



INFORME ETAPA 4

ANTEPROYECTO

ESTUDIO DE RIESGO

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR
INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE CHOAPA

VERSIÓN 04

Octubre 2023



ESTUDIO DE RIESGO**TABLA DE CONTENIDOS**

CAPITULO I	DIAGNOSTICO DE RIESGOS	6
I.-	INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES	6
II.-	DIAGNÓSTICO MACROESCALA DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD	8
II.1	RIESGOS GEOLÓGICOS ESTRUCTURALES.....	10
II.2	RIESGOS GEOLÓGICOS POR REMOCIÓN EN MASA.....	14
II.3	RIESGOS HIDROLÓGICOS POR DESBORDES E INUNDACIÓN.....	16
II.4	RIESGOS HIDROLÓGICOS POR FLUJOS ALUVIONALES	18
III.-	DIAGNOSTICO MICROESCALA DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD	19
III.1	Unidad borde costero.....	19
III.2	Unidad terrazas de Canela.....	21
III.3	Unidad valle del río Illapel	22
III.4	Unidad valle río Choapa (inferior, medio superior)	22
IV.-	RIESGOS ANTROPICOS POR CERCANIA A OPERACIONES MINERAS	23
V.-	AREAS DE RIESGO DE ESTUDIOS DE PRC	26
V.1	Salamanca	26
V.2	Canela	27
V.3	Los Vilos	30
CAPITULO II	DEFINICIÓN DE AMENAZAS	31
I.-	METODOLOGÍA	32
II.-	AMENAZAS DE DESASTRES NATURALES AL INTERIOR DEL LÍMITE URBANO Y ZONAS DE EXTENSIÓN URBANAS.	44
II.1	AMENAZAS NATURALES PARA LA COMUNA DE CANELA.....	44
II.2	AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE ILLAPEL	52
II.3	AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE SALAMANCA.....	57
II.4	AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE LOS VILOS.....	64
III.-	AMENAZAS NATURALES A ESCALA PROVINCIAL.	68
IV.-	AMENAZAS ANTRÓPICAS EN LA PROVINCIA DEL CHOAPA	74
IV.1	Amenazas derivadas de la actividad minera	74
IV.2	Amenaza de Incendios Forestales	78
V.-	CONCLUSIONES	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Registro de Epicentros para la Región de Coquimbo	10
Figura 2- Zonas afectadas por el tsunami del 16 de septiembre en la Región de Coquimbo	13
Figura 3- Riesgos naturales y antrópicos para la Región de Coquimbo	28
Figura 4- Catastro de Remociones en Masa en la Provincia de Choapa.	29
Figura 5- Precipitaciones entre el 24 y 26 de marzo de 2015 en estaciones on line DGA.	30
Figura 6- Cobertura de nieve de las cuencas afectadas por las precipitaciones	31
Figura 7- Fotos 1 y 2 fotografías tomadas por la Municipalidad de Illapel: Localidad de Céspedes en la parte alta del Río Illapel. Aluvión generado en Enero del 2013.	32
Figura 8- Localización esquemática de Deslizamientos y áreas de inundación con daño agrícola	33
Figura 9- Amenazas y vulnerabilidad valle del río Illapel	36
Figura 10- Relaves mineros en la Provincia del Choapa.	37
Figura 11- Operaciones Mineras	38
Figura 12- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas, Localidad de Canela Alta	40
Figura 13- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas, Localidad de Canela Baja	41
Figura 14- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas	42
Figura 15- Área de restitución provincial Estudio de Riesgos PRI Choapa 2023	47
Figura 16- Fallas Geológicas de la Provincia de Choapa escala 1:250.000	48
Figura 17- Unidades Geológicas Illapel escala 1:250.000	49
Figura 18- Traslape Peligro y Amenaza de Remoción en Masa estudios PRI Choapa 2023 y SERNAGEOMIN 2021.	51
Figura 19- Quebradas con Flujo alto de detritos en la zona de Manquehua.	53
Figura 20 Área afectada por el tsunami del 2015 sobre la costa de Los Vilos.	56
Figura 21- Área afectada por el tsunami del 2015 sobre la costa de caleta Puerto Oscuro, Canela.	56
Figura 22- Esquema general de susceptibilidad de inundación por tsunami en el área urbana de Los Vilos.	57
Figura 23- Amenazas Naturales presentes en la comuna de Canela.	58
Figura 24- Amenazas naturales Área Urbana Canela BajaFuente: elaboración propia a partir de restitución 2021.	59
Figura 25- Amenazas naturales Área Urbana Canela Alta y ZEU.	60
Figura 26- Amenazas naturales ZEU Los Pozos.	60
Figura 27- Amenazas Naturales en las ZEU de Huentelauquén Norte y Sur.	61
Figura 28 y Figura 29- Amenazas Naturales en Caletas Puerto Manso y Puerto Oscuro.	62
Figura 30- Amenazas en la ZEU de Caleta Huentelauquén.	62
Figura 31- Amenaza Naturales en el área urbana y ZEU de Mincha.	63
Figura 32- Amenazas Naturales en las ZEU aledañas a Illapel urbano.	65
Figura 33- Zonas afectadas por remociones en masa comuna de Illapel.	65
Figura 34- Elevación del área afecta a remociones en masa en los taludes de Illapel urbano.	66
Figura 35- Amenazas Naturales ZEU Illapel oriente: Cárcamo y Huintil.	66
Figura 36- Amenazas naturales en los alrededores de la ZEU de Santa Virginia.	67
Figura 37- Amenazas de desastres naturales Valle del Río Choapa curso medio.	68
Figura 38- Amenazas Naturales en la ZEU de Limáhuida.	68
Figura 39- Amenazas naturales en el tramo Chuchiñí, Tahuinco, El Tambo, Salamanca y Sta Rosa.	70
Figura 40- Amenazas naturales en el tramo Panguesillo, Llimpo, Coirón.	71
Figura 41- Amenazas Naturales en el curso superior del Río Choapa, sector Cuncumén.	73
Figura 42- Origen afluentes Río Tencadan y su paso en el valle de Cuncumén	73
Figura 43- Amenazas Naturales en el curso superior del Río Choapa, Chillepín-Tranquilla.Fuente: elaboración propia, 2023	74
Figura 44- Detalle de Ruta D-825 a la altura de Tranquilla sobre quebrada con flujo de detritos.	75
Figura 45- Amenazas naturales ZEU borde costero Los Vilos.	76
Figura 46- Amenazas Naturales en el borde costero de Quilimarí – Pichidangui.	76
Figura 47 Amenazas Naturales Caleta Chigualoco.	77
Figura 48 y Figura 49: Caleta Cascabelas y Caleta Totoralillo.	78
Figura 50- Amenazas Naturales ZEU Caimanes	79
Figura 51- Amenazas Naturales ZEU Guangualí.	79

Figura 52- Amenaza de inundación por tsunami y desborde de cauces.	81
Figura 53- Amenaza de Inundación Borde Costero Norte, sector Huentelauquén.	82
Figura 54- Amenazas naturales en el área de planificación Provincia del Choapa 2023.	83
Figura 55- Presencia de gaviones en las orillas del Río Choapa a la altura de Chillepín, frente a la ruta D-825.	84
Figura 56- Pasivos ambientales definidos como SPPC de alta prioridad localizados sobre el Estero Chalinga y el Río Choapa a la altura de Salamanca.	86
Figura 57- Amenazas antrópicas vinculadas a la minería en la Provincia de Choapa.	88
Figura 58- Amenaza de Incendios Forestales en la Provincia de Choapa. Fuente: elaboración propia a partir de data de Megaincendios 2015-2018, CONAF.	90
Figura 59- Amenazas antrópicas para la Provincia del Choapa. Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Amenazas naturales más recurrentes sobre áreas vulnerables	9
Tabla 2- Registro de Sismos para la Región de Coquimbo	12
Tabla 3- Cuadro Áreas de riesgo en relación a la amenaza y factores detonantes	30
Tabla 4	32
Tabla 5- Parámetros para Riesgos geológicos estructurales o Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.	33
Tabla 6- Parámetros para la amenaza de Remoción en Masa por caída de bloques o deslizamientos de terreno.	35
Tabla 7- Parámetros para la amenaza de Flujos aluvionales o Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.	38
Tabla 8- Parámetros para la selección de quebradas con amenaza por flujo de detritos.	38
Tabla 9- Parámetros para la amenaza de Inundación por desborde de cauces o Zonas inundables por proximidad a lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.	39
Tabla 10- Parámetros para la amenaza de Inundación por tsunami o Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis.	40
Tabla 11- Parámetros para la amenaza antrópica de Incendio o Zonas de restricción por Peligros Antrópicos.	75

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1- Valle del Río Choapa entre Mincha Norte y Mincha Sur.	50
Foto 2- Lecho del río ocupado como vía de tránsito entre Mincha Norte y Mincha Sur.	50
Foto 3- Tamaño de los rodados del cono aluvial de Batuco a la altura de la ruta sector La Capilla.	59
Foto 4- tomada desde la Ruta D-825 pasando sobre la quebrada de Tranquilla.	62
Foto 5- Caleta Chigualoco.	64
Foto 6- Paisajismo en la ribera sur de la desembocadura del estero Chigualoco,	64
Foto 7 y Foto 8: Diferencia de altura entre lecho inundable del río y la T ₁ que va contigua a la vía pública en Chillepín.	71

CAPITULO I DIAGNOSTICO DE RIESGOS

I.- INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES

El presente estudio de riesgos para la provincia de Choapa se elabora como una actualización de los antecedentes del Estudio Fundado de Riesgos realizado con anterioridad por la misma consultora el año 2014. Desde entonces, se han hecho modificaciones a los marcos regulatorios que enmarcan el presente estudio: LGUC, OGUC y Ley 20.417, incorporando las directrices establecidas en la DDU 430 en relación a los Contenidos y Procedimientos para la Aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica en los Instrumentos de Planificación Territorial. De igual forma, el dinamismo climático de la presente era y la aceleración del cambio climático en breves períodos de tiempo con consecuencias cada vez más desastrosas a nivel territorial, llevaron a la entrada en vigencia de la Ley 21.364 que crea una nueva institucionalidad, normas, políticas y planes en materia de gestión del riesgo de desastres desde una escala comunal, provincial, regional y nacional, siendo estudios de este tipo, insumos fundamentales a la hora de elaborar los respectivos planes de reducción del riesgo, así como los planes de emergencia por tipo de amenaza¹. A la vez, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático estableció nuevos lineamientos en relación a la consideración de los eventos meteorológicos extremos como indicadores proyectivos de la ocurrencia futura de estos eventos², cambiando la noción de *mitigación* ante dichos eventos, por el de *adaptación* a la nueva dinámica, frecuencia y magnitud de estos fenómenos. Cabe resaltar, que en esta etapa del estudio se hace especial énfasis en la identificación de las amenazas existentes en el territorio interprovincial, previa modelación y zonificación.

Es así que, en base a estos cambios metodológicos y conceptuales, se vuelve necesaria una nueva evaluación del alcance de las amenazas naturales y antrópicas, a través de la identificación de Riesgos y Oportunidades en la toma de decisiones del modelo de desarrollo sustentable del territorio, incorporando las directrices antes señaladas. Por cuanto, y considerando los desafíos de este estudio ante el nuevo marco regulatorio, es probable que, si bien las amenazas no difieran sustancialmente en tipo, sí lo hagan en su intensidad; por lo que es importante no subestimar estos eventos extremos como hechos aislados, sino como precedentes de registros que irán generando nuevas tendencias.

