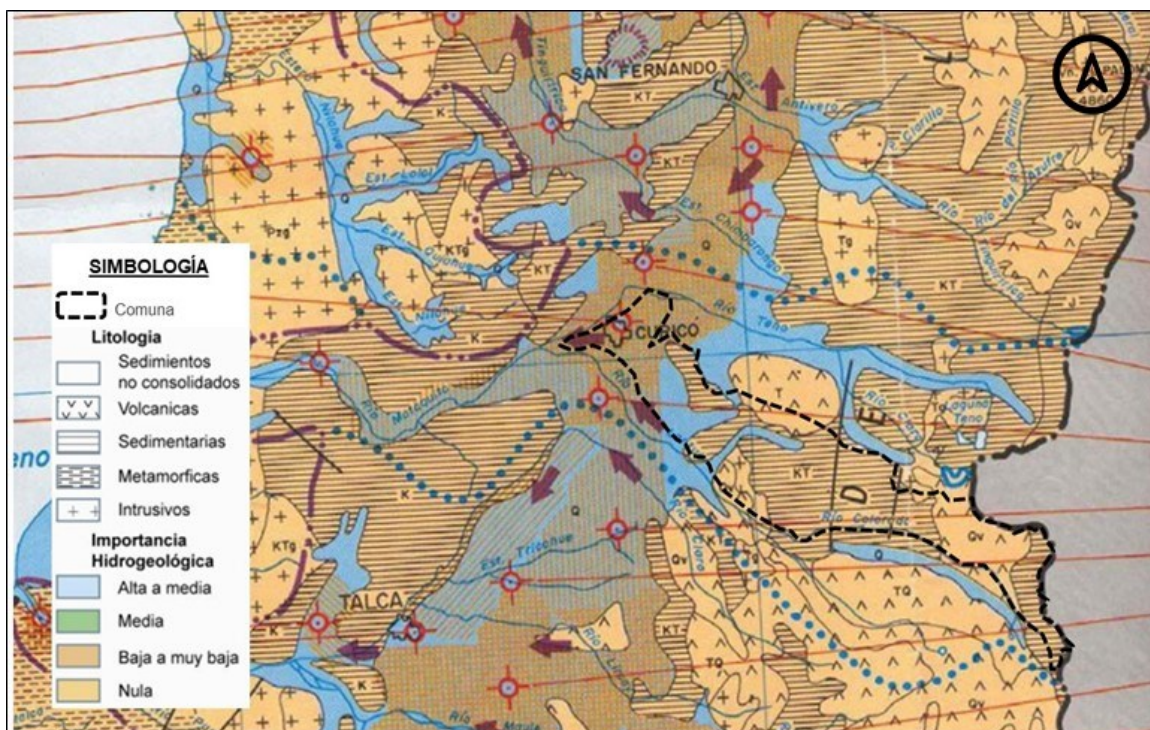
<sup>16</sup> Denominado por Varela y Moreno.

<sup>17</sup> DGA. 2012. “Estudio hidráulico cuenca del río Mataquito”.



como escenario de calibración, captaciones de derechos constituidos actualmente, cuyo valor asciende a 4,5 m<sup>3</sup>/s, lo anterior considerando los factores de uso, de no ser así el caudal teóricamente explotable sería de 9,9 m<sup>3</sup>/s.

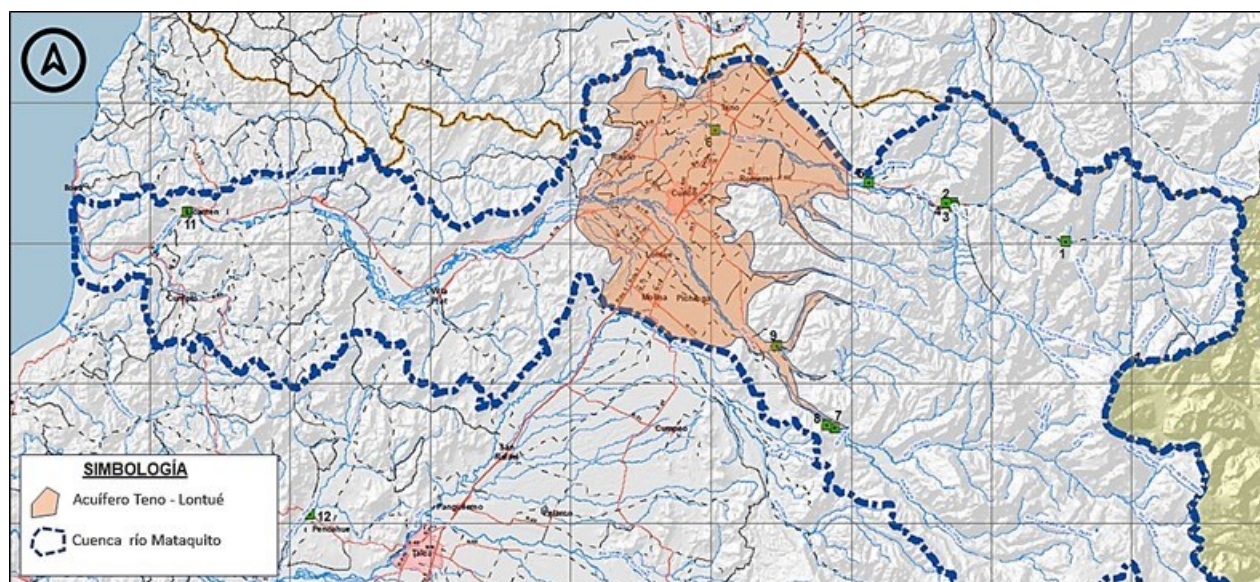
Figura 11. Mapa Hidrogeológico de la cuenca del río Mataquito (Escala 1:1.000.000)



Fuente: Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA.

Lo anteriormente señalado es de suma relevancia a la hora de reconocer este acuífero como el más cercano a la cabecera de la cuenca, por lo tanto, corresponde a la cuenca de alimentación del río Mataquito, necesario de preservar y conservar, para abastecer al valle y a la cuenca de este recurso.

Figura 12. Acuífero Teno y Lontué.

Fuente: DGA (2012)<sup>18</sup>.

#### VII.4 MARCO GEOMORFOLÓGICO

En la comuna de Curicó se identifican 3 unidades geomorfológicas: la depresión intermedia, precordillera y cordillera, estas unidades se describen a continuación:

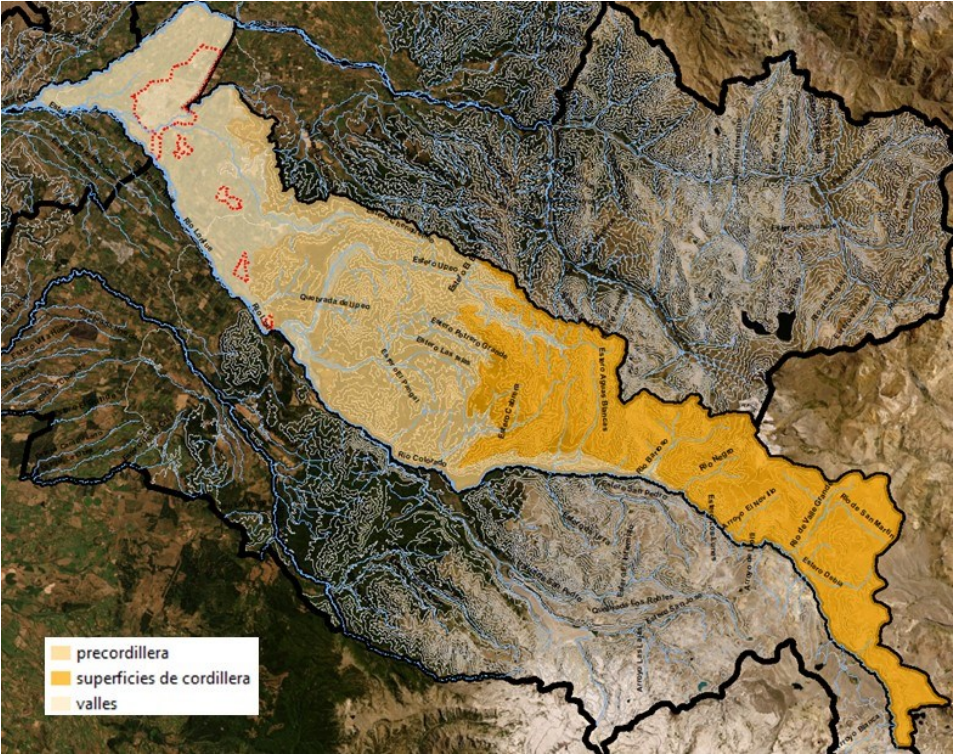
- La Cordillera de los Andes está caracterizada por una extensa llanura de origen volcánico, con unidades geológicas volcánico piroclástico e incluso con presencia de unidades sedimentarias antiguas y conos volcánicos. La altura promedio de las superficies cordillera es de 2.500 m s.n.m, que presenta una suave pendiente hacia el oeste y que se encuentra frecuentemente disectada por cursos de agua de valles profundos y abruptos producto de la erosión glacial cuaternaria. En la comuna se identifican 2 alturas relevantes, estas son: Volcán Planchón Peteroa (3.900 m.s.n.m aproximado) y Cerro Caldera del Colorado (2.900 m.s.n.m aproximado).
- La Precordillera se presenta conformando un plano inclinado, con pendiente suave hacia el oeste, a una altura que varía entre 500 y 1.500 m s.n.m. Está compuesta por rocas sedimentarias y volcánicas, de origen continental y edad cretácica superior a terciaria. Producto de la dinámica erosiva cuaternaria, este plano se encuentra profundamente disectado por valles de origen glacial, tributarios de aquellos de origen volcánico. Estas superficies en la comuna se encuentran disectadas por cursos hídricos tributarios del río Lontué, entre ellos: el río del valle grande, arroyo el novillo, río negro, estero cajón grande, estero aguas blancas, estero Los ratones, estero de las lomas blancas, estero potrero grande, estero Upeo, Quebrada las cuevas, quebrada Monte redondo, estero Chenquermo y Quetequete.
- La Depresión Intermedia corresponde a una fosa tectónica limitada por sistemas de faldas de rumbo norte – sur, la que ha sido paulatinamente rellenada producto de la erosión originada por la acción de los glaciares, ríos y el viento. Posee escasa pendiente hacia el oeste, como un plano levemente inclinado disectada por los valles poco profundos y de origen

<sup>18</sup> Estudio Hidrogeológico Cuenca del Río Mataquito. Tomo 1. MOP. (2012).



fluvial, a través de los cuales se ha depositado la abundante sedimentación que ha rellenado esta fosa. Es precisamente en esta superficie donde se emplazan las localidades urbanas en estudio sobre las superficies del valle drenado tanto por el río Lontué como por el Teneo y el Guaiquillo, la altura en estas áreas es de 200 msnm a 300 msnm, donde únicamente destaca como altura el cerro Condell en la ciudad de Curicó con 385 msnm.

Figura 13. Geoformas comuna de Curicó



Fuente: Elaboración propia.

A una escala de mayor detalle se identifican las siguientes geoformas:

Localidad	Geoformas identificadas	Observaciones
Curicó	Terrazas fluviales	Se identifican 2 terrazas fluviales asociadas al curso de agua del Estero Guaiquillo.
La Obra	Terraza fluvial	Se emplaza sobre superficies de terrazas del río Lontué.
Los Niches	Terraza fluvial	Se emplaza sobre superficies de terrazas del río Lontué.
Cordillerilla	Terraza fluvial	Se emplaza sobre superficies de terrazas del río Lontué.
Bajo La Cuesta	Vertientes precordilleranas y terrazas fluvioaluviales	Se emplaza sobre terrazas baja y media del río Lontué. Esta localidad se emplaza en las cercanías de la confluencia con el Estero Upeo, cuenca de amplia extensión en la comuna. En esta superficie se observa en la disposición de rocas sobre la terraza el importante aporte del flujo aluvial cordillerano, el cual incluye aporte de esteros y quebradas cercanas, como es el caso del Estero Upeo.

Fuente: Elaboración propia.

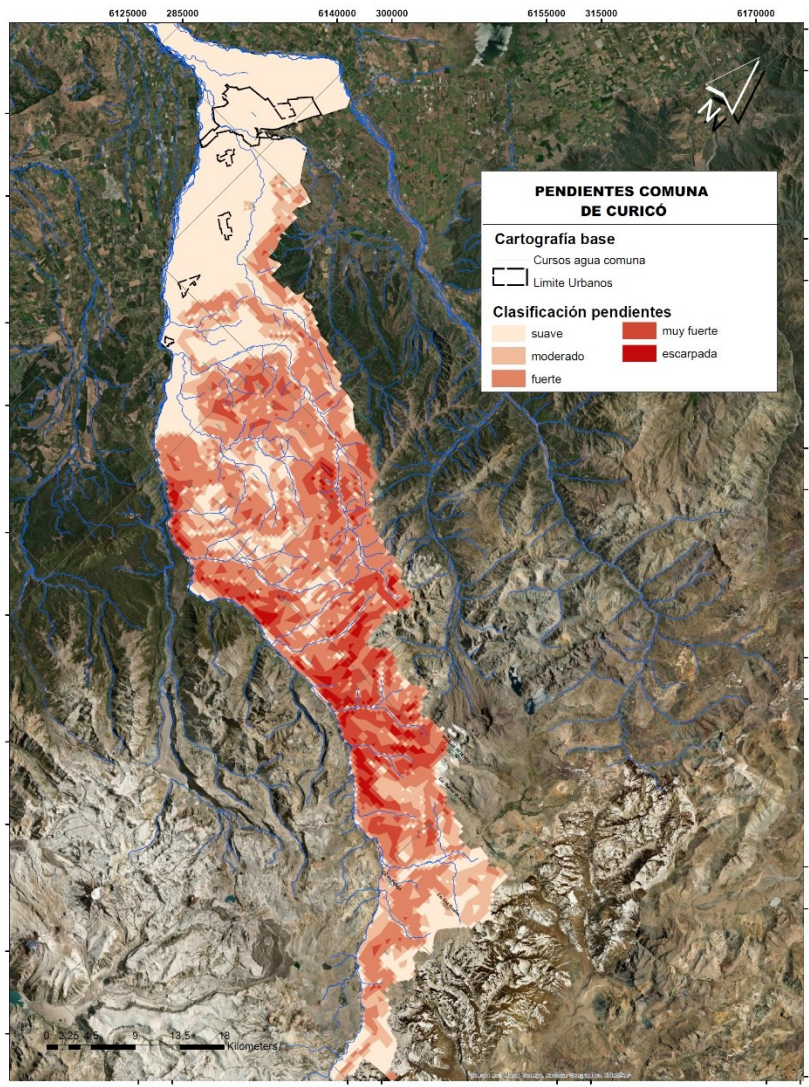
## VII.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS PENDIENTES

Tal como se aprecia en imagen siguiente, según anteriormente se describió la unidad geomorfológica, la altura en la comuna varia desde los 200 a 300 msnm en sectores de valle hasta los 3.600 msnm en superficies cordillerana, donde destaca cerros Baños de Azufre y el Volcán Peteroa.

Las localidades en estudio se ubican en su mayoría sobre superficies de valle, a excepción de la localidad Bajo La Cuesta que se localiza en superficies de valle, pero inmersa en ambientes precordillerano.

Las pendientes de la comuna permiten caracterizarla como ambiente plano en el valle con escasa inclinación con relieves suaves principalmente, hacia el sector precordillerano la inclinación de las superficies se comienza a acentuar existiendo relieves con pendientes moderadas a fuertes e incluso superficies escarpadas, en estas últimas superficies se reconoce de acuerdo al umbral geomorfológico presencia de fenómenos erosivos frecuentes.

Figura 14. Pendientes comuna de Curicó.

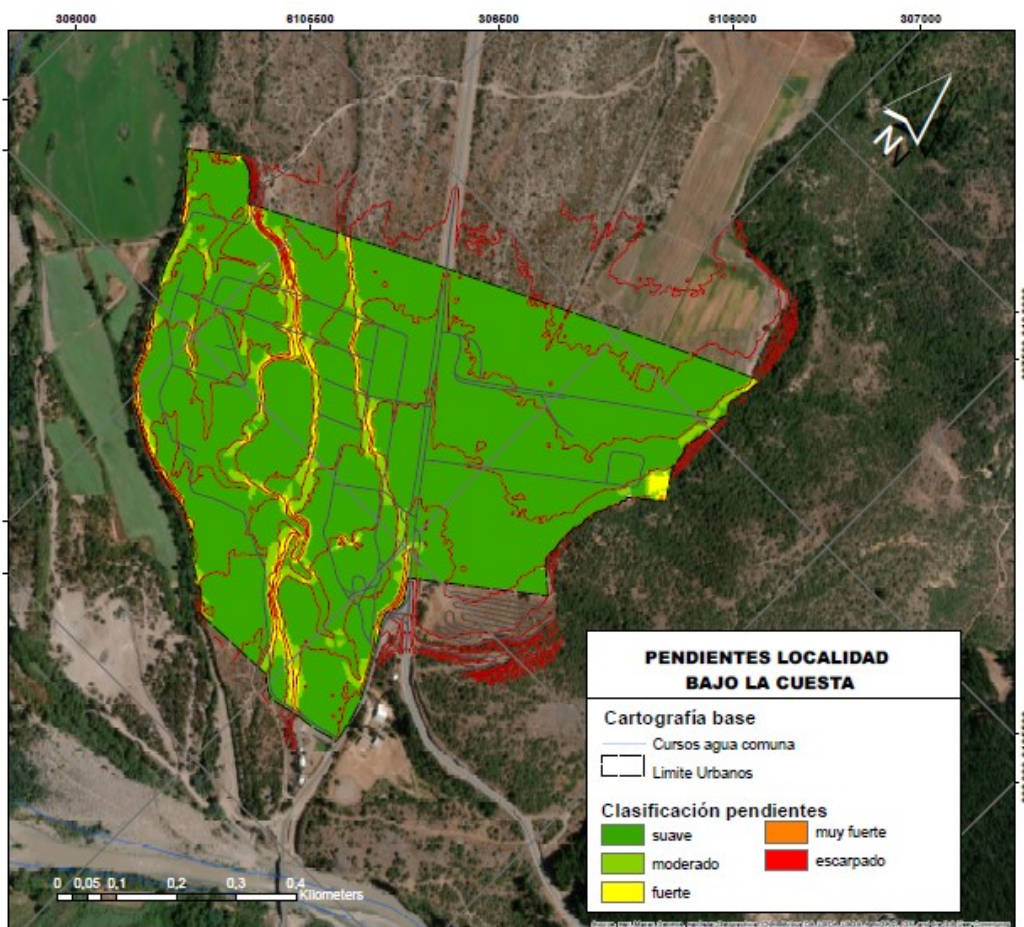


Fuente: Elaboración propia.



La localidad que presenta mayor cercanía a superficies con pendientes acentuadas Bajo La Cuesta. En imagen siguiente se distinguen claramente las terrazas donde se encuentra emplazado el poblamiento, con relieves suaves y moderado, salvo en los cambios de nivel de las terraza fluviales donde existen pendientes fuertes donde pueden existir focos de erosión menores debido a su extensión. Las superficies de pendientes fuerte a muy fuerte se reconocen en el extremo sur oriente, fuera del poblado en estudio, donde se encuentran instalados los estanques del agua potable, como se ve en foto siguiente.

Figura 15. Pendientes localidad de Bajo La Cuesta



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Imagen con emplazamiento del poblado, sin presencia de pendientes

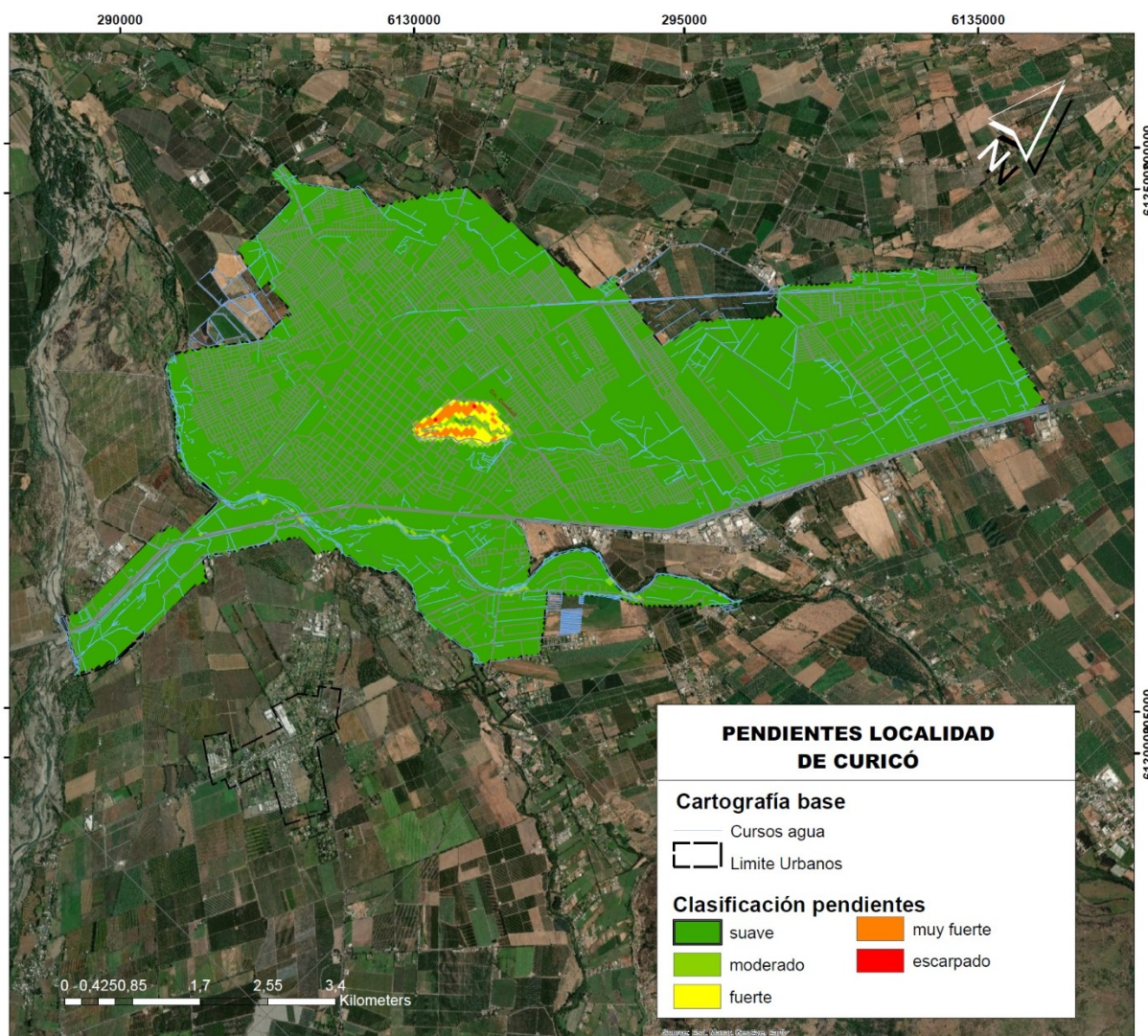


Fuente: Google Earth



La localidad de Curicó, de la misma forma que Bajo La Cuesta se identifican escasas pendientes fuertes, muy fuertes, estas se localizan principalmente en los cambios de nivel de las terrazas fluviales y en las superficies del cerro Condell.

Figura 17. Pendientes localidad de Curicó.



Fuente: Elaboración propia.

Las localidades de La Obra, Los Niches y Cordillerilla se encuentran sobre superficies planas como se puede observar en la imagen de pendientes comunal, no se localiza en cercanías a ríos o esteros, por este motivo no presenta diferencias de niveles que permitan identificar pendientes que den un carácter de amenazas en determinadas áreas por este motivo, estas tres localidades, no contemplan la definición de riesgos asociados a fenómenos de remoción en masa, al ser esta una de las variables principales para la definición esta amenaza.