Algunos de los eventos que no fueron considerados en el último PRI Choapa por suscitarse luego de la etapa diagnóstica, corresponden a dos amenazas de gran impacto y magnitud. Por una parte, el terremoto 8.3 con epicentro en la región y consecuente tsunami ocurrido el 16 de septiembre del 2015, viéndose directamente impactadas zonas al interior de los actuales límites urbanos. La tormenta de precipitaciones extremas ocurrida entre el 24 y el 26 de marzo del mismo año, que ocasionó inundaciones y flujos aluviales a lo largo de la cuenca del Río Elqui, y el sismo ocurrido el 19 de enero del 2019 en la localidad de Tongoy que, si bien ocasionó daños menores en toda la región, develó la falta de un plan de evacuación de emergencia en pueblos y localidades menores.

De tal manera, el presente estudio tiene por objeto actualizar e identificar aquellas amenazas naturales y antrópicas que constituyen un riesgo para la población, sus recursos e infraestructura crítica, siendo uno de los factores críticos de decisión a la hora de analizar las opciones de

¹ La ley 21.364 entra en vigencia en agosto del 2021 estableciendo el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sustituyendo a la entonces ONEMI.

² Los análisis científicos también señalan una tendencia creciente en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años y se considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones, continuarán siendo más frecuentes en el futuro, con consecuencias desastrosas (PNACC, 2015:9).

desarrollo del territorio, dichas opciones deberán considerar además el dinamismo del territorio en torno a los cambios y adaptaciones a vislumbrar en virtud del escenario de cambio climático; por lo cual se vuelve necesaria una revisión y ajuste de escala a los instrumentos de planificación territorial actuales.

Conforme a lo anterior, el marco conceptual que se trabajará en el presente estudio define el **Riesgo de desastre** como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o de índole antrópica potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes, en un lugar y en un momento determinado. En su desarrollo intervienen y se cruzan 2 aspectos: la amenaza y la vulnerabilidad, los que se describen a continuación.

- a) **La amenaza o peligro** es entendido como un fenómeno natural o antrópico, cuya dinámica puede desbordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes.
- b) **La vulnerabilidad**, se entiende principalmente en relación con población o bienes afectados dentro del área de influencia de una zona de amenaza o peligro. Se vincula por lo tanto a la capacidad de respuesta de las construcciones humanas frente a la activación de una amenaza.

Los Riesgos se entenderán, por tanto, como una función de las Amenazas y de las Vulnerabilidades del territorio. Evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de asignar una calificación de carácter cualitativo, anticipando con ello las eventuales consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento. Ahora bien, cabe hacer el alcance de que las amenazas naturales son inevitables en ocurrencia, y es el foco del presente estudio caracterizarlas, así como su localización. Sin embargo, las acciones que se tomen para reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y sus recursos son los que disminuirán efectivamente el riesgo ante la ocurrencia de dichas amenazas.

De acuerdo con el D.S 9 D.O 13.04.2011 las áreas de Riesgo dentro de los planes reguladores se entenderán como **aquellos territorios en los cuales se limite determinado tipo de construcciones**. Estas áreas de riesgo se determinarán en base a cuatro características:

- a) Zonas inundables o potencialmente inundables (tsunamis, proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas o pantanos). Aquí aplica lo correspondiente a zonas inundables por proximidad de ríos y quebradas.
- b) Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
- c) Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
- d) Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Ahora bien, es importante identificar y clasificar el origen de los desastres naturales y antrópicos para una adecuada zonificación, considerando que la superposición de dos o más amenazas debe considerar criterios de limitación o restricción a la hora de planificar.

CAMBIO CLIMÁTICO, EL NUEVO FACTOR A CONSIDERAR.

A lo anterior, debe sumarse el hecho que el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) definió que en el futuro se intensificará la aridez, el avance de la desertificación, así como un fenómeno de El Niño cada vez más intenso y recurrente. Dichas proyecciones, sumadas a acciones antrópicas locales, referidas a malas prácticas del uso de suelo, no sólo acelerarán la acción del cambio climático, sino que también desafiarán a las autoridades a reducir la vulnerabilidad ante sus efectos para disminuir los riesgos a los que se expone la población.

Al respecto, es importante señalar que conforme a los estudios sobre los impactos del cambio climático para el territorio nacional (elaborados por la Universidad de Chile, 2006, 2012 y Cepal, 2012a), se proyectan diversos escenarios respecto al comportamiento futuro de las precipitaciones y temperaturas. Una proyección realizada por la Universidad de Chile (2012) sobre la base histórica de 1961-1990, presenta dos escenarios temporales (período 2011-2030, y 2031-2050). En estos escenarios la subregión correspondiente al norte chico incrementaría su temperatura entre 0.5 y 1.5°C, mientras que las precipitaciones disminuirían en un rango de entre 5 y 15% para el mediano plazo, cuya disminución inferior (5%) se daría en el mejor de los casos, vale decir, tomando acciones inmediatas, y la proyección de un 15% menos de precipitaciones para el mediano plazo (2011-2030) ocurriría en el peor de los escenarios.

Respecto a la variabilidad climática, Cepal (2012) proyecta un marcado aumento en la probabilidad de eventos de sequía, y para fines del siglo XXI se espera que este hecho ocurra más de 10 veces en 30 años. Por otra parte, y aun cuando el número de precipitaciones extremas tienda a decrecer, el hecho de que éstas se susciten en días de temperaturas más elevadas con el respectivo incremento de la altura de la isoterma cero durante las tormentas cálidas, genera como efecto el aumento considerable del caudal de los ríos (PNACC, 2015), todo lo cual desencadenaría en producir e intensificar la amenaza de inundaciones, crecidas de ríos y aluviones. De igual forma y a nivel macro, diversos estudios (AGIRMED, 2008; ASAGRIN y Aagrimed, 2011) proyectan el aumento en magnitud y extensión de los procesos erosivos, con todas las consecuencias ambientales que eso conlleva. Ya que, al dejar laderas y material expuesto a la variabilidad climática, se genera un mayor intemperismo en zonas de altura, y una mayor meteorización del material de ladera, aumentando con ello la probabilidad de ocurrencia de amenazas de tipo remoción en masa, ya sea en condiciones secas o húmedas (flujos de detritos).

II.- DIAGNÓSTICO MACROESCALA DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

Conforme a la fase de recopilación de información de fuentes secundarias, las características morfoclimáticas de la Provincia del Choapa, su marco geológico estructural, la morfodinámica del territorio, así como el patrón de asentamiento de la población y actividades primarias principalmente del tipo extractivas, es que este territorio se vuelve susceptible a la manifestación de amenazas naturales y antrópicas.

Algunos de los factores que contribuyen a esta condición corresponden a³:

- Tendencia general a la aridez, con precipitaciones irregulares de alta variabilidad interanual e intra-anual, lo que condiciona una susceptibilidad importante de los suelos a la erosión y disgregación por efecto mecánico de las precipitaciones. La importante oscilación térmica contribuye por su parte a la meteorización mecánica del material lo que ayuda a su fácil desplazamiento y por tanto, a la probabilidad de ocurrencia de eventos tipo remoción en masa.
- La compresión del territorio resulta en un relieve irregular, en general abrupto, macizo y de fuertes pendientes. En la latitud de Illapel el ancho del país se reduce a apenas 90 km, por lo que cualquier evento suscitado en los cordones cordilleranos, pueden afectar y alcanzar con efectos desastrosos a las zonas de los valles cordilleranos e incluso generar consecuencias a nivel del borde costero, como ha ocurrido en el caso de los flujos aluvionales que depositan su material en las zonas de más bajas pendientes.

³ Conte, A. 1986. Vulnerabilidad a los Eventos Naturales Catastróficos de los Valles Elqui, Limarí y Choapa, IV Región. Re. Geografía de Chile Terra Australis 29: 103-130.

- Ríos de régimen torrencial, es decir, escurrimiento que se desarrolla en fuertes pendientes. De igual manera, presenta dos crecidas, una de origen pluvial en invierno y otra de origen nival durante los deshielos. Esta característica implica dos momentos de riesgo al año, vinculados a la amenaza de inundación.
- A nivel antrópico, la constante actividad minera que se desarrolla en la zona, cuyas faenas e instalaciones se encuentran incluso dentro del área urbana (como en el caso de Illapel y Salamanca), vuelven a esta actividad una amenaza latente, ante la cual los instrumentos de planificación y regulación surgidos ex post de la consolidación de estos campamentos mineros, deben enfrentarse al minuto de planificar y regular.
- De acuerdo a algunos investigadores, una de las mayores amenazas para las cuencas que conforman la región es la desertificación (Rovira, 1984; Olson, 1985). Y algunos de los factores antrópicos que aceleran este fenómeno son la extracción de leña, desmote y sobrepastoreo del ganado caprino, propio de las actividades del campesinado de secano de esta zona, práctica intensiva cuyo mal manejo genera una mayor erosión y degradación de los suelos, así como una fragmentación de los bosques residuales, acciones que junto al clima, no sólo aceleran la desertificación en la provincia y región completa (Ihl y Astudillo, 2008) sino que además contribuyen a la existencia de más material disponible ante la ocurrencia de eventos extremos, derivando en nuevas amenazas como flujo de detritos, coladas de barro y remociones en masa.
- Cabe destacar, que conforme a los estudios de efectos y adaptación al cambio climático que se han llevado a cabo para la región o áreas mayores, éstos señalan que el cambio climático se manifiesta localmente en una alteración del comportamiento de las lluvias. En la actualidad hay mayor ocurrencia de sequías prolongadas y años extremadamente lluviosos (Ihl y Astudillo, 2008).
- Si bien la provincia del Choapa no presentaría zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, debido a que no se registra la existencia de volcanes a lo largo de toda la región, algunos registros de fuentes secundarias dan cuenta de una larga data de inundaciones, aluviones y remociones en masa.

Dentro de los fenómenos catastróficos descritos y reconocidos para la Región de Coquimbo en las áreas habitadas durante el siglo pasado (op cit 66), los más relevantes correspondían a:

**Tabla 1- Amenazas naturales más recurrentes sobre áreas vulnerables
Región de Coquimbo**

Amenaza. Evento Natural Catastrófico	Causas	Observaciones
Inundaciones	Aumento importante de caudal	Con mayores crecidas invernales y crecidas extremas en verano por los deshielos.
	Desborde de canales	Obstrucción de canales por deslizamientos de tierra
	Represamiento del Cauce Principal	Obstrucción del lecho principal por deslizamientos de tierra
Deslizamientos de tierra, derrumbes y corrientes de barro	Existencia de material detrítico	-
	Precipitaciones de alta intensidad	-
	Pendientes iguales o superiores a 25 %	-

Conte, A. 1986. Op cit 66

A lo anterior, se suma la intensa actividad sísmica de la región. Esta será descrita a continuación como parte de los riesgos geológicos estructurales. En síntesis, y con base a la revisión de diversas fuentes, fue posible constatar que para la Provincia de Choapa se reconocen e identifican 4 tipos de

amenazas con áreas vulnerables específicas para cada una de ellas, las que se describen a continuación: (i) Riesgos geológicos estructurales; (ii) Riesgos geológicos por remoción en masa; (iii) Riesgos Hidrológicos por desbordes e inundación; (iv) Riesgos hidrológicos por flujos aluvionales.