## VII.6 ANTECEDENTES DE AMENAZAS EN LA REGIÓN

Los antecedentes revisados que constituyen información secundaria y base para la elaboración del diagnóstico del Estudio de Riesgo corresponden a estudios sectoriales afines al sector geográfico y/o a riesgo, que se listan a continuación:

- Estudio Plan Regulador Intercomunal de Curicó (PRIC), en desarrollo
- Estudio Plan Regional de Ordenamiento Territorial Región del Maule, (PROT) en desarrollo
- Evaluación Preliminar de Peligros Geológicos: Área de Curicó. (Remoción en Masa). (SERNAGEOMIN, 2010)
- Descripción Complejo volcánico Planchón Peteroa. (SERNAGEOMIN<sup>19</sup>)
- Evaluación Preliminar de Peligros Geológicos: Área de Curicó (SERNAGEOMIN<sup>20</sup>)
- Antecedentes de ONEMI. Geoportal.

Los antecedentes de amenazas se presentan separadamente en naturales y antrópicas.

### VII.6.1.- Amenazas Naturales

El PRI Curicó en su ordenanza define las siguientes áreas de restricción, conforme lo establece la norma de la OGUC. Éstas son:

- Áreas propensas a avalancha, rodados, aluviones o erosiones acentuadas: Estas superficies en la intercomuna se localizan en los sectores de mayor pendiente donde es claramente identificable el área cordillerana Andina y Cordillerana costera. Por lo tanto la comuna de Curicó se vería afectada por estos fenómenos principalmente en el sector precordillerano y cordillerano, la superficies de valle donde encuentra la ciudad no registra este riesgo, sin embargo el Estudio preliminar de Peligros geológicos del área de Curicó de SERNAGEOMIN, identifica a escala urbana riesgos de remoción en masa en el cerro Condell, específicamente en el sector sur, y en las riberas del Estero Guaiquillo (ver figura en página siguiente).
- Área inundable o potencialmente inundable por cauces naturales. Estas superficies corresponden al lecho de inundación actual y periódica (caja del río o estero), que corresponde a las zonas inundables por las crecidas o desbordamiento de los ríos y esteros (lecho de inundación mayor), clasificado como de riesgo "Alto". Las que responden entre otros factores a períodos de lluvia intensos, deshielo súbito, liberación de aguas retenidas por actuaciones antrópicas. Estas áreas se reconocen en torno al Río Lontué, Teno y Mataquito, encontrándose los dos primeros en el área de la comuna de Curicó, y afectando más directamente el área urbana el río Lontué.
- Área de riesgo de inundación o terrenos potencialmente inundable. Esta zona corresponde a un nivel de susceptibilidad de riesgo medio, asociada a las terrazas bajas, afectadas por eventos de crecidas en periodos de retorno de aproximadamente 100 años en estaciones especialmente lluviosas.

De acuerdo a esta zonificación de áreas de riesgo, el PRIC en estudio limita el desarrollo urbano de las zonas de extensión en Curicó, Romeral y Los Queñes, para lo cual futuros proyectos que

<sup>19</sup> Sitio web SERNAGEOMIN:

<http://sitiohistorico.sernageomin.cl/archivosVolcanes/20120731121127712FichaVnPlanchon-Peteroa.pdf>

<sup>20</sup> Sitio web SERNAGEOMIN: [http://biblioserver.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14\\_2\\_Licuefaccion.pdf](http://biblioserver.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14_2_Licuefaccion.pdf)

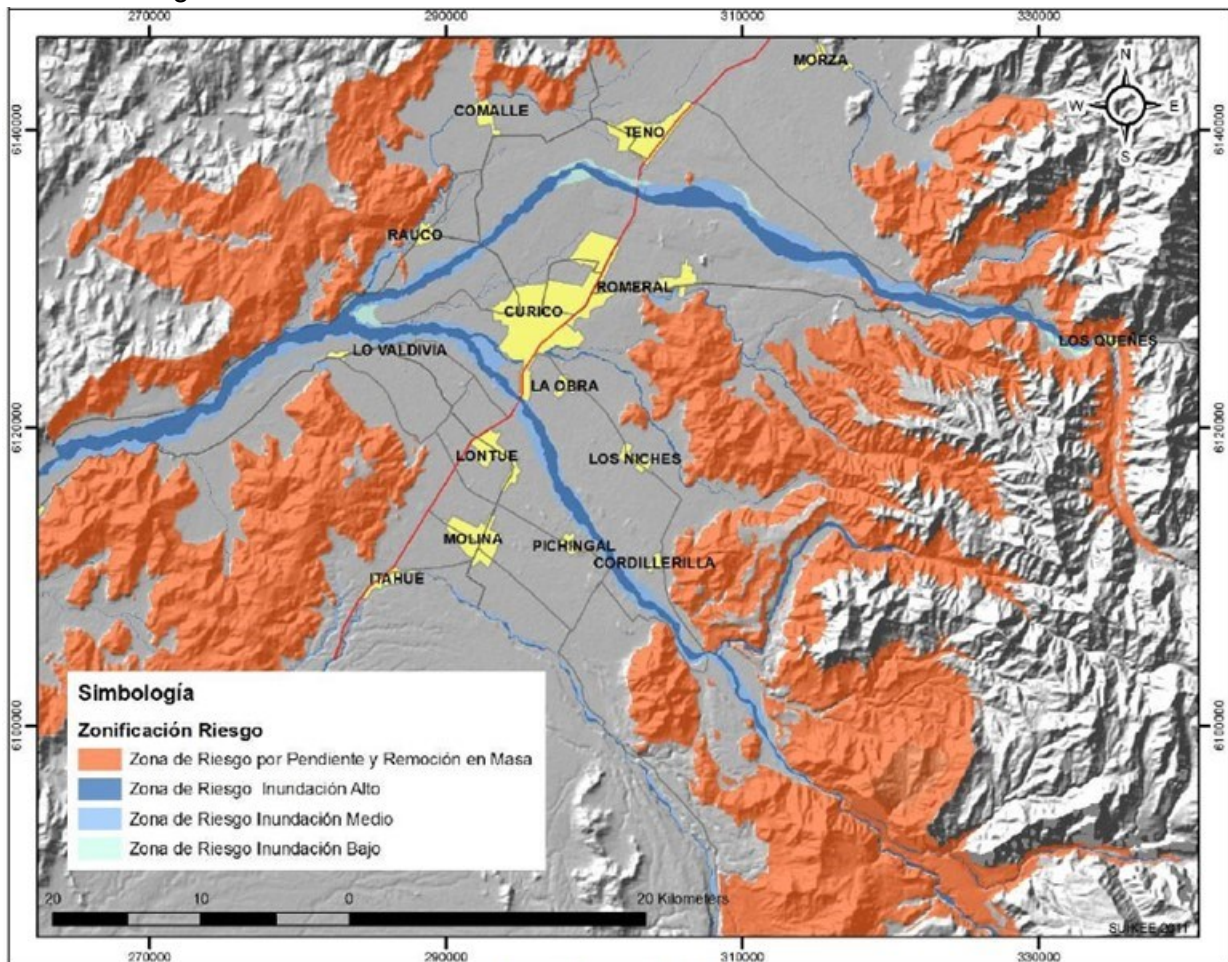


deseen emplazarse en esta zona deberán dar cumplimiento al Art 2.1.17 para acogerse a la norma urbanística de usos permitidos establecidos en la ordenanza del presente Plan.

Para el área comunal, el PRIC en estudio reconoce dos amenazas naturales:

- relacionada con los fenómenos de remoción en masa, ubicados principalmente en el área cordillerana
- áreas de inundación con distintos grados de susceptibilidad media y alta en torno a los cursos hídricos principales, Río Lontué, Estero Guaiquillo y Río Teno. También identifica las terrazas bajas de los ríos Teno, Lontué y además el río Guaiquillo y sus terrazas como áreas de inundación con riesgo medio, estas se encuentran graficadas en color más claro en la imagen de inundación del PRI.

Figura 18. Áreas de Restricción definidas en el PRI Curicó en estudio.



Fuente: Extraída de informes de Avance – Memoria Explicativa – Estudio PRI CURICO.

Figura 19. Remoción en Masa área Curicó.

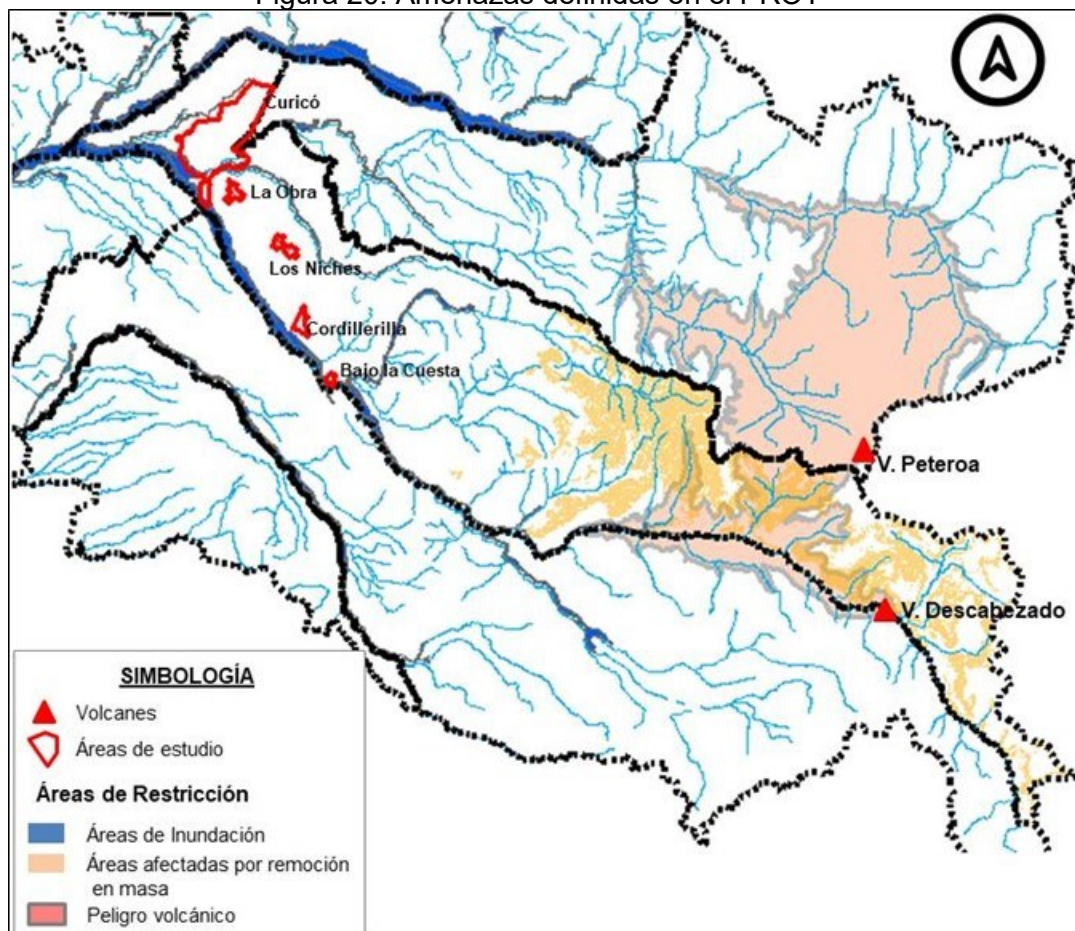


Fuente: Adaptada de SERNAGEOMIN. 2010.



Complementariamente, el estudio del Plan de Ordenamiento Territorial (noviembre, 2013) define las amenazas ya reconocidas por el PRI: inundaciones, sin establecer niveles de susceptibilidad para el caso de las inundaciones y fenómenos de remoción en masa.

Figura 20. Amenazas definidas en el PROT



Fuente: Coberturas digitales PROT, 2013.

Además de las amenazas mencionadas con anterioridad, el PROT identifica peligro volcánico asociado al complejo volcánico Planchón – Peteroa, definiendo áreas de flujo de piroclastos y avalanchas volcánicas y caída de cenizas volcánicas estableciendo un radio, que alcanza la extensión de 30 kilómetros aproximadamente. Además de lo anterior ONEMI establece un área buffer entorno al complejo volcánico Planchón Peteroa. Este sistema volcánico junto al volcán descabezado representa dos posibles amenazas para el área comunal, amenazas reconocidas por el PROT respecto de los flujos de piroclastos y caída de cenizas volcánicas. El complejo volcánico Planchón Peteroa, requiere especial mención debido a su actividad, encontrándose clasificado entre los volcanes de peligrosidad alta. De acuerdo con reportes de marzo de 2018 (SERNAGEOMIN) en la actualidad no existe actividad, sin embargo, en octubre del año 2017 se habían reportado movimientos telúricos de origen volcánicos y actividad en el volcán que permitió decretar alerta amarilla para la comuna. Su última actividad, de acuerdo a la ficha del Volcán<sup>21</sup> fue el año 1991 que consistió en una erupción freatomagmática, que o tuvo la misma magnitud

21

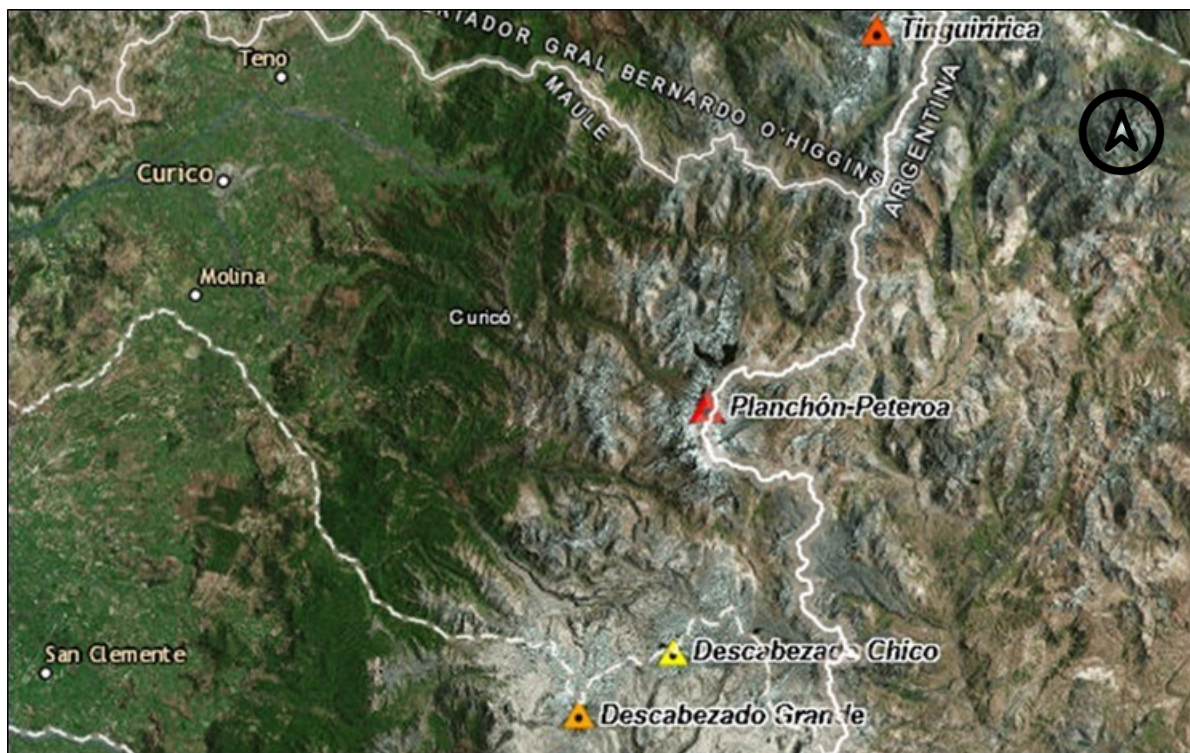
Sitio web SERNAGEOMIN:  
[http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/8\\_Planch%C3%B3n-Peteroa.pdf](http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/8_Planch%C3%B3n-Peteroa.pdf)

[http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/8\\_Planch%C3%B3n-Peteroa.pdf](http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/8_Planch%C3%B3n-Peteroa.pdf)

que aquella que se registra el año 1837 donde el volcán emitió lava y se generaron lahares en dirección al río Teno.

Del complejo descabezado grande se poseen registros del año 1932, posterior a la gran erupción del volcán Quizapu, en esa erupción se registró una columna de ceniza de varios kilómetros de altura y caída de piroclastos, además de numerosas explosiones. En su estado actual, el volcán Descabezado Grande no tiene actividad, salvo pequeñas fumarolas en el cráter lateral “Respiradero” en 2009. Es importante tener en consideración que la actividad volcánica en la comuna ejerce influencia sobre distintos cursos hídricos, el complejo Planchón Peteroa ejerce influencia respecto de sus flujos sobre el río Teno curso hídrico que recorre mayormente la comuna de Romeral y cruza la comuna en el valle, al norte de la ciudad de Curicó, y por otra parte el volcán Descabezado ejerce influencia sobre el río Lontué y por lo tanto ejercería un aumento de caudales que podrían afectar de forma más directa a las localidades en estudio debido a su cercanía.

Figura 21. Volcanes reconocidos en la Comuna.



Fuente: Extraída de Sitio web Geoportal – ONEMI.

Es importante mencionar que existen estudios específicos referidos a fenómenos de remoción en masa y licuefacción, no considerados en los estudios de ordenamiento y planificación anteriormente mencionados. Al caso, el fenómeno de licuefacción no se incorpora como tal en la planificación urbana, ya que no se norma particularmente. Sin embargo, al conocer la amenaza, en caso de existir exposición en los asentamientos, aplica la norma establecida para la edificación. Es decir que previo al permiso de edificación, la Dirección de Obras Municipales no lo condiciona a una mitigación conforme lo establece el Art. 2.1.17. de la OGUC, y son el propietario y profesionales proyectistas quienes asumen la responsabilidad ante esta amenaza.

La licuefacción es la transformación del suelo desde un estado sólido a un estado “licuado”, como consecuencia de un aumento en la presión de poros y una pérdida brusca de su resistencia mecánica. La pérdida de la resistencia mecánica del suelo implica que este se comporta

momentáneamente de modo similar a un fluido, siendo capaz de migrar generando importantes deformaciones en el sustrato (RAUCH, 1997 en SERNAGEOMIN, 2010). La licuefacción se genera principalmente en suelos arenosos que se encuentran saturados en agua. Esta situación se observa usualmente en sectores ubicados cerca de ríos, en el borde costero u otros cuerpos de agua, o bien en aquellos suelos donde existe un nivel freático muy superficial, en terrenos trabajados por el hombre que dejan problemas de saturación de suelos.

De acuerdo SERNAGOMIN<sup>22</sup>, la confección del mapa de susceptibilidad referido a licuefacción en la ciudad de Curicó consideró tres variables: el tipo de suelo de fundación, la profundidad del nivel freático y los datos empíricos donde se observó este proceso producto del sismo del 27 de febrero.

Este estudio identifica el área urbana actual como una superficie de depósitos aluviales provenientes del valle del río Teno, suelos con presencia de gravas y una matriz de arena y limos. Esta superficie producto de la construcción de la ciudad y las condiciones climáticas, hasta llegar a un ambiente fluvial encauzado, evidenciado hoy por el estero Guaiquillo y los depósitos en forma de terrazas que existen en torno a él.

En la ciudad se identifican un sector con condiciones del suelo que puede sufrir efectos de licuefacción, la que corresponde a la parte céntrica de la ciudad, donde se observa el abanico aluvial cortado por varios canales fluviales inactivos y zonas deprimidas del tipo lacustres, asociados a la parte más lejana de la fuente del aluvión. Estos cursos fluviales y lacustres producen la concentración de bancos de arena y sedimentos finos, generando suelos más susceptibles para la licuefacción respecto de los depósitos aluviales.

Además, en el sector norte de la ciudad, posterior al terremoto del 27 F de 2010, se registraron daños en viviendas relacionados con el fenómeno de la licuefacción, además esta zona de licuefacción continúa hacia el norte en la localidad de Isla de Briones, donde se registraron grietas de surgimientos de agua. Al norte del Cerro Condell se identifican efectos sobre la población Curicó, población fundada sobre sedimentos finos con características de un pantano, que también se ve afectada por anegamiento asociado a fuertes lluvias.

Los niveles definidos con grado de peligro para licuefacción son:

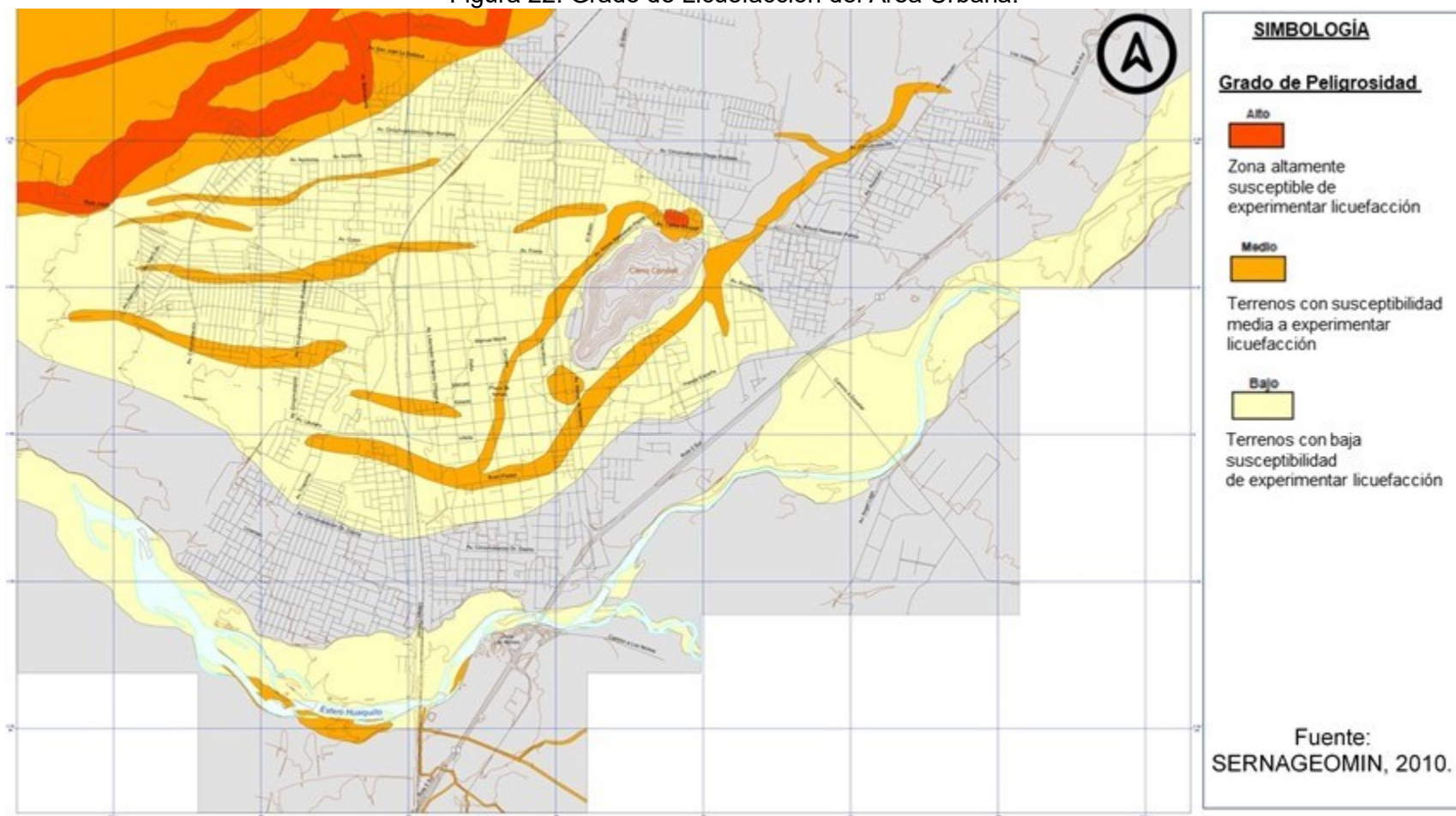
- Rango Alto: Estas zonas corresponden a sectores altamente susceptibles de experimentar licuefacción, lo cual corresponde suelos formados principalmente por arenas finas y limos. Además, en éstas se registró licuefacción como consecuencia del último terremoto.
- Rango Medio. Corresponde a suelos compuestos por sedimentos no consolidados, de baja a media compactación, constituidos por arenas y arenas limo-arcillosas y, en general, cubiertos por rellenos antrópicos deficientemente tratados. El nivel freático es somero a 10 m de profundidad. En las zonas próximas al cauce actual del estero Huaiquillo, se observó licuefacción producto de la cercanía del nivel freático, el que tiene menos de 1 m de profundidad.
- Rango Bajo. Corresponde suelos de origen aluvial distal, es decir depósitos aluviales formados por gravas en una matriz de limos y arenas. Estos depósitos son cortados por canales fluviales inactivos que eventualmente cambian su ubicación y depositan bancos de arena en cauces hoy colmatados, muy difíciles de localizar sin sondajes. Aunque existe un cierto grado de incertidumbre por la presencia de dichos bancos, estas zonas son consideradas de baja susceptibilidad a la licuefacción.