II.1 RIESGOS GEOLÓGICOS ESTRUCTURALES

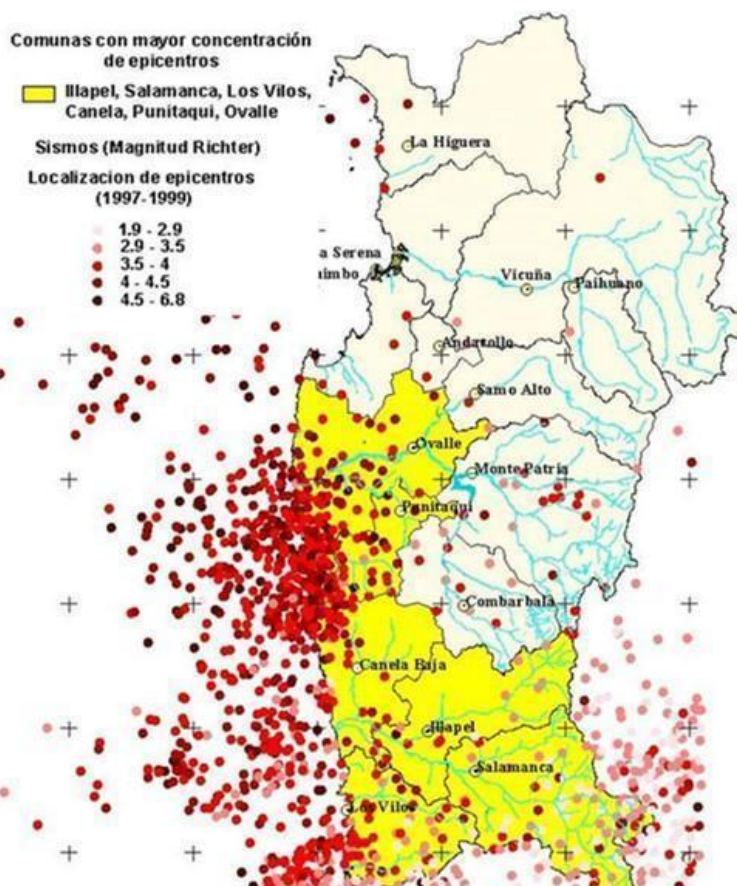
Amenazas: El área de estudio se localiza entre los 30° S y 31,5° S, en la zona de contacto entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca. Por lo tanto, se enmarca en el esquema de segmentación andina, como una zona de subducción plana, que se caracteriza por un ángulo bajo de subducción (del orden de los 10°) entre ambas placas. Este ángulo de subducción se traduce en la inexistencia de un volcanismo Cuaternario en la Cordillera Principal, sin embargo, la zona de subducción a lo largo del país se caracteriza por presentar una alta concentración de epicentros de actividad sísmica con registros históricos de gran magnitud y estructuras tectónicas de gran escala (sistemas de fallas) directamente relacionados con la dinámica de esta zona de subducción.

Vulnerabilidades: Los factores geofísicos condicionan a la región y provincia para la manifestación de eventos sísmicos de diversa magnitud con áreas de influencia, particularmente los de mayor magnitud, que escapan a los límites provinciales y regionales. Dichos eventos se transforman en un riesgo natural a la salud de las personas y bienes materiales, porque potencian la manifestación de fenómenos geodinámicos como derrumbes o porque el medio construido no resiste la fuerza del movimiento (diseños subestándares, construcciones antiguas o fuera de la norma, etc). En este sentido, las áreas de mayor riesgo sísmico serán aquellas en las que los registros históricos demuestren una mayor ocurrencia de sismos de intensidades importantes (ver Figura III-1 Registro de Epicentros para la Región de Coquimbo) y áreas en las que los asentamientos poblados presentan edificaciones antiguas, deterioradas, autoconstruidas, o que no han sido diseñadas para resistir eventos de este tipo.

Los sismos más importantes registrados en el pasado en esta región ($M > 8$), como consecuencia del desplazamiento entre ambas placas, corresponden a aquellos ocurridos en abril de 1943, que afectó mayormente las localidades de Combarbalá, Ovalle, Illapel y Coquimbo entre otras, y el de noviembre de 1922, que ocurrió un poco más al norte, afectando fuertemente las localidades comprendidas entre La Serena y Vallenar (Centro Sismológico Nacional).

Figura 1- Registro de Epicentros para la Región de Coquimbo

Fuente: Seremi MINVU/ Habitat - PRDU.



En los últimos 10 años, destacan el sismo ocurrido el domingo 23 de agosto de 2015 de magnitud 5.8 (MI 6.0), localizado a 20 km al norte de La Serena y a alrededor de 50 km de profundidad. Este sismo fue percibido por la población con una intensidad máxima de VI en la Escala de Mercalli. Pero sin duda, fue el terremoto ocurrido el 16 de septiembre 2015 en Illapel, con epicentro 37 km al sur-oeste de la localidad de Canela Baja el que generaría mayores impactos para la población, debido a que su magnitud de 8.4 Mw propagó un Tsunami a lo largo de prácticamente todo el borde costero de la región de Coquimbo y adyacentes, así como también remociones en masa y flujo de barro proveniente de las laderas que bordean el área urbana de Illapel (SERNAGEOMIN, 2015).

La geometría de la falla que originó este sismo y su ubicación, son consistentes con la subducción propia de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Estimaciones preliminares señalaron que la longitud de ruptura alcanzó unos 200-250 km con un desplazamiento máximo de alrededor de 5-6 m (CSN-UChile, 2015). Durante los primeros 30 días posteriores a la ocurrencia del sismo principal, el CSN detectó más de 1400 réplicas, la mayoría fueron percibidas por la población. De éstas, la mayor réplica alcanzó una magnitud de 7.6. Otro dato importante es que este terremoto se enmarca en una zona donde han ocurrido sismos de este mismo tipo con anterioridad, así como fue el terremoto del 6 de abril de 1943, cuya magnitud alcanzó a 8¼ (Lomnitz, 2004), tal como lo muestra el registro del Cuadro siguiente.

A continuación, se detallan los terremotos destructores que han afectado con eventos de *Tsunamis* a la Región de Coquimbo (Tabla 2):

Tabla 2- Registro de Sismos para la Región de Coquimbo

Año (Magnitud Richter)	Área Afectada
1604	Se produjeron daños en Coquimbo y en la zona de Vallenar
1647 (MS = 8,5)	Norte Chico y Zona Central
1730 (M ≈ 8,9)	Entre La Serena y Chillán, maremoto que afecto la zona centro y sur
1773	Norte Chico, incluido Coquimbo y La Serena
1796 (MS = 7,7)	Norte Chico
1819 (MS = 8,3)	Norte Chico con maremoto entre Caldera y Constitución
1822 (MS = 8,5)	Norte Chico y Zona Central
1847 (MS = 7,3)	Norte Chico
1849 (MS = 7,5)	Región de Coquimbo
1873	Zona Central
1876	Norte Chico
1880 (MS = 7,7)	Zona Central con maremoto local causó daños en Coquimbo
1909 (MS = 7,6)	Sismo de gran intensidad que se sintió en todo el Norte Chico
1904	Región de Coquimbo
1918 Mayo (MS = 7,5) y Diciembre (MS = 7,8)	Norte Chico
1922 (MS = 8,5)	Norte Chico, Zona Central. Foco fue ubicado entre los valles del Elqui y Choapa Maremoto que afectó entre Antofagasta y Los Vilos y que, en algunos sectores entre Coquimbo y Caldera, alcanzó más de 7 metros de altura, en Caldera alcanzó los 10 m de altura
1943 (MS = 8,3)	Zona Central y Región de Coquimbo.
1965 (MS = 7,4)	Región de Coquimbo y Zona Central. Este sismo causó licuefacción del tranque de relaves El Cobre, de la mina El Soldado ubicado a 300 m de altura, sepultando el pueblo que se encontraba en sus cercanías Se registraron deslizamientos y caídas de roca.
1967 (MS = 7,3)	Región de Coquimbo
1971 (MS = 7,5)	Región de Coquimbo y Zona Central

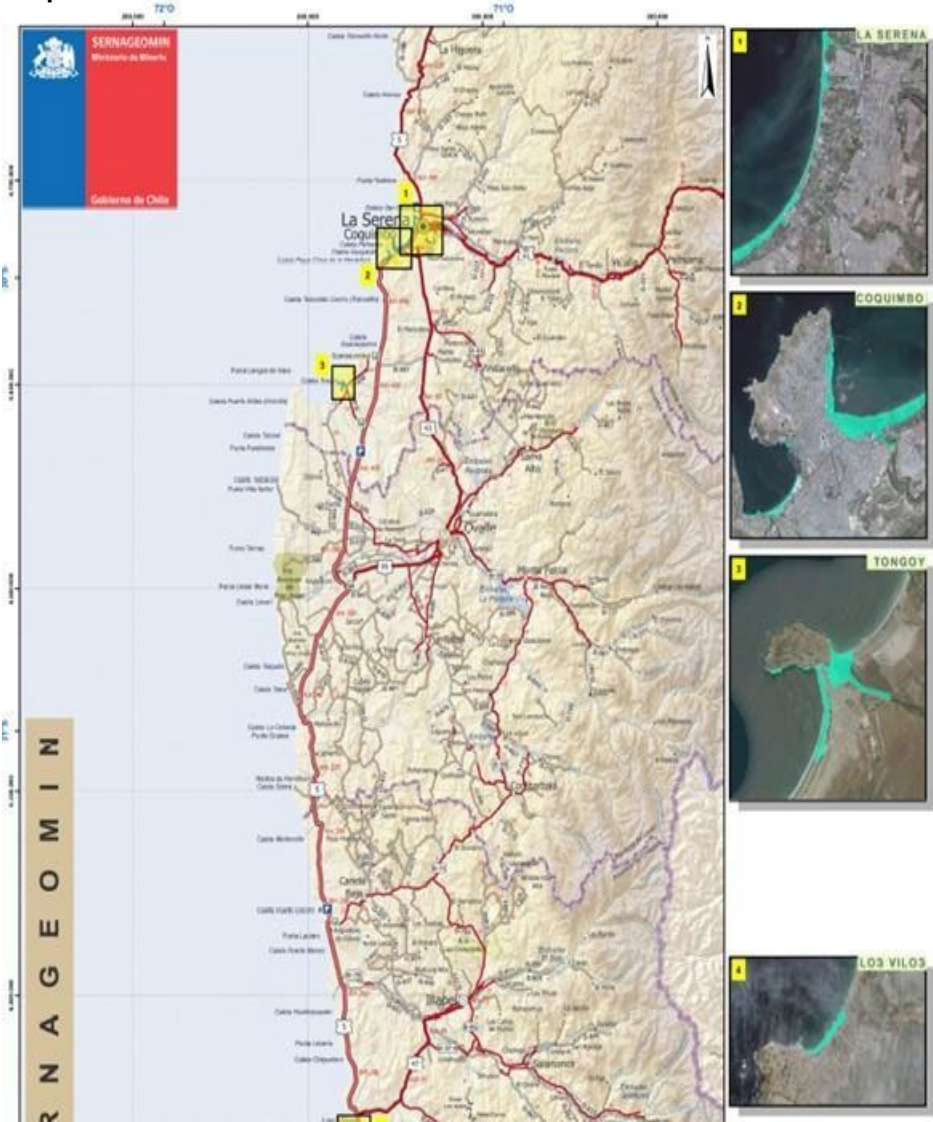
Año (Magnitud Richter)	Área Afectada
1975 (MS = 7,7)	Norte Chico y la Zona Central
1985 (MS = 7,5)	Región de Coquimbo y Zona Central
1997 (Mw = 7,1)	Región de Coquimbo con epicentro en Punitaqui.
2015 Agosto (Mw = 5.8)	Región de Coquimbo. Al norte de La Serena
2015 Septiembre (Mw = 8.4)	Región de Coquimbo y Valparaíso. Epicentro 37 km al sur oeste de Canela Baja, afectando principalmente a la ciudad de Illapel y alrededores, además de todo el borde costero debido a la propagación de un tsunami que afectó toda la zona costera de las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Fuente: Urrutia, R., & Lanza, C. (1993). Catástrofes en Chile 1541 - 1992. Santiago: La Noria. Lara, L., & Rauld, R. (2003). Diagnóstico de la geología ambiental de las grandes ciudades de Chile. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 182 pág. Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile 2015.