<sup>22</sup> Contreras et al. (2010). Evaluación preliminar de peligros geológicos: Área de Curicó. Mapa 14 – 2. Peligro de Licuefacción.



A continuación, se presenta el plano elaborado por SERNAGEOMIN, donde se muestra las zonas afectadas en distintos grados por licuefacción, identificándose el área norte y centro con problemas de licuefacción medios e incluso altos, como es el caso de la población Curicó ubicada al norte del Cerro Condell. Es importante señalar que de acuerdo a como se define en la metodología de trabajo del Estudio de SERNAGEOMIN, la definición de zonas corresponde a un mapa de carácter preliminar y pretende ser una guía para el reconocimiento de zonas de mayor susceptibilidad y no reemplaza a un estudio detallado de suelos, por este motivo esta zonificación definida por SERNAGEOMIN se considera como un antecedente y no es posible definirlo como un área de riesgo de remoción en masa.

Figura 22. Grado de Licuefacción del Área Urbana.



## VII.6.2.- Amenazas antrópicas

### A.- Incendios forestales

Los incendios forestales<sup>23</sup> en la última década en el país han sido extremadamente destructivos, de hecho, desde el 2010 los incendios extremos, de gran magnitud o mega incendios se han incrementado en frecuencia y superficie quemada. Los incendios del verano del año 2017 en Chile son un ejemplo de ello, con más de medio millón de hectáreas quemadas, superando 10 veces el promedio histórico desde mediados de 1970.

El origen de los incendios en Chile se asocia principalmente a causas humanas, debido a que las causas naturales se asocian con erupciones volcánicas o por caída de rayos en tormentas eléctricas secas, fenómenos no tan frecuentes en su ocurrencia. Para la región del Maule, de acuerdo al Informe a las Naciones: “Incendios en Chile: causas, impactos y resiliencia”, se identifica causales asociadas principalmente a causas accidentales (85%), seguida de intencionales (11%) y el porcentaje restante a causales desconocidas.

Por lo anterior, es de suma relevancia contemplar los incendios forestales en la planificación de los territorios, más aún reconociendo el cambio en el régimen de los incendios forestales en la zona central de Chile<sup>24</sup>, principalmente atribuibles a las condiciones climáticas. Frente a esta situación CONAF ha desarrollado informes y manuales de apoyo regional que pretenden entregar antecedentes y recomendaciones para la gestión local, es así como el Manual de prevención de incendios forestales para la región del Maule del año 2006 entrega aspectos básicos y recomendaciones en base a las áreas homogéneas definidas.

Figura 23. Mega incendios en regiones del Maule y O'Higgins año 2017.



Mega incendios que afectaron las regiones del Maule y O'Higgins la temporada 2016-2017. Incendios activos detectados por bandas termales MODIS se indican en rojo. (imagen satelital, 26 enero 2017, NASA).

Fuente: CR2.

<sup>23</sup> Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. (Manual con medidas para prevención de incendios forestales VII Región (CONAF), 2006)

<sup>24</sup> Los registros muestran que en la última década la temporada de incendios (eventos >200 há) contempló 8 meses a diferencia de lo que ocurría la década anterior (1985 - 2009) con solo 6 meses de registros de incendios de gran tamaño. (Incendios en Chile: causas, impactos y resiliencia CR2)



## ESTUDIO MODIFICACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ

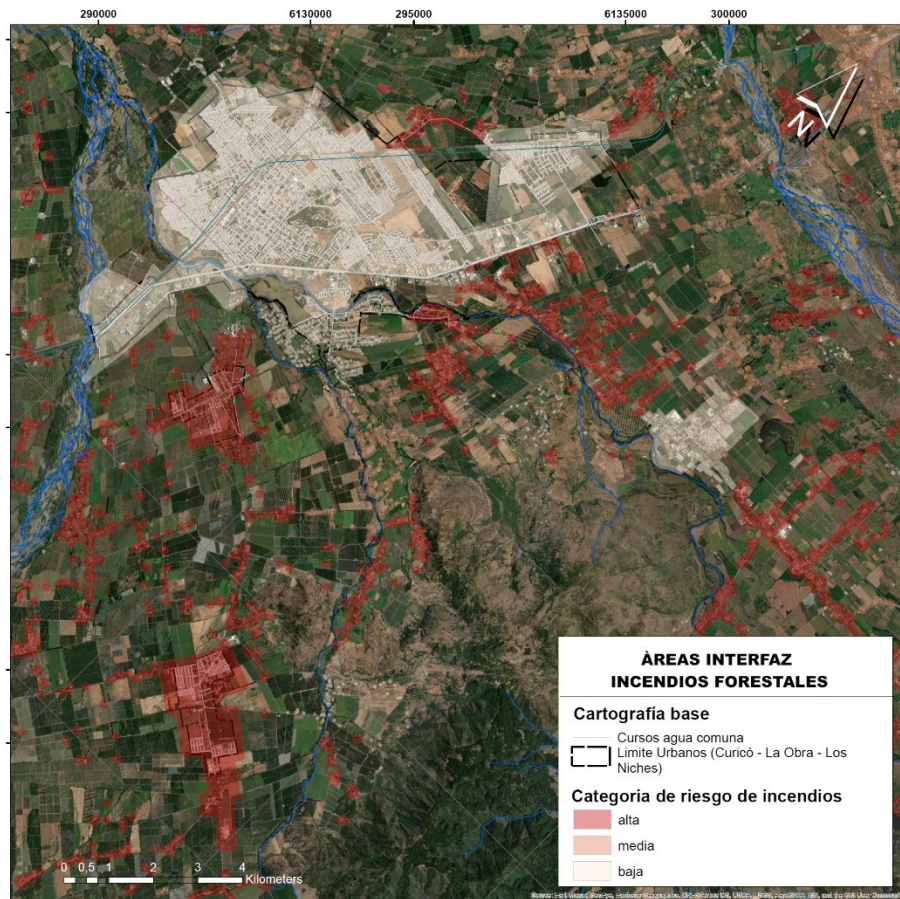
Las áreas homogéneas que define CONAF son el resultado del análisis de variables que inciden en el riesgo de incendios forestales y que, entregan información para diseñar las medidas de prevención. Entre las definiciones de áreas se encuentran: áreas rurales de alta, media y baja probabilidad de incendios forestales, áreas de influencia, áreas silvestres protegidas y áreas de interfaz con altas, medias y baja probabilidad de incendios. Para este estudio las superficies de interés se refieren a las áreas de interfaz entre las localidades urbanas: Curicó, La Obra, Los Niches, Cordillerilla y Bajo La Cuesta, ya que estas superficies representan el grado de influencia que tienen la probabilidad de incendios en torno a ellas.

De acuerdo a los datos proporcionado por CONAF<sup>25</sup>, las superficies de interfaz en torno a las localidades, reconociéndose en cada una de ellas lo siguiente:

- Curicó se identifica baja probabilidad de incendios forestales en la ciudad, sin embargo, en su entorno se reconocen altos niveles de probabilidad como es el caso en torno a la Ruta J – 514 y Ruta J – 55.
- La Obra y Los Niches se encuentra zonificada como áreas de alta probabilidad de incendios forestales, de la misma manera que Cordillerilla y Bajo la Cuesta.

Las imágenes se muestran a continuación:

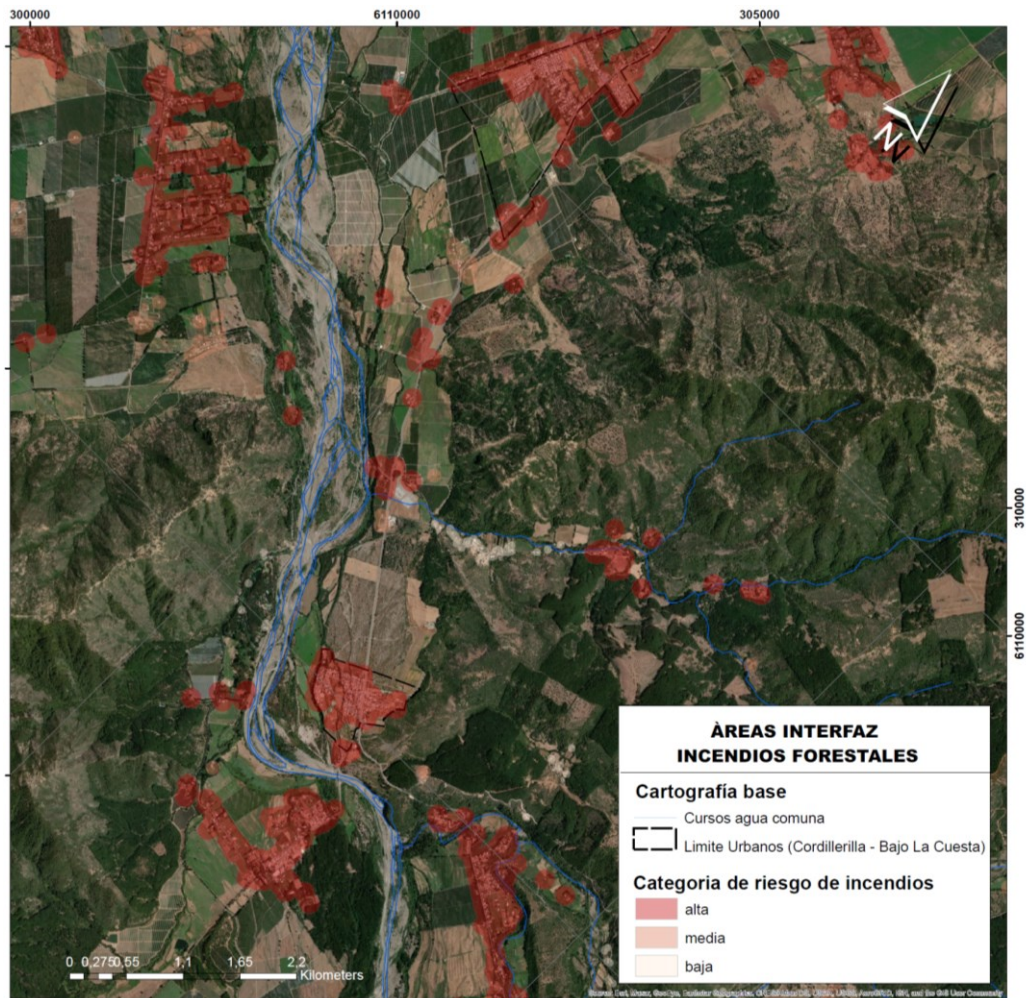
Figura 24. Áreas de interfaz de incendios forestales para las localidades de Curicó, La Obra y Los Niches.



Fuente: Elaboración propia.

<sup>25</sup> Solicitud OIRS N° 10973/2020.

Figura 25. Áreas de interfaz de incendios forestales para las localidades de Curicó, La Obra y Los Niches.



Fuente: Elaboración propia

Las medidas que señala CONAF en el Manual del año 2006 se refieren a: restringir la acumulación de desperdicios domiciliarios, restringir o prohibir quemas de desechos domiciliarios, agrícolas y forestales, verificar riesgos en construcciones (en sectores colindantes a bosques o matorrales se debe verificar las condiciones del entorno a las vivienda y la propia vivienda con la finalidad de disminuir la probabilidad de que un incendios forestal la afecte por la cercanía a focos combustibles), construir cortafuegos entre construcciones y caminos y elaborar e implementar un plan de protección.

## B.- Obstrucción de cauces por basuras

Tal como se señala en el Análisis de coherencia con el Diagnóstico Ambiental Estratégico, la poca valoración de los elementos naturales, especialmente cursos de agua, no es un tema destacado por la comunidad. Los numerosos cauces de agua de riego, canales que cruzan las áreas urbanas en estudio cuyos tramos se encuentran abiertos, en cruce con la amenaza de basurales y/o falta de limpieza, provoca la posibilidad de inundación por desbordes. Situación inminente debido al vertido de basuras que obstruyen el escurrimiento normal.

### VII.6.3.- Zonas no edificables

Las franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa que mantienen su gravamen actualmente corresponden al aeródromo, tendidos de alta tensión, canales de riesgo y vía férrea. Estas se localizan en los planos y su restricción responde a la establecida por el ordenamiento jurídico vigente.

## VIII.- RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos de la identificación de amenazas naturales y antrópicas.

### VIII.1 AMENAZAS NATURALES

#### VIII.1.1.- INUNDACIÓN

Las inundaciones en la comuna de Curicó principalmente se asocian a los ríos Lontué, estero Guaiquillo y el río Teno. La identificación a escala comunal se realizó con la finalidad de contar con una orientación general de las inundaciones en torno a los principales cursos fluviales de la comuna.

Los principales resultados de la identificación de inundaciones a escala comunal muestran posibilidades de inundación en torno al río Lontué, especialmente en la sección más baja, en las cercanías a la confluencia con el río Teno. Lo anterior evidencia mayores niveles de amenazas en la localidad de Curicó en su límite sur, asociado al estero Guaiquillo, y en su borde poniente asociado al río Lontué. Las quebradas en sectores medios y altos de la cuenca del Lontué poseen menores niveles de susceptibilidad frente a la amenaza de inundaciones, lo cual se debe a lo incidido de sus cauces y a la mayor pendiente de los terrenos, lo cual permite que fluya más rápidamente hacia el valle.

La definición de áreas de inundación<sup>26</sup> al ser de carácter comunal no refleja el detalle requerido para las localidades urbanas en estudio, lo cual es evidenciado por la definición amplia de niveles medios de inundación en la mayor parte de la superficie del valle. De la misma forma en la cuenca alta se identifican niveles bajos de inundación debido a las características de las superficies de la precordillera y cordillera (capacidades limitantes en términos de drenaje (clase VII y VIII), pendientes más acentuadas (categorías altas) y principalmente se asocia a cursos de agua menores (quebradas)).

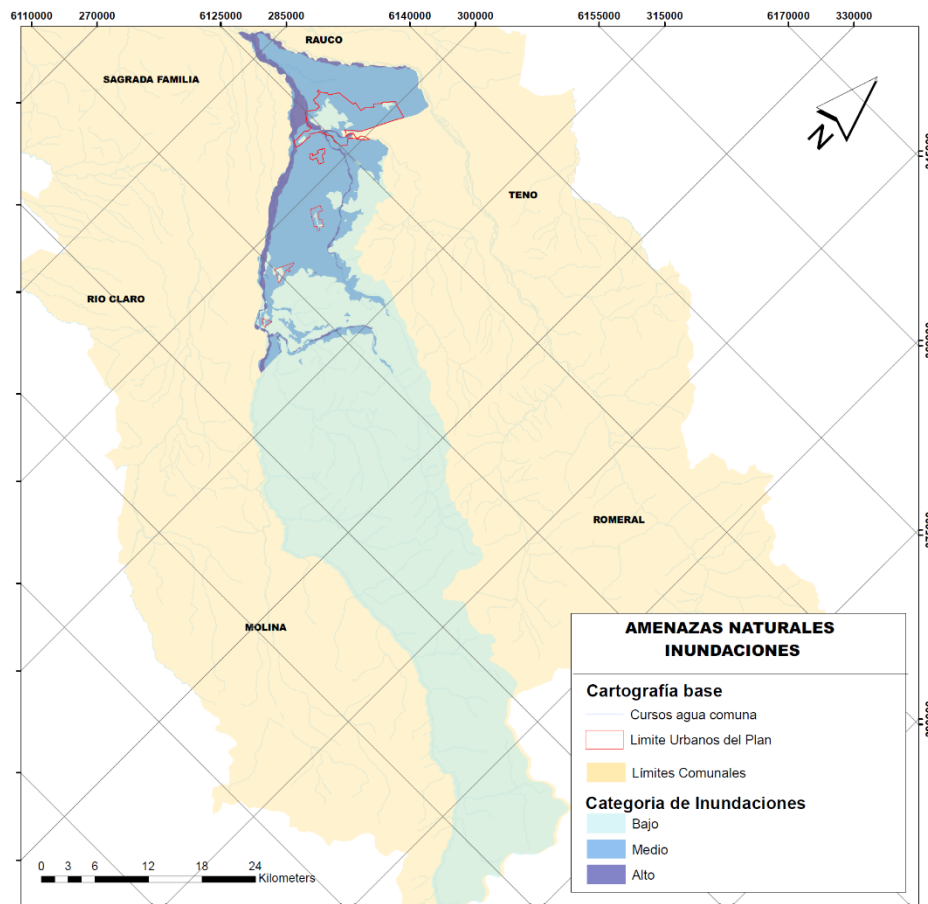
A continuación, se presentan los resultados de las amenazas de inundación identificadas en la comuna de Curicó.

---

<sup>26</sup> Las superficies de inundación de escala comunal se definieron a partir de un cruce de variables ponderadas, las cuales se refieren a: pendientes, categoría del dren y capacidad de uso de suelo (referido a las características del drenaje).



Figura 26. Amenazas de inundación en la comuna de Curicó.



Fuente: Elaboración propia.

A escala local debido a los materiales disponibles, se optó por la identificación de terrazas fluviales, ya que con ellas es posible determinar los distintos niveles alcanzado por el cauce del río. Estas formas se identificaron en las localidades que colindan con cursos hídricos naturales, como es el caso de Curicó con el Estero Guaiquillo y la localidad de Bajo La Cuesta con el río Lontué.

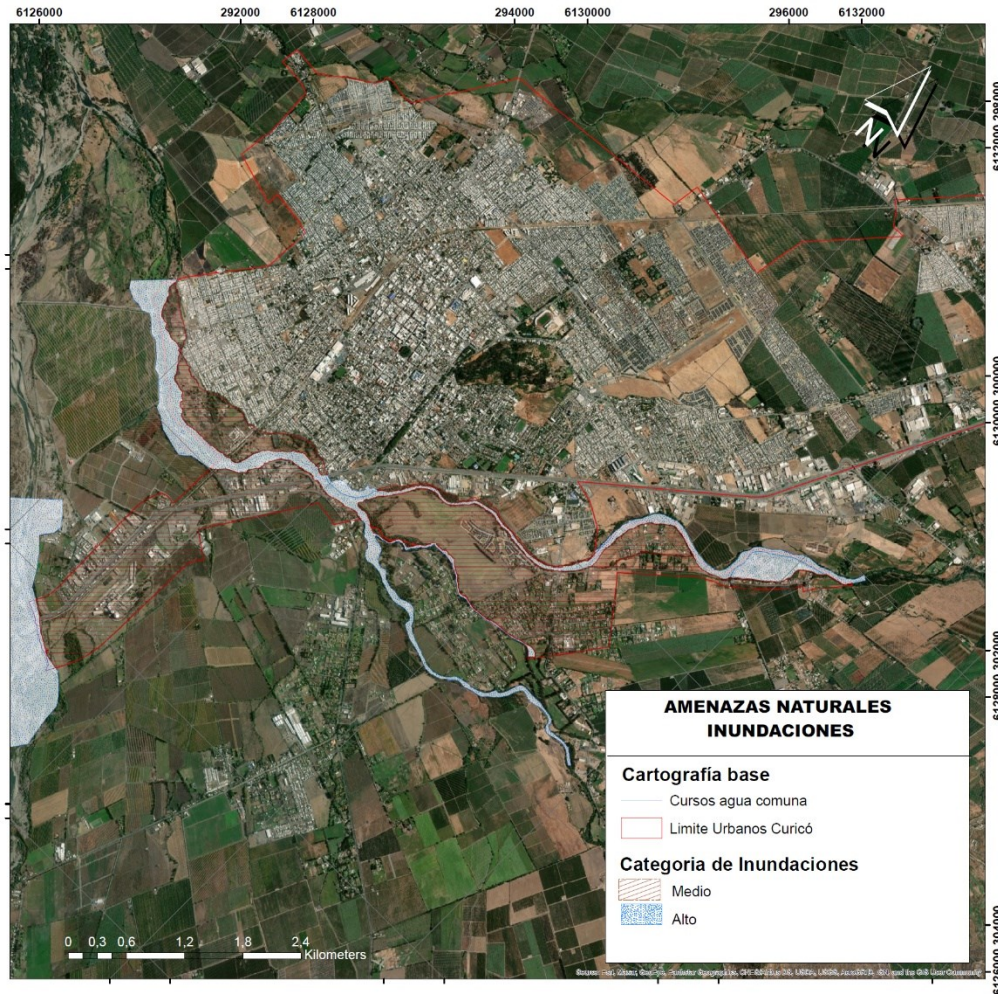
Para la localidad de Curicó se identificaron:

- niveles alto de inundación que corresponde principalmente al lecho del río, donde existen registros físicos de su paso actual y formaciones de bancos de arena. Estas superficies se extienden por el lecho del estero Guaiquillo, el cual presenta mayor expresión en el sector sur poniente de la localidad, alcanzando cerca de 400 metros de ancho. Estas superficies corresponden a las superficies más bajas y planas, en ellas se observa presencia de arenas y clastos redondeados producto de la acción erosiva del estero.
- El nivel medio corresponde a terrazas más antiguas, que no presentan condiciones de erosión ni de depósitos actuales. Estas superficies no se presentan de forma homogénea entorno al estero, existiendo mayor identificación de ellas en el sector sur poniente. Esta terraza varía sus alturas a lo largo del recorrido por la ciudad registrándose alturas entre los 194 metros y hasta los 206 m, los mayores rangos de alturas se registran en secciones del estero al oriente, de la misma forma existe mayor estrechez de esta terraza en la ribera norponiente del río.

## ESTUDIO MODIFICACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ

- Sobre la terraza con nivel medio de inundación se identifica una superficie plana que se extiende a lo largo de todo el valle, terraza alta de menor amenaza frente a inundaciones. En ella se reconoce una superficie planiforme con pequeños accidentes como es el caso del Cerro Condell y con cambios de nivel asociados a las terrazas del río Teno, unos kilómetros al norte de la ciudad.

Figura 27. Superficies de inundación Ciudad de Curicó.



Fuente: Elaboración propia.