Este último evento obligó a las autoridades a definir nuevos estudios ante el riesgo de tsunami en el borde costero de la región, considerando que las dos ciudades más pobladas de la región de Coquimbo se emplazan junto al borde costero, existiendo mayor vulnerabilidad y riesgo para la población residente y flotante que habita en estas ciudades (La Serena, Coquimbo, Los Vilos). La metodología y escala con la que se realizaron los diversos estudios de riesgo de Tsunami, tanto para los PRI vigente, como para los PRC de las comunas costeras de la región, presentan algunas diferencias menores de la superficie que comprendería el área de riesgo por tsunami, pero deben de ser considerados los criterios que se establecen para resguardar o restringir a la población ante una amenaza como esta (inevitable), lo que prime sobre los instrumentos de planificación.

A continuación, se adjuntan imágenes del levantamiento realizado por el SERNAGEOMIN en base al registro realizado en terreno de los principales poblados costeros de la región que se vieron afectados por el tsunami del 16 de septiembre.

Figura 2--Zonas afectadas por el tsunami del 16 de septiembre en la Región de Coquimbo.



Fuente: SERNAGEOMIN, 2015.

II.2 RIESGOS GEOLÓGICOS POR REMOCIÓN EN MASA

Amenaza: La remoción en masa es un fenómeno de movimiento de materiales aguas abajo de una ladera, siendo la pendiente y morfología de la ladera, la calidad del material y la presencia de agentes que contribuyen, como las precipitaciones, la sismicidad o la acción del hombre, los principales factores para desencadenar el fenómeno. Los materiales movilizados pueden ser suelos, regolitos, estructuras rocosas o una combinación de ambos.

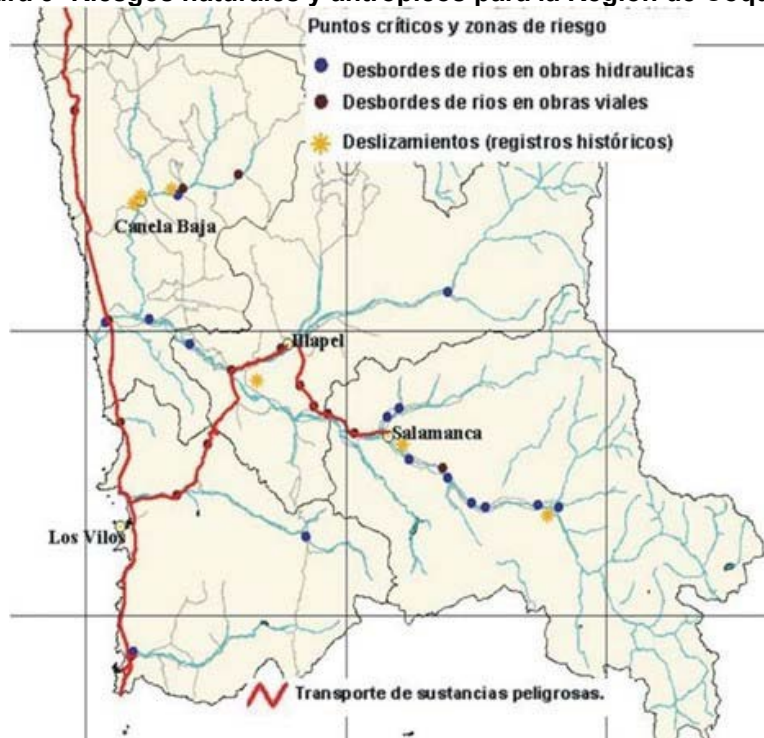
Las amenazas por fenómenos de remoción en masa incluyen los deslizamientos y derrumbes; estos se presentan en general como fenómenos puntuales, sin una frecuencia definida.

Como ya se indicó los factores más relevantes corresponden a suelos poco cohesionados, pendientes fuertes (el valor mínimo descrito son 25 % de pendiente) y degradación de la cobertura vegetal. Estos factores, en presencia de lluvias intensas o fenómenos sísmicos relevantes, desencadenan finalmente el deslizamiento o el fenómeno de remoción en masa en su acepción más general, es decir, el movimiento rápido en el sentido de la pendiente de una masa de materiales de granulometría diversa.

Para los efectos prácticos en las amenazas hidrológicas hay intervención del agua como factor de erosión y transporte, en cambio en la remoción en masa aun cuando puede intervenir el agua, es más un fenómeno gravitacional.

Vulnerabilidad: El territorio interprovincial tiene un rasgo montañoso generalizado, salvo la zona costera, todos los asentamientos poblados se emplazan sobre valles fluviales dentro de dominios de baja y media montaña ya que la alta montaña por sus características climáticas no es en general un territorio habitable. El rasgo montañoso determina una alta susceptibilidad a la manifestación de fenómenos morfogenéticos, particularmente derrumbes y deslizamientos. (ver Figura III-4 Catastro de Remociones en Masa en la Región de Coquimbo.

Figura 3- Riesgos naturales y antrópicos para la Región de Coquimbo



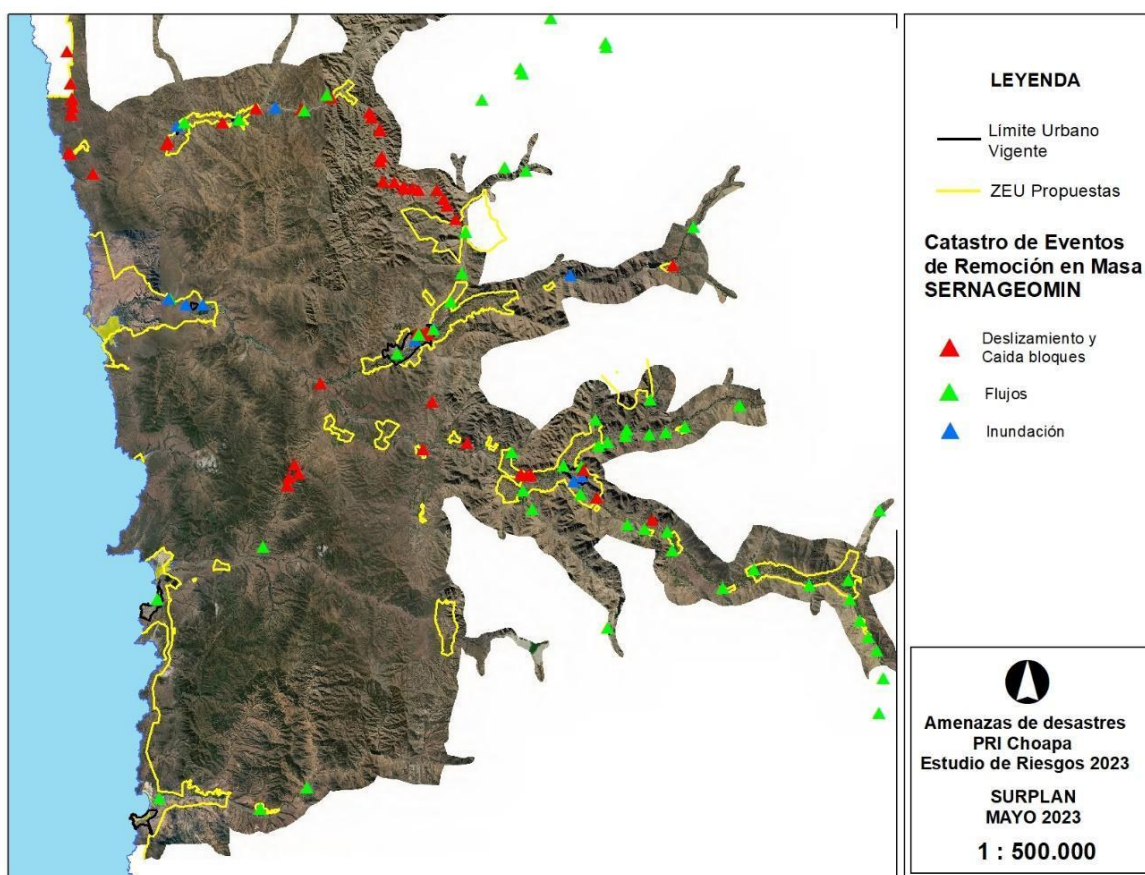
Fuente: Seremi MINVU/ Habitat - PRDU

Normalmente, eventos meteorológicos extremos generan desprendimientos o movimientos de materiales en las laderas, tal como ocurrió en junio del año 2011 y en marzo del 2015 en la Región de Coquimbo. En ese evento se registraron precipitaciones que, en tan sólo tres días, alcanzaron la cantidad de lluvia acumulada en un año promedio. Este comportamiento de lluvias intensas y concentradas sería una clara manifestación de los efectos del cambio climático.

En la Provincia del Choapa, entre el año 1916 a 1983 se documentaron 6 eventos de este tipo (años 1956, 1962, 1965, 1978 y 1982). Conte (1986, op cit66) menciona eventos en el área de Canela Alta y Baja (Confluencia Esteros Espíritu Santo y Canela), Illapel, Salamanca y sector de confluencia del Río Choapa-Cuncumén.

Para el evento del 2011, se produjeron derrumbes en la cuesta de Cavilolén, El Boldo y Cocoú en las Rutas de Illapel - Los Vilos, además en Illapel, Salamanca y en la ruta de Illapel hacia Canela. Mientras que en el episodio de lluvias caídas entre el 24 y 26 de marzo del 2015, las descargas observadas se caracterizaron por el transporte de abundantes sólidos disponibles en los cursos principales y especialmente materiales antrópicos de ciudades y localidades arrasadas. En términos generales, la proporción de sólidos paulatinamente decreció con relación a la fase líquida, en relación a la distancia de la fuente generadora de los flujos aluviales (SERNAGEOMIN, 2015)⁴.

Figura 4- Catastro de Remociones en Masa en la Provincia de Choapa.



Fuente: elaboración propia en base a Catastro SERNAGEOMIN 2021.

⁴ Efectos Geológicos del evento meteorológico de marzo 2015: Descargas de flujos aluviales durante la tormenta del 24 al 26 de marzo 2015. Informe emergencia Norte 02, mayo 2015.

II.3 RIESGOS HIDROLÓGICOS POR DESBORDES E INUNDACIÓN

Amenaza: Este tipo de amenaza está íntimamente relacionado con fenómenos hidrometeorológicos y responde a los mismos macro factores que desencadenan procesos de remoción en masa, es decir, precipitaciones intensas.