Para la localidad de Bajo La Cuesta se identifica lo siguiente:

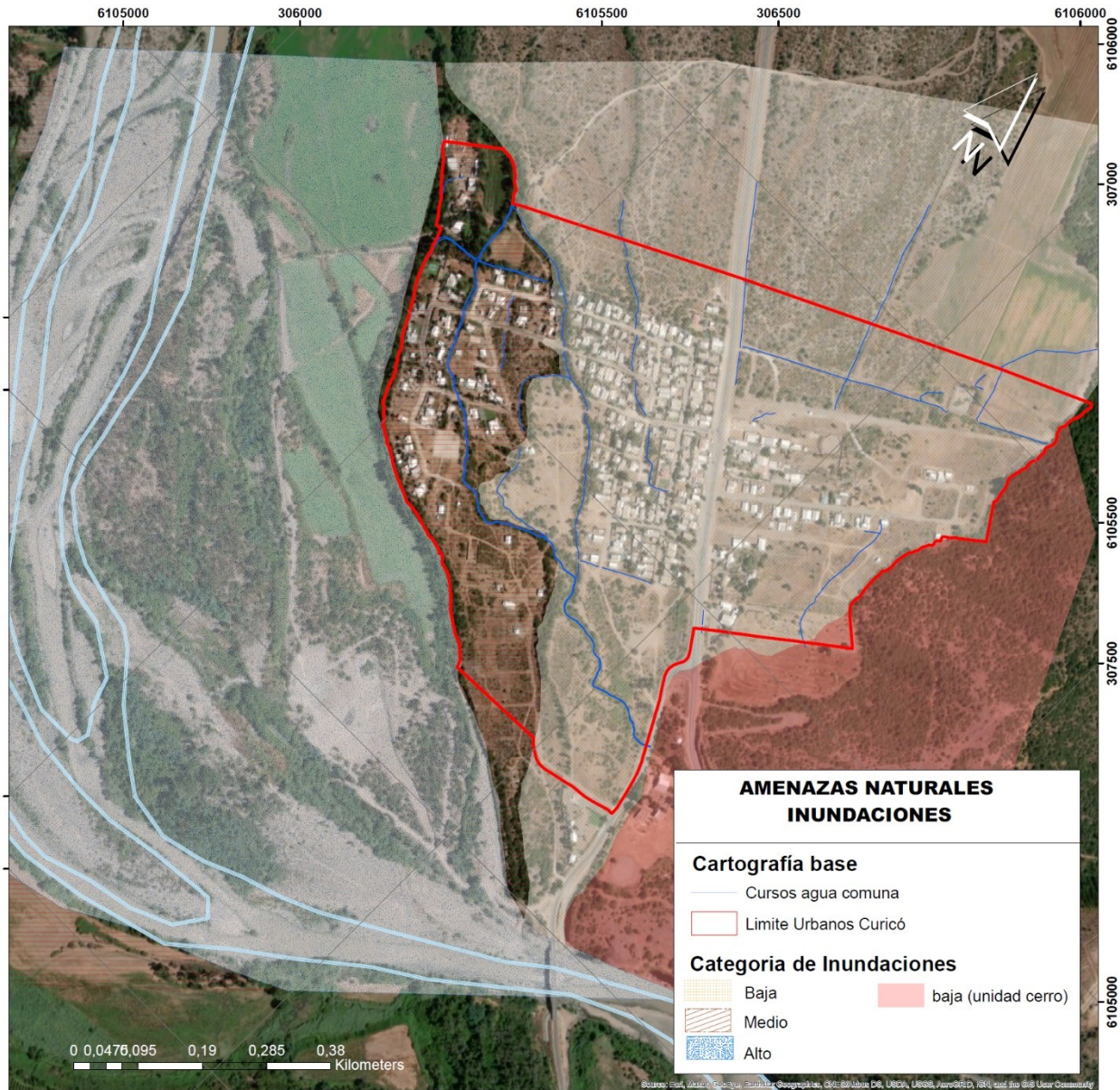
- Se identifica un amplio cauce del río Lontué, ya que aguas arriba existen aportes sedimentarios del estero Upeo. Se registra un ancho del lecho del río de cerca de 700 metros, los cuales no corresponde a superficie efectiva ocupada por el río, sino a sectores con características de lecho, donde existe acumulación de material sedimentario, relativamente plana y con menor cobertura de vegetación. Esta superficie se identifica como un área propensa a amenazas clasificada como categorías altas.
- Se identifica además una terraza que se encuentra entre alturas de 408 metros hasta los 412 metros aproximadamente, posee alturas superiores al lecho del río y es definida en categoría de amenaza media, debido a que corresponde a una superficie más antigua que el lecho del río.



## ESTUDIO MODIFICACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ

- La terraza superior o más antigua se define en categoría de amenaza baja, esta terraza se encuentra constituida por aportes de pequeños conos de deyección provenientes de cerros cercanos, lo que se evidencia en las formas abombadas y coalescentes de esta terraza en particular.

Figura 28. Superficies de inundación localidad Bajo La Cuesta



Fuente: Elaboración propia.

Las localidades de Los Niches, La Obra y Cordillerilla, no se localizan en las cercanías a un curso de agua natural por este motivo en ellas no se analizaron las superficies de inundación. Sin embargo, es relevante considerar áreas de buffer en torno a canales de regadío, abundantes en la comuna especialmente en el valle, debido a posibles problemas de inundación. Pese a ello es importante considerar que las problemáticas de inundación asociadas a los canales de regadío, se refieren más bien a temas de gestión del agua a escala comunal y local, y por lo tanto este estudio únicamente entrega únicamente recomendaciones.

## **VIII.2 AMENAZAS ANTRÓPICAS**

Las amenazas antrópicas como se señaló con anterioridad se considerarán tanto la definición de áreas de interfaz de incendios forestales proporcionadas por CONAF, organismo y servicios especialista en las materias. Además, se establecerá un bufer de 2 metros a cada costado de los canales de regadío, y con ello contar con protección frente a posibles inundaciones, que como se señalaba anteriormente corresponden a problemas de gestión principalmente (coordinación de aperturas de compuertas y limpieza de canales).

## **IX.- CONCLUSIONES**

El diagnóstico de riesgos realizado comprende una suma de antecedentes base que permiten establecer un diagnóstico general para escala comunal. En él se identifican las siguientes amenazas naturales: remoción en masa (en general y licuefacción), inundación asociada a cursos de agua principales y efectos de la actividad volcánica, además de amenazas antrópicas asociadas únicamente a incendios forestales.

El estudio de riesgos debe enfocar sus esfuerzos, además de caracterizar el área comunal respecto de los riesgos, a establecer en cada una de las localidades las amenazas naturales y antrópicas. A modo general en cada localidad se identifican las siguientes amenazas:

**Cuadro 3. Riesgos identificados en las localidades en estudio.**

<b>LOCALIDADES</b>	<b>AMENAZAS A LAS QUE SE EXPONE</b>	<b>Unidad Morfológica</b>
Curicó	Remoción en masa, inundaciones asociadas a crecidas de ríos y actividades volcánicas.	Valle aluvial – fluvial
La Obra	Inundación asociada a canales.	Valle aluvial – fluvial
Los Niches	Inundación asociada a canales.	Valle aluvial – fluvial
Cordillerilla	Inundación asociada a canales.	Valle aluvial – fluvial / influencia precordillerana
Bajo La cuesta	Inundación por cercanía al río Lontué, se localiza en una de sus terrazas.  Remoción en masa ya que se encuentra en sector precordillerano y en el sector de confluencia del río Lontué con el estero Upeo, sector de abanico aluvial.	Valle aluvial – fluvial / Influencia cordillerana

Fuente: Elaboración propia.

En Bajo La Cuesta se identifica el peligro de inundación en dos niveles de intensidad. El más bajo asociado a la terraza más distante de la rivera del río, área de la microcuenca del estero Upeo, cuyo desborde en casos excepcionales de acumulación del cauce y la saturación en los canales y zanjales naturales en eventos meteorológicos extremos podría producir un bajo nivel de inundación. Para el desarrollo urbano no representa una limitación absoluta sin embargo debe considerarse en el caso de una evacuación temporal del área. Y el nivel medio por la ocupación que hace el cauce en la terraza fluvial inmediata, lo cual, si representa una limitante para el desarrollo urbano, mediante las obras de mitigación necesarias.

En cuanto a la restricción por inundación por desborde de los canales, si bien aquellos pertenecientes a algún sistema de riego cuentan con la definición de una franja establecida por inspección y limpieza, en las localidades urbanas menores se identifican otros canales de escurrimiento de aguas. Para dichos canales se define una franja de 2,5 m. en sus bordes, afectas a la inundación por el desborde de las aguas, por lo cual se recomienda mantener el suelo con especies vegetales que ayuden a la absorción y mitiguen el escurrimiento natural.

Las amenazas mencionadas entregan antecedentes de los eventos naturales que se desarrollan en el territorio, y por lo tanto permiten abordar desde el punto de vista metodológico unidades

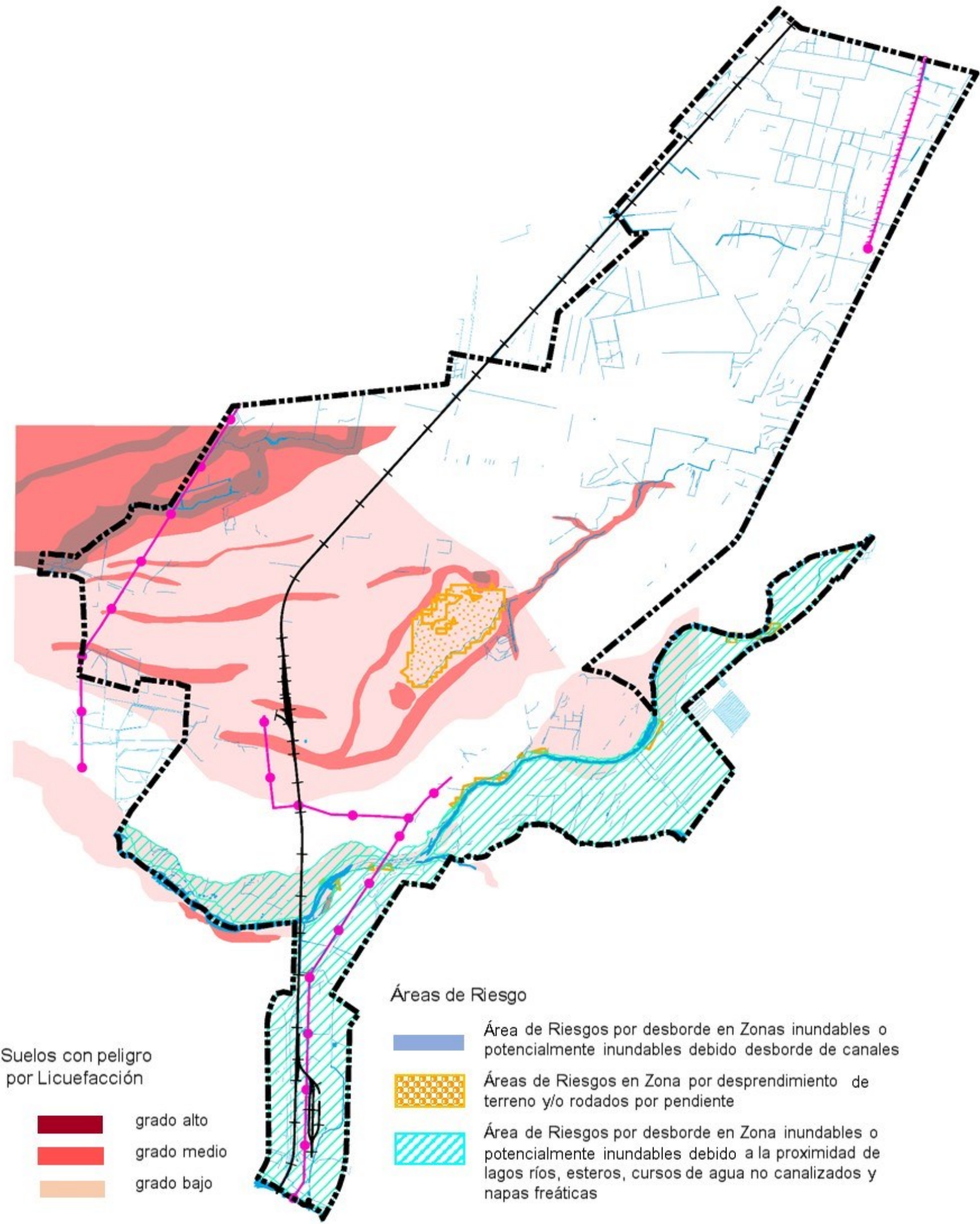


## **ESTUDIO MODIFICACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CURICÓ**

morfológicas de estudio, que ayudarán a la identificación de las dinámicas y los fenómenos naturales que se suceden en su entorno.

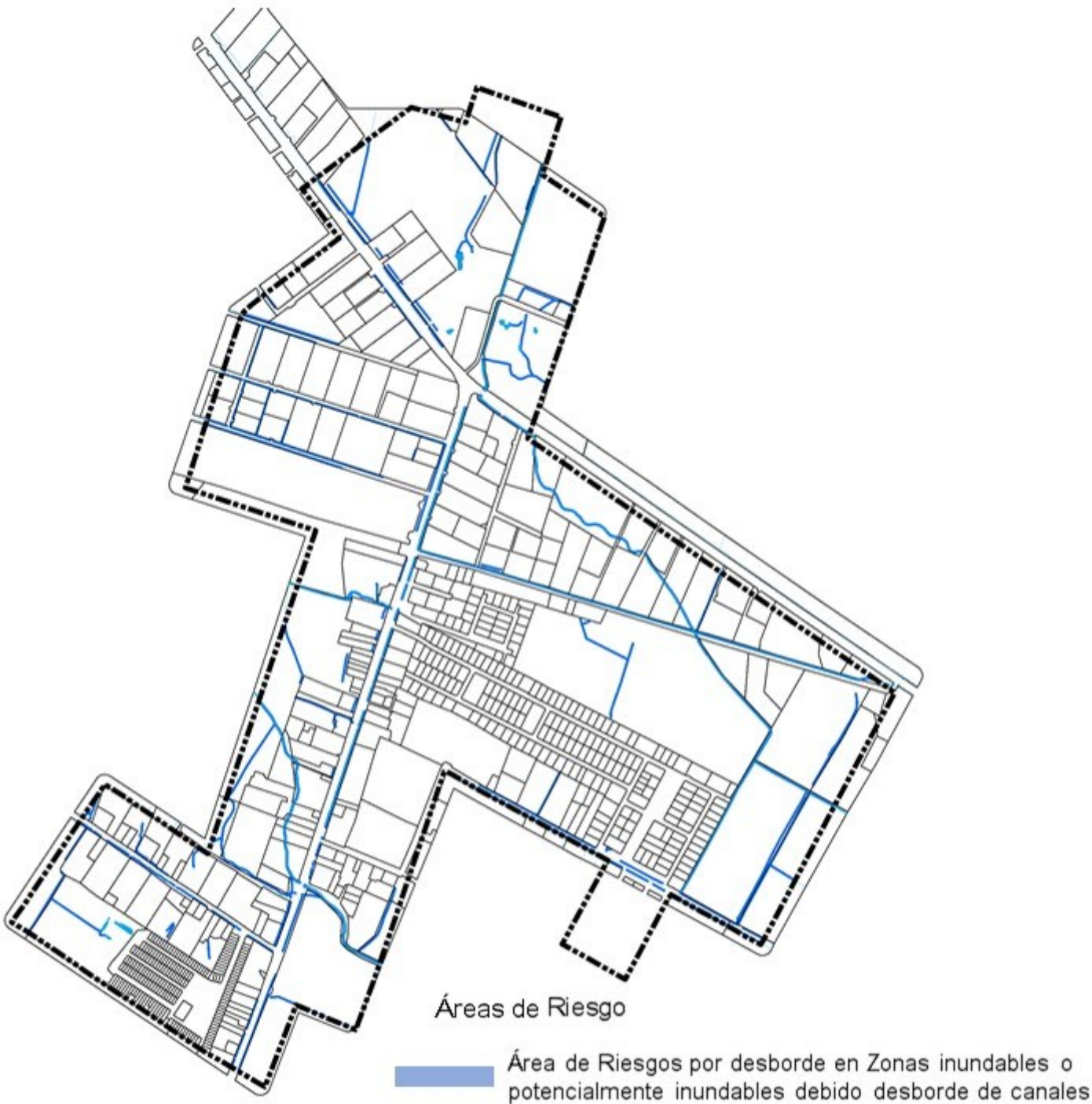
A continuación, se presentan las amenazas naturales localizadas en cada localidad urbana del estudio.

CURICO

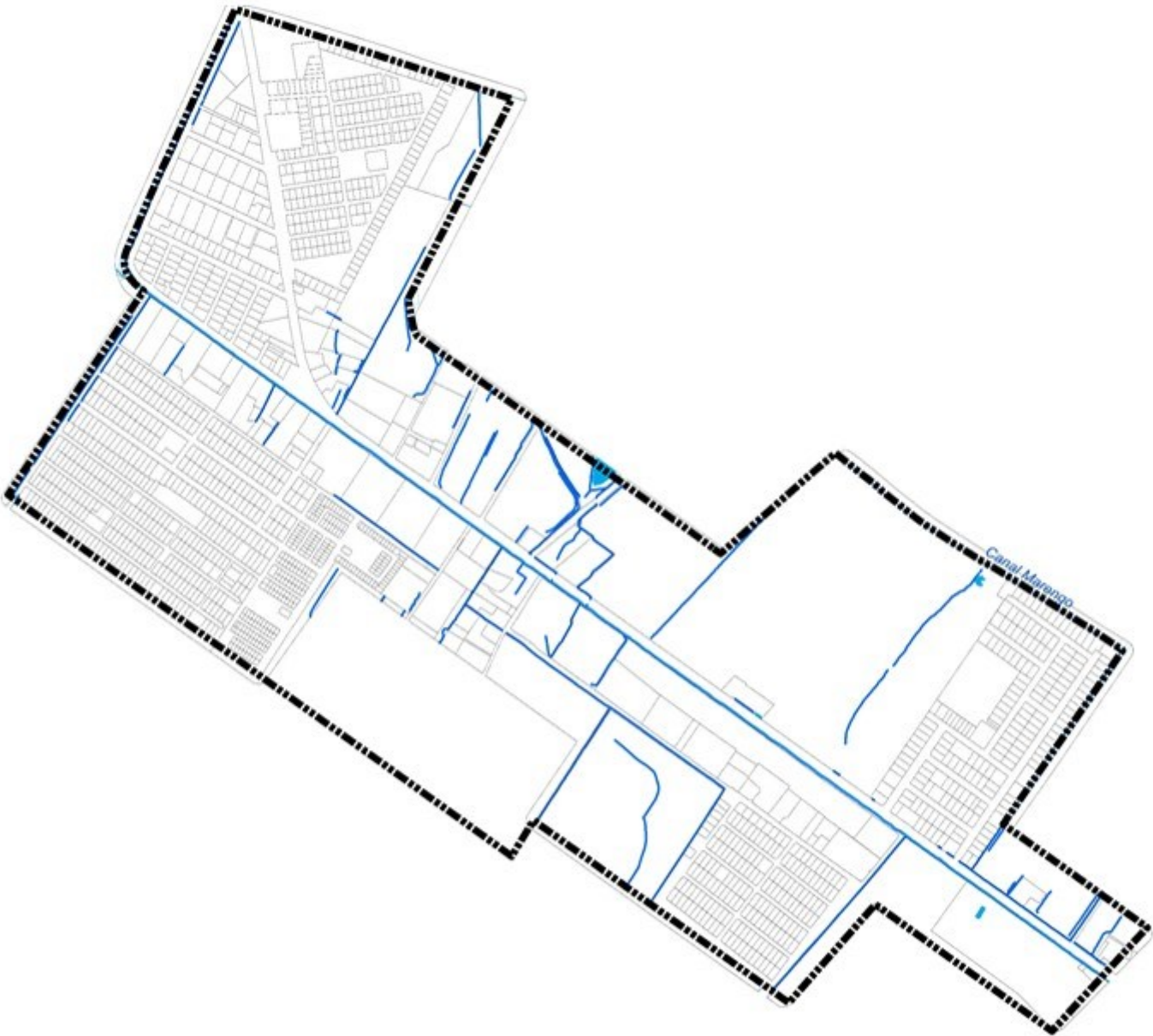


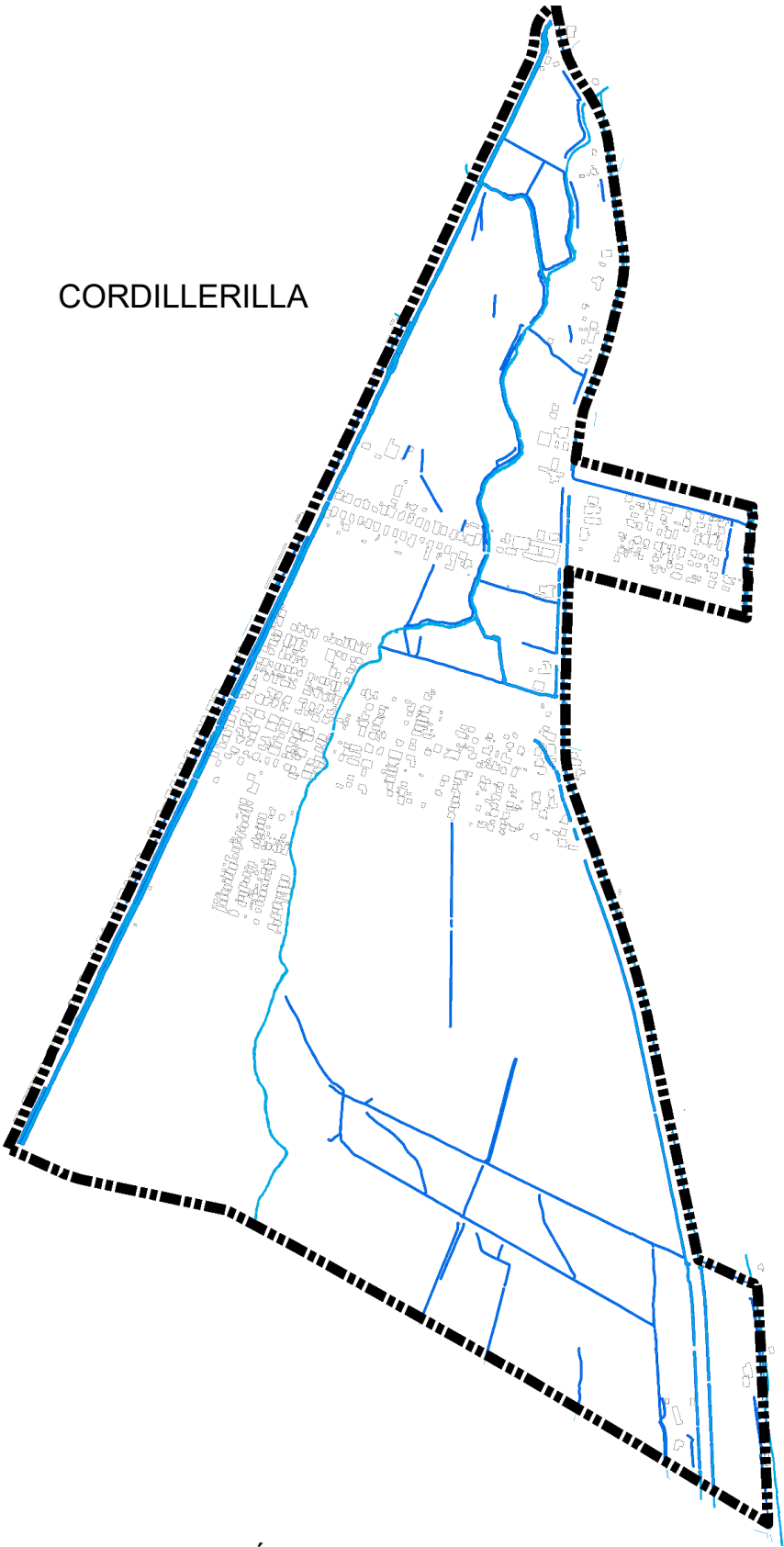


LA OBRA



LOS NICHES





- Áreas de Riesgo
- Área de Riesgos por desborde en Zonas inundables o potencialmente inundables debido desborde de canales
  - Áreas de Riesgos en Zona por desprendimiento de terreno y/o rodados por pendiente
  - Área de Riesgos por desborde en Zona inundables o potencialmente inundables debido a la proximidad de lagos ríos, esteros, cursos de agua no canalizados y napas freáticas

BAJO LA CUESTA