Como fenómeno se localiza en ejes de drenaje, ya sea manifiesten escurrimiento permanente como es el caso del Río Choapa, Illapel, Chalinga, Estero Camisas, Pupío o Quilimarí o esporádico, ante la presencia de precipitaciones líquidas. Se produce por incrementos de caudal que sobrepasan la caja del río generando desbordes e inundación de áreas aledañas.

Vulnerabilidad: Las áreas aledañas a terrazas fluviales modernas, llanos aluviales (especialmente en áreas de confluencia) o lechos actuales de ríos y esteros en áreas habitadas o con agricultura, son áreas vulnerables a la manifestación de desbordes de los cursos de agua e inundación de las áreas aledañas. Se incluye gran parte de las localidades habitadas de la Provincia del Choapa debido a su patrón de asentamiento, es decir, tierras bajas a orillas de ríos o esteros sobre conos de deyección y abanicos aluviales. En general, son áreas con drenaje irregular, anastomosis, lechos secundarios y terciarios secos, que son utilizados para usos antrópicos y que el río retoma durante sus crecidas, especialmente las crecidas máximas.

De acuerdo a Conte (1986), entre el año 1916 a 1983 se documentaron 14 eventos de este tipo (años 1921, 1926, 1928, 1930, 1948, 1953, 1954, 1961, 1963, 1964, 1973, 1978, 1980, 1982) Conte (1986, op cit66) menciona eventos en el área de Huentelauquén, Confluencia, Altecura-Canela Choapa, Illapel, Cárcamo, Chalinga en área de Confluencia Río Choapa, Chillepín.

En años recientes, la tormenta ocurrida en el norte de Chile entre el 24 y 26 de marzo de 2015 desarrolló abundantes e intensas lluvias en las regiones de Coquimbo, Atacama y Antofagasta. Las precipitaciones dieron origen a flujos de detritos y barro e inundaciones que afectaron con particular severidad distintas ciudades y localidades (op cit). En la región de Coquimbo, el mayor impacto tuvo lugar a lo largo de la cuenca del Río Elqui, que concentró su promedio anual de precipitaciones (121 mm) en tan sólo 3 días, y en tan sólo unas pocas horas.

Figura 5- Precipitaciones entre el 24 y 26 de marzo de 2015 en estaciones on line DGA.



Fuente: SERNAGEOMIN en base a mediciones pluviométricas DGA, 2015.

Sin embargo, no sólo la pluviometría concentrada fue la causante de las crecidas fluviales que derivaron en inundaciones, a este evento también se suma la alimentación de los ríos por cobertura nival. En el caso particular de este evento, el 34% de la cuenca del Río Elqui quedó cubierta de nieve, aumentando aún más el volumen de los caudales, generando inundaciones debido a la crecida y desborde de cursos de agua, pero de igual forma flujos aluvionales, coladas de barro y remociones en masa, debido al material disponible en gran parte de las quebradas con flujos intermitentes.

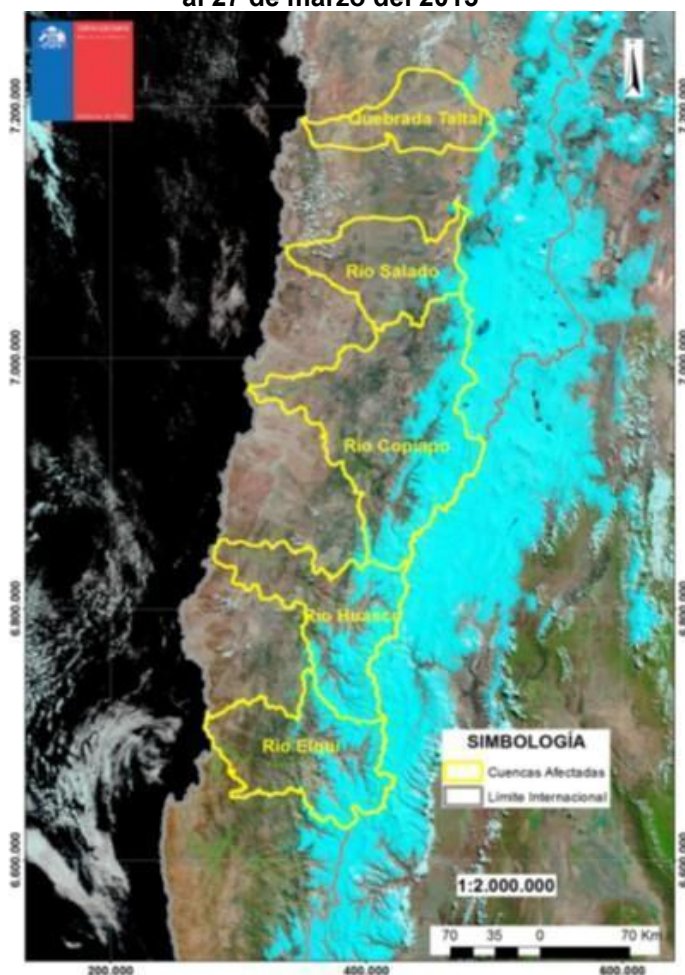
Si bien los estudios sobre impactos del cambio climático en la zona del Norte Chico concluyen que las precipitaciones a futuro serán cada vez más escasas, con una reducción de entre el 5 y 15% de precipitaciones, y los períodos de sequía serán más prolongados, esto no

necesariamente implica una disminución a la amenaza de inundación de cauces y ríos, sino más bien aumenta la probabilidad de inundaciones con flujos aluvionales y remociones en masa producto de la meteorización generada por los factores antes mencionados, aumentando los riesgos asociados, sobre todo considerando que en la provincia de Choapa sus zonas urbanas se encuentran localizadas junto a terrazas y valles fluviales, o junto a las desembocaduras de ríos en el borde costero.

Junto a los anterior, y en relación a variaciones en los cursos de agua por efectos del cambio climático, los estudios para el territorio nacional dan cuenta de una reducción significativa de los caudales mensuales para las cuencas ubicadas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. A nivel regional, considerando los efectos del aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones esperados para gran parte de la zona centro-sur del país, se estima una reducción significativa de los caudales de los ríos Elqui e Illapel (PNACC, 2015).

Por otra parte, es importante tener en cuenta que elevación en la isoterma 0°C producto del incremento de las temperaturas, reduciría la capacidad de almacenar nieve a lo largo del año, además de alterar la fecha en que los caudales se manifiestan en las cuencas, especialmente aquellas de influencia nival, como las de los ríos Limarí e Illapel, que afectará de manera significativa los caudales disponibles en época estival (op cit).

Figura 6- Cobertura de nieve de las cuencas afectadas por las precipitaciones al 27 de marzo del 2015



Fuente: imágenes Modis, SERNAGEOMIN, 2015

II.4 RIESGOS HIDROLÓGICOS POR FLUJOS ALUVIONALES

Amenaza: Como complemento a los desbordes de cursos de agua, los flujos aluvionales responden a condiciones hidrometeorológicas similares. Este tipo de amenaza resulta del funcionamiento de quebradas de escurrimiento intermitente, propias de dominios morfoclimáticos semiáridos con precipitaciones escasas e irregulares. Los sistemas de quebradas normalmente no presentan escurrimiento superficial permanente, pero se activan con presencia de lluvias y eventualmente con desarrollo de aluviones si la carga de materiales y la intensidad y volúmenes de precipitación son los indicados. Este fenómeno es potenciado por la escasa cobertura vegetal de las laderas. Modelar la ocurrencia de eventos de este tipo requiere de información especial normalmente no disponible (estaciones meteorológicas con pluviógrafo que miden la intensidad instantánea u horaria de precipitaciones en mm por hora).

Las evidencias en los últimos años avalada por estudios de la dinámica climática y meteorológica del norte de Chile indican un aumento de los episodios de precipitaciones intensas, es decir, montos considerables en cortos períodos de tiempo. Lo que facilita o potencia dinámicas aluvionales en las quebradas (flujos de barro). La gran variabilidad interanual de las precipitaciones (períodos de sequías cada 5 a 7 años) favorece la preparación de materiales en los fondos de quebrada que son movilizados por la masa de agua que se colecta por efecto de las precipitaciones en períodos de tiempo menores (horas).

Vulnerabilidad: Este es un fenómeno de dinámica violenta donde se conjugan factores diversos; una carga de materiales rocosos potencialmente transportables, una pendiente importante del eje fluvial y un agente de transporte que en este caso son las precipitaciones en su expresión como escorrentía superficial. Interviene también como factor la morfometría de la cuenca donde se colecta el agua. Cuencas alargadas tendrán períodos de respuesta más cortos que cuencas o sistemas hidrográficos de diseño areal mayor, debido simplemente a que el agua de escurrimiento demora menos tiempo en colectarse en el dren principal. Todas las áreas habitadas de la provincia que sean colindantes a dominios montañosos con salidas de quebradas o áreas de confluencia son potencialmente receptoras de eventos aluvionales.

Figura 7- Fotos 1 y 2 fotografías tomadas por la Municipalidad de Illapel: Localidad de Céspedes en la parte alta del Río Illapel. Aluvión generado en Enero del 2013.



Fuente: Centro de Noticias Choapa <http://tierradeoroysol.blogspot.com/2013/01/aluvion-en-localidad-de-Céspedes-parte.html>

La recepción pluvial en el territorio la localización y procedencia de las condiciones frontales también es diversa, contribuyendo como un factor adicional a incrementar la alta susceptibilidad de los medios de montaña al desarrollo de eventos hidrogeomorfológicos de este tipo. Por ejemplo, las precipitaciones registradas en la zona central -incluyendo la Región de Coquimbo- en enero del año 2013, generaron dinámicas aluvionales diversas. La condición más sensible

durante este mismo evento meteorológico se registró un aluvión en la localidad de Céspedes en la parte alta del valle del Río Illapel (Fotos 1 y 2).

Figura 8- Localización esquemática de Deslizamientos y áreas de inundación con daño agrícola



Fuente: Conte, A. 1986. Vulnerabilidad a los Eventos Naturales Catastróficos de los Valles Elqui, Limarí y Choapa, IV Región. Re. Geografía de Chile Terra Australis 29: 103-130.

III.- DIAGNOSTICO MICROESCALA DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

A continuación, se sintetiza la información sobre amenazas y áreas vulnerables basada en el Estudio de Riesgos para la Provincia del Choapa 2014, conocimiento de terreno, antecedentes bibliográficos generales y antecedentes presentados en los correspondientes informes de Riesgo de los Planes Reguladores Comunales de Canela, Los Vilos, Illapel y Salamanca⁵. Se consideran como territorios de análisis las localidades pobladas que se incorporaron a la planificación urbana en los correspondientes planes reguladores:

III.1 Unidad borde costero

- a) **Localidad Huentelauquén Norte:** Los derrumbes y deslizamientos son de escasa ocurrencia debido a la posición geomorfológica de esta localidad sobre terrazas marinas, es decir, sobre una topografía mayoritariamente horizontal. Algunas zonas de escarpes de terrazas fluviales presentan cierta susceptibilidad a este fenómeno debido a la mayor pendiente. Los flujos aluvionales están potencialmente relacionados con el cauce del río Choapa. Los procesos de licuefacción pueden darse con mayor probabilidad en los materiales fluviales de las terrazas actuales de este río.

⁵ Información proporcionada por la Contraparte Técnica de la Seremi MINVU Región de Coquimbo.

Se agrega a esta localidad en su parte costera el avance de un sistema migratorio NE de dunas activas del tipo transversales⁶ y que por su magnitud corresponde al sistema dunario de mayor superficie de la Región de Coquimbo.

- b) **Localidad Huentelauquén sur:** Los derrumbes y deslizamientos son de escasa ocurrencia debido a la posición geomorfológica de esta localidad sobre terrazas marinas, es decir, sobre una topografía horizontal predominante. Algunas zonas de escarpes en microcuencas costeras presentan cierta susceptibilidad a este fenómeno debido a la mayor pendiente. Los flujos aluvionales potenciales están relacionados con el cauce del Río Choapa el que se encuentra aproximadamente a 1,5 km al norte de esta localidad. Los procesos de licuefacción pueden darse con mayor probabilidad en la llanura aluvial del Río Choapa por la existencia de materiales permeables de naturaleza arenosa.
- a) **Localidad de Los Vilos:** Los derrumbes y deslizamientos tienen mayor probabilidad de desarrollarse en los bordes de terrazas marinas las que se encuentran disectadas por microcuencas costeras. Estas mismas microcuencas costeras afluentes al área urbana, aun cuando su menor dimensión como área aportante, son también áreas potenciales para el desarrollo de crecidas aluvionales. Los procesos de licuefacción son también una amenaza principalmente en los suelos de fundación arenosos o depósitos marinos de la línea litoral.
- b) **Localidad de Pichidangui:** Los derrumbes y deslizamientos están relacionados a los bordes de terrazas marinas disectadas por microcuencas costeras y por desprendimiento de bloques desde las laderas del Cerro Santa Inés. Crecidas aluvionales aplica principalmente al Estero Quilimarí. Las áreas habitadas vulnerables son menores puesto que Pichidangui se emplaza mayoritariamente fuera del área de potencial de inundación de este estero. De hecho, el cruce de la Carretera Ruta 5 se realiza por un valle profundo con una diferencia de cota de 20 m respecto a la superficie de la plataforma. Los fenómenos de licuefacción podrían generarse principalmente en los suelos de fundación arenosos o depósitos marinos.

También se agrega al norte de la desembocadura del Río Quilimarí como área potencial de riesgo, un sistema dunario activo del tipo parabólico, con migraciones de arena hacia el NE.

El Riesgo de tsunami es una amenaza probable tanto para la localidad de Los Vilos como de Pichidangui, únicos asentamientos poblacionales de la zona costera de la Provincia que se emplazan sobre bahías y litorales arenosos. Los registros históricos indican sismos con desarrollo de olas de *tsunami* que afectaron la región y las costas de la Provincia del Choapa al menos desde aproximadamente el año 1730.

El estudio sobre Áreas de Riesgo en las Localidades Costeras de la Región de Coquimbo⁷ así como los antecedentes del SHOA⁸ permiten establecer zonas dentro de las áreas urbanas

⁶ Castillo, R. y M. Robles. 2012. Geomorfología Costera de Huentelauquén y Ecotopos Adyacentes. FPA 4-I-006-2012.

⁷ Infracon S.A. Resumen Ejecutivo Diagnóstico Áreas de Riesgos Localidades Costeras, Región de Coquimbo Rev-2 Mayo 2008

⁸ El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, - organismo técnico y oficial del Estado, responsable de la operación del Sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM), - es el representante de Chile dentro del Grupo de Coordinación Internacional del Sistema de Alerta de *Tsunamis* del Pacífico (GIC/ITSU), dependiente de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Dentro de este contexto, el SHOA ha participado en el Proyecto TIME (Tsunami Inundation Modeling Exchange), iniciativa mediante la cual la comunidad científica internacional inserta dentro de este grupo, ha puesto a disposición de los Estados Miembros asistencia técnica y programas computacionales para realizar simulación numérica de tsunamis, con

costeras, con mayor probabilidad de sufrir efectos por eventos de *tsunami*. Para esto se modeló el efecto tsunamigénico de 3 sismos de años distintos (1943, 1922 y 1730) y cuyos resultados más conclusivos son:

Bahía Conchalí, Los Vilos

- Evento sísmico de 1943: Los resultados de la simulación muestran un impacto costero con niveles máximos de inundación de 3,7 metros, desde Punta Chungo hasta el sector del puerto de Los Vilos.
- Evento Sísmico 1922: Los resultados de la simulación no muestran un impacto costero importante en el área de interés, con rangos de amplitud máxima de las ondas del orden de los 30 – 50 cm.
- Evento Sísmico – 1730: Los resultados de la simulación muestran un impacto costero con niveles máximos de inundación de 5,5 metros, en el sector de Los Vilos. Por lo tanto, la zona costera de la Bahía Conchalí bajo la curva topográfica de 6 metros es una zona de alto riesgo de inundación para un tsunami de estas características.

Bahía de Pichidangui

- Evento Sísmico de 1943: Los resultados de la simulación muestran un impacto costero con niveles máximos de inundación de 3,8 metros, en el sector norte del puerto al sureste de Punta Quelén. Por lo tanto, la zona costera del Puerto Pichidangui bajo la curva topográfica de 4 metros, es una zona de alto riesgo de inundación para un tsunami de estas características.
- Evento Sísmico de 1922: Los resultados de la simulación no muestran un impacto costero significativo en el área de interés, con rangos de amplitud máxima de las ondas que no superan los 25 cm.
- Evento Sísmico de 1730: Los resultados de la simulación muestran un impacto costero con niveles máximos de inundación de 6 metros, en el sector norte del puerto al sureste de Punta Quelén. Por lo tanto, la zona costera del Puerto Pichidangui bajo la curva topográfica de 6 metros, es una zona de alto riesgo de inundación para un tsunami de estas características.

III.2 Unidad terrazas de Canela

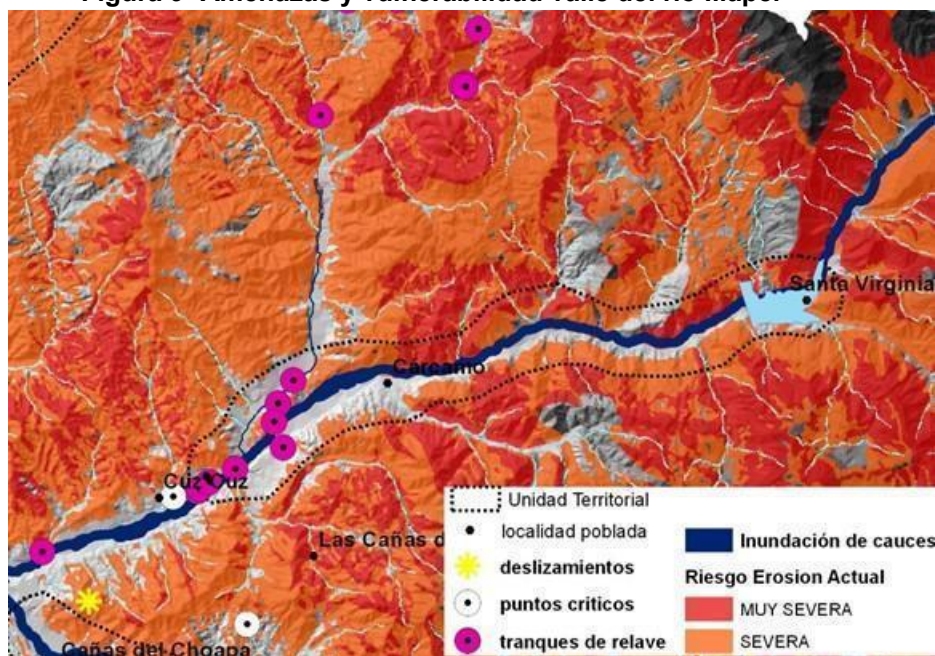
- a) **Localidad de Canela Alta:** Los derrumbes y deslizamientos son más probables en los afloramientos rocosos y áreas de fuerte pendiente de los cordones montañosos periféricos. Los flujos aluvionales y crecidas con riesgo de desborde e inundación están principalmente asociados al cauce principal del Estero Canela y Espíritu Santo y quebradas afluentes. Los procesos de licuefacción están asociados a los depósitos fluviales del lecho del Estero Canela principalmente.
- b) **Localidad de Canela Baja:** Los derrumbes y deslizamientos son más probables en los afloramientos rocosos y áreas de fuerte pendiente de los cordones montañosos periféricos. Los flujos aluvionales se localizan en los cauces del Estero La Canela y Estero Espíritu Santo, así como en las de quebradas afluentes a estos cursos de agua. La licuefacción está asociada con mayor probabilidad a los depósitos fluviales del lecho del Estero Canela y Espíritu Santo.

el objeto de desarrollar la investigación y elaborar cartas de inundación para las áreas costeras de interés nacional.

III.3 Unidad valle del río Illapel

- a) **Localidad Illapel-Cuz Cuz:** Se identificaron áreas susceptibles al desarrollo de procesos de remoción en masa en los márgenes montañosos aledaños a la Ciudad de Illapel (Cerro La Puntilla). Respecto a desbordes de cursos de agua se menciona como amenaza al Río Illapel y Estero Aucó principalmente. Las áreas de inundación corresponden a terrenos bajos o de topografía deprimida, terrazas fluviales y abanicos aluviales en sectores de desembocadura tanto del Río Illapel como Estero Aucó. Los flujos aluvionales (barro o detritos) están relacionados con los cauces del Río Illapel y Estero Aucó y sistemas de microcuencas aledañas a las áreas urbanas de Illapel-Cuz Cuz. La licuefacción está asociada con mayor probabilidad a los depósitos fluviales del lecho del Río Illapel.

Figura 9- Amenazas y vulnerabilidad valle del río Illapel



Fuente: SURPLAN 2014. Estudio Fundado de Riesgos para la provincia de Choapa.

III.4 Unidad valle río Choapa (inferior, medio superior)

- a) **Localidad de Mincha:** Los derrumbes y deslizamientos se relacionan con afloramientos rocosos y áreas de fuerte pendiente de los cordones montañosos periféricos. Los flujos aluvionales se localizan en el cauce del Río Choapa, así como en las de quebradas afluentes a estos cursos de agua. La licuefacción asociada a los depósitos fluviales del lecho del Río Choapa.
- b) **Localidad de Salamanca:** Las áreas de inundación se localizan en el radio urbano por escurrimiento y desborde de calles que actúan como ejes de drenaje durante precipitaciones y que colectan aguas lluvias de microcuencas localizadas al norte de la ciudad. En caso de activación y como efecto colateral pueden producir desborde de los canales de riego (canal Higueras y Pardo) por obstrucción del flujo.

La remoción en masa se relaciona a la acción de las precipitaciones sobre microcuencas al norte de Salamanca y en general laderas de pendientes sobre los 25 ° y/o que

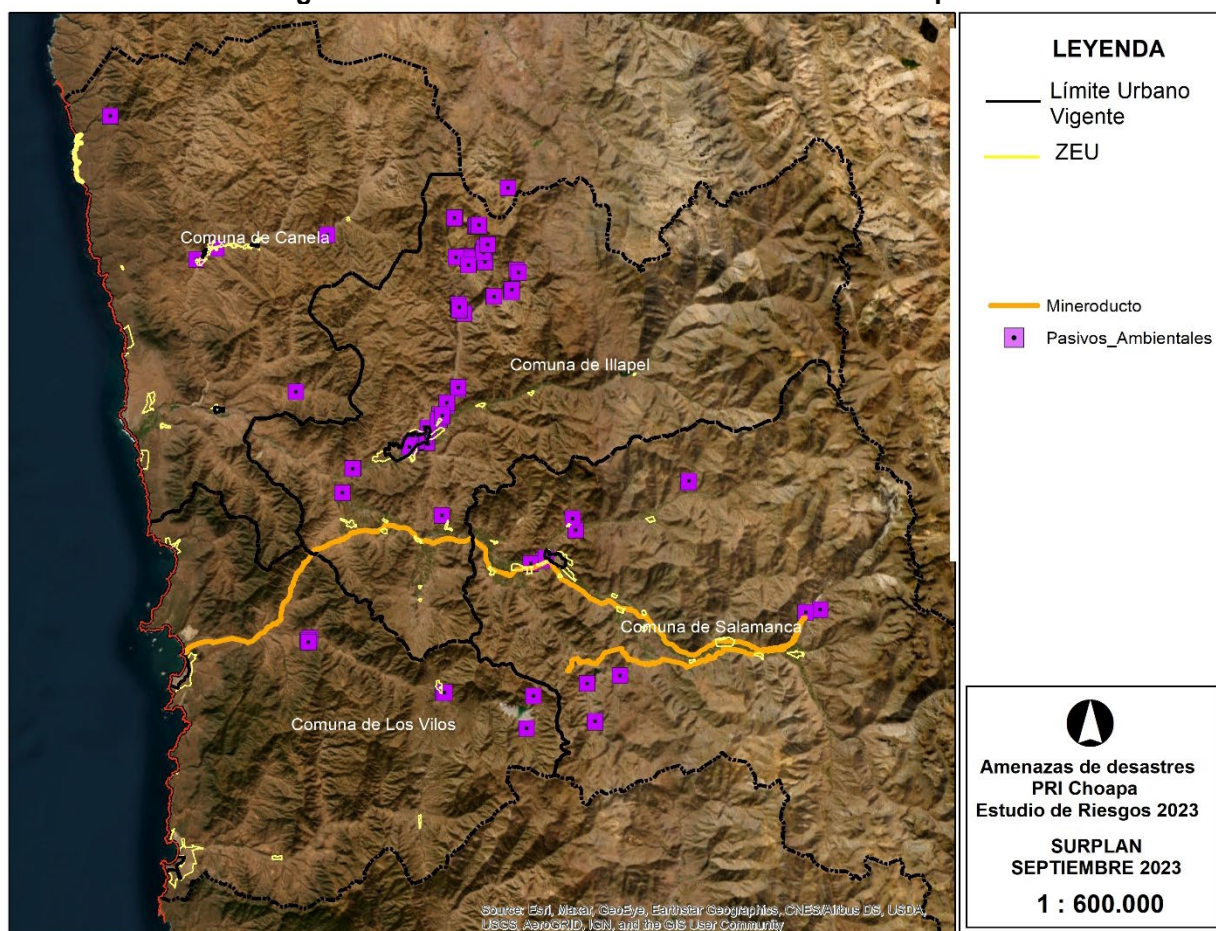
manifiestan signos evidentes de erosión lineal (regueras y cárcavas). La mayor probabilidad de flujos aluvionales está asociados a los cauces principales y secundarios de Quebradas afluentes al Río Choapa en las localidades de Cuncumén, Tranquilla, Coirón, Quelén Alto y Bajo.

La mayor actividad morfogenética para la comuna se localiza bajo el dominio de la alta montaña (sobre los 2500 a 3000 m.s.n.m). En estos dominios por un efecto de la pendiente y las condiciones climáticas, la dinámica de las vertientes (laderas) es considerablemente más activa por lo que las avalanchas de nieve, derrumbes, deslizamientos y flujos aluvionales tienen una mayor probabilidad de ocurrencia.

IV.- RIESGOS ANTROPICOS POR CERCANIA A OPERACIONES MINERAS

La provincia de Choapa posee una larga data de riesgos antrópicos vinculados a operaciones e instalaciones mineras, debido a que sus centros poblados de mayor jerarquía (Illapel, Salamanca, Los Vilos) surgen precisamente en torno a campamentos y faenas mineras. La existencia de tranques de relave al interior de los límites actuales, así como el transporte mismo de minerales desde las faenas que se emplazan fuera del límite urbano, constituyen constantes amenazas de tipo antrópico, las que serán detalladas a continuación.

Figura 10- Relaves mineros en la Provincia del Choapa.

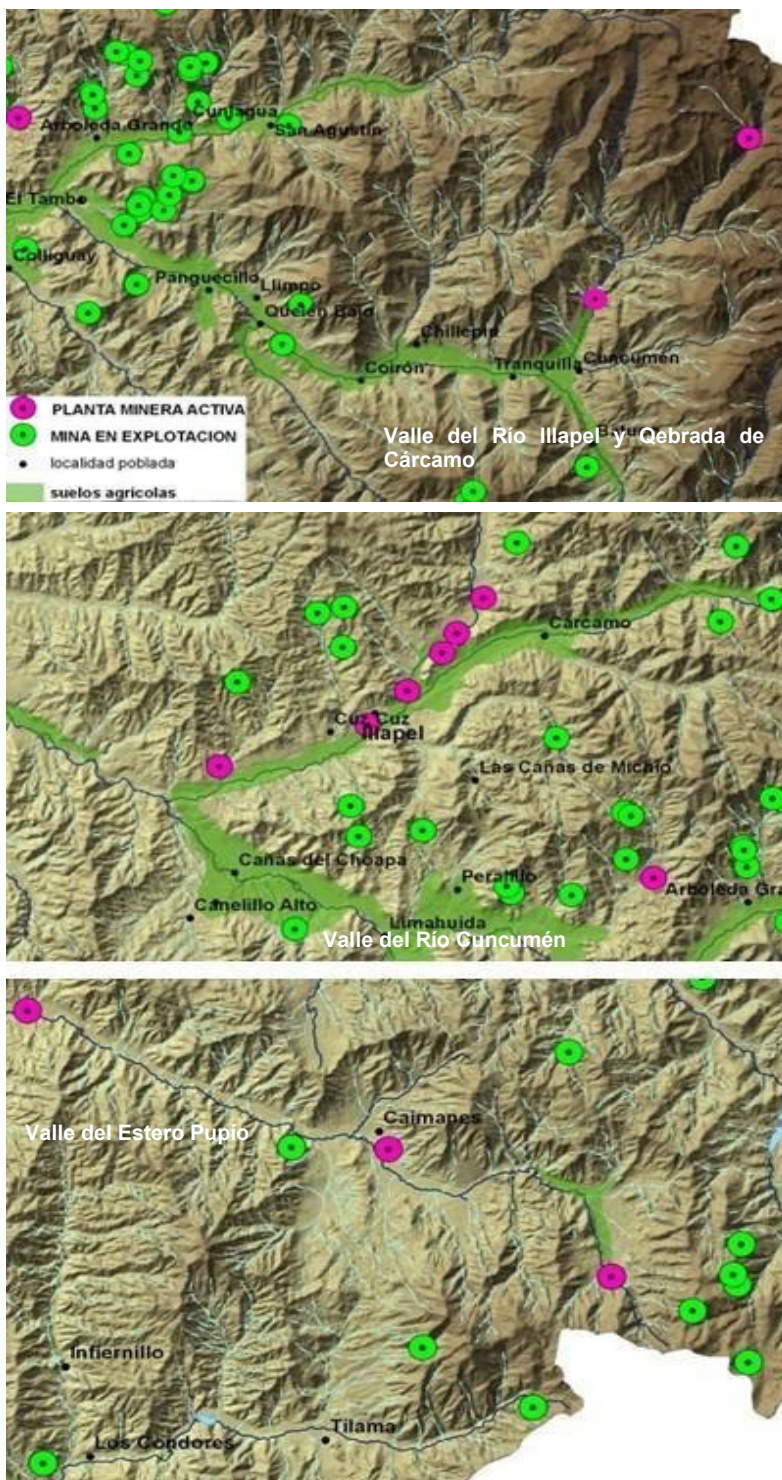


Fuente: elaboración propia a partir de información entregada por SERNAGEOMIN 2023.

Amenazas: La provincia del Choapa presenta algunas áreas de sensibilidad ambiental por calidad del agua, aire y suelos que resultan de la cercanía de centros poblados con actividad minera en operación. Se incluyen especialmente las áreas de:

Figura 11- Operaciones Mineras

- Valle del Río Cuncumén aguas debajo de las operaciones de MLP
- Valle del río Illapel en las cercanías de Illapel debido a las operaciones mineras en el valle del Estero Aucó y relaves mineros en los alrededores de Illapel.
- Valle del Estero Pupío aguas abajo del Tranque el Manque, especialmente la localidad de Caimanes.
- Valle de las Quebradas de Cárcamo, Manquehua y Quilmenco aguas debajo de las operaciones del Proyecto Tres Valles (Valle del Río Chalinga).



Fuente: SERNAGEOMIN, 2013.

Vulnerabilidad: Las áreas vulnerables por calidad del aire corresponde a la Localidad de Cuncumén en la parte alta del valle del Río Choapa, Illapel y Caimanes. Respecto a la componente aguas, el área de influencia es más amplia, abarcando las zonas agrícolas y pobladas aguas bajo de los puntos sensibles mineros debido al efecto de la escorrentía. Por ejemplo, los derrames de concentrado de cobre. Por ejemplo el año 2002 se generó vertimiento de concentrado de cobre a las aguas del Río Choapa a consecuencia de los efectos del rompimiento del Canal Buzeta, el año 2009 por rotura de válvulas se produjo un derrame de concentrado al Río Choapa con efecto sobre los canales Panguesillo 1, 2, El Higueral entre otros.

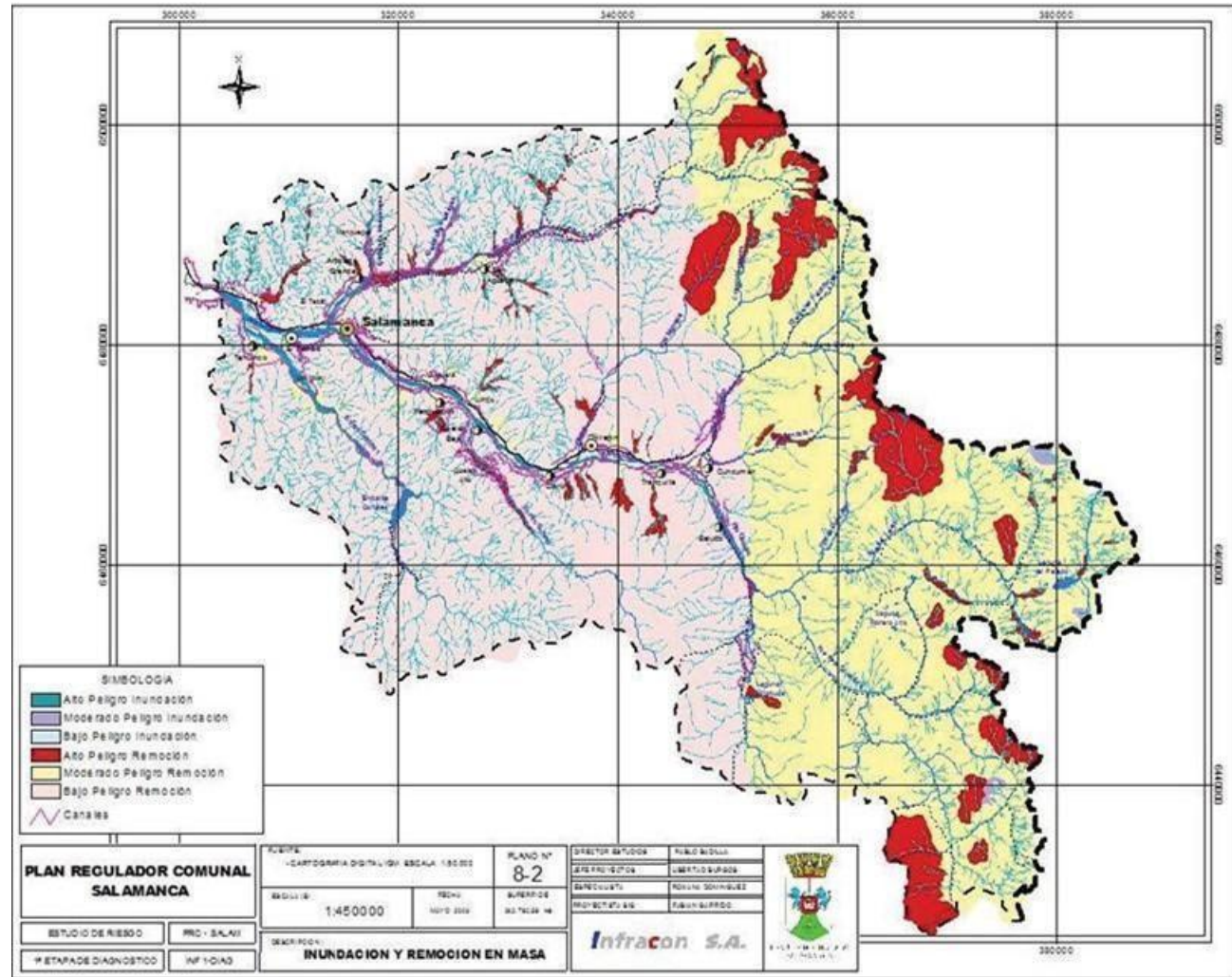
V.- AREAS DE RIESGO EN ESTUDIOS DE PRC

V.1 Salamanca⁹

El Informe N°1 contiene el análisis de las áreas de riesgo de la comuna y la imagen adjunta que identifica riesgos de escala intercomunal, sin embargo, esta información planimétrica, que pudiera haber sido de gran utilidad para este estudio, no fue entregada en respaldo SIG.

Este estudio define para Salamanca, Chillepín, Cuncumén, Tranquilla, Panguessillo, El Tambo, El Faro, Arboleda Grande, San Agustín y Tahuinco las siguientes Zonas de Restricción dentro de sus límites urbanos:

- ZR1 Restricción por Riesgo Alto Fluvial
- ZR2 Restricción por Riesgo Moderado Fluvial
- ZR3 Restricción por Riesgo Alto Remoción en Masa
- ZR4 Restricción por Infraestructura Urbana
- ZR5 Restricción por Inundación de Cauces

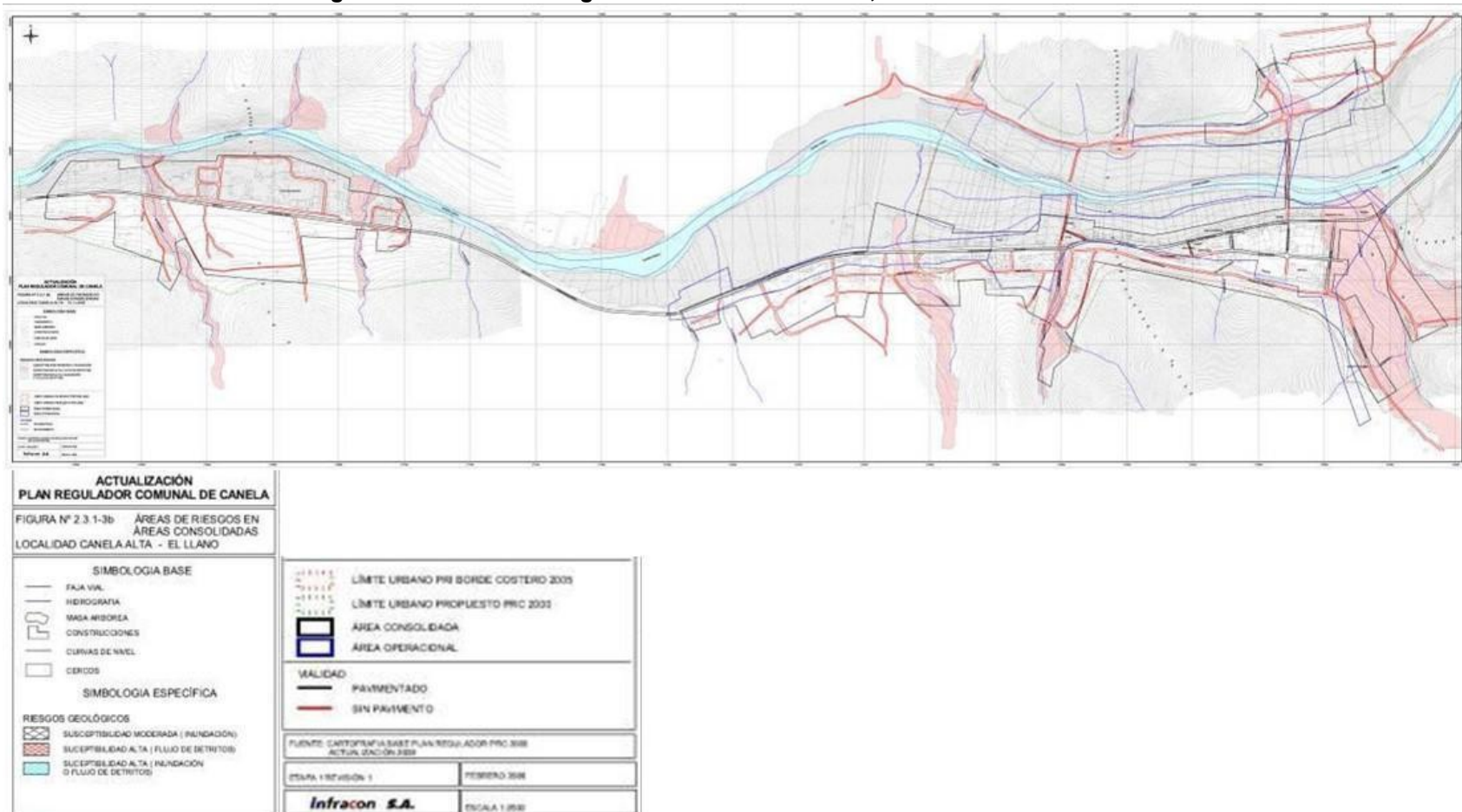


⁹ INFRACON S.A : ESTUDIO PLAN REGULADOR COMUNAL DE SALAMANCA , INFORME N°2 ,MEMORIA -Septiembre 2003 (Rev_1)

V.2 Canela ¹⁰

El estudio incorpora un detallado análisis de riesgo de las localidades que declara urbanas, aunque el SIG del estudio resulta complejo de utilizar por su disgregación y versiones múltiples; en los textos se acompañan las siguientes imágenes de propuestas de áreas restringidas:

Figura 12- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas, Localidad de Canela Alta



¹⁰ INFRACON S.A : ESTUDIO BÁSICO: “ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE CANELA”MEMORIA EXPLICATIVA JULIO 2010

Figura 13- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas, Localidad de Canela Baja

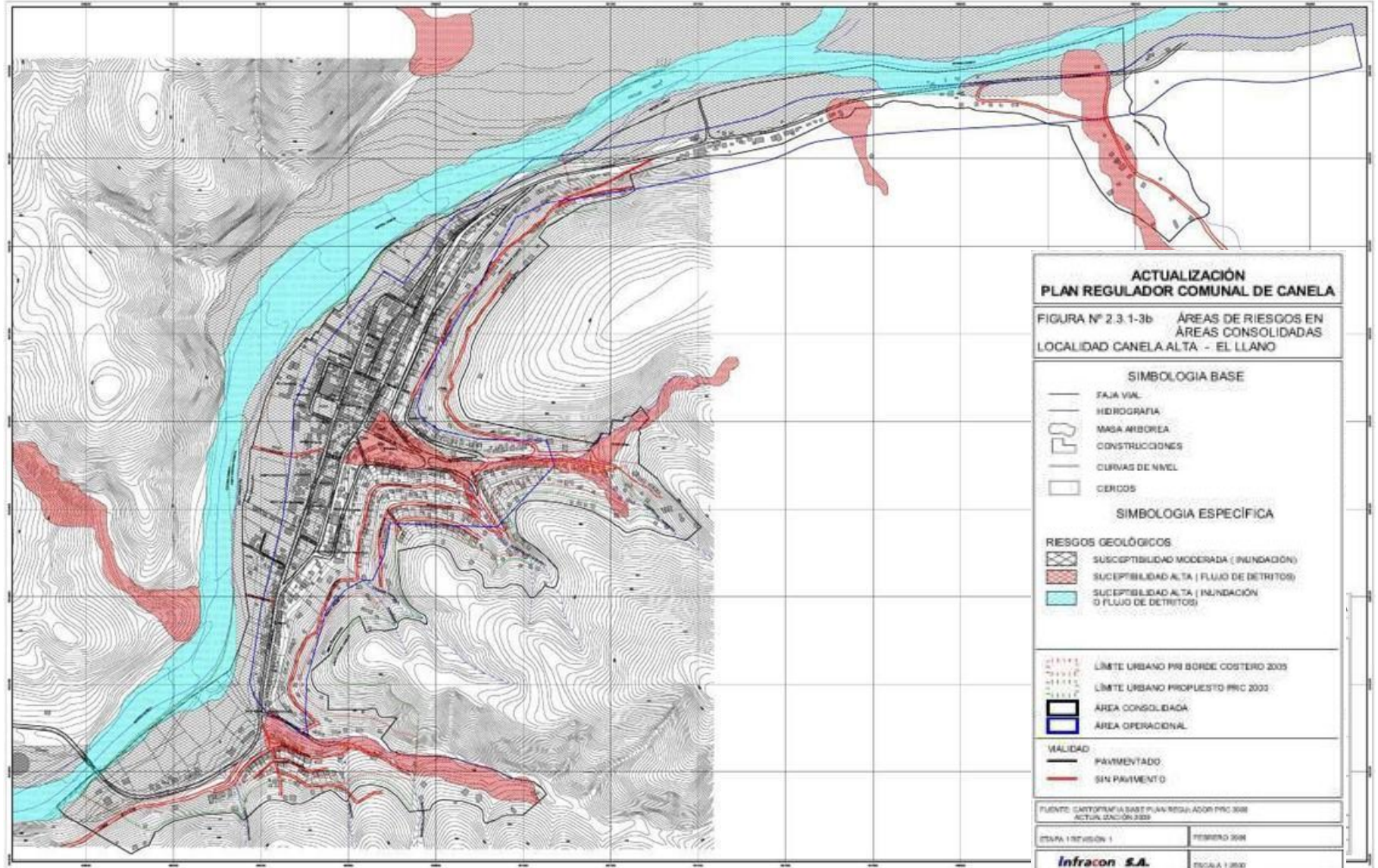
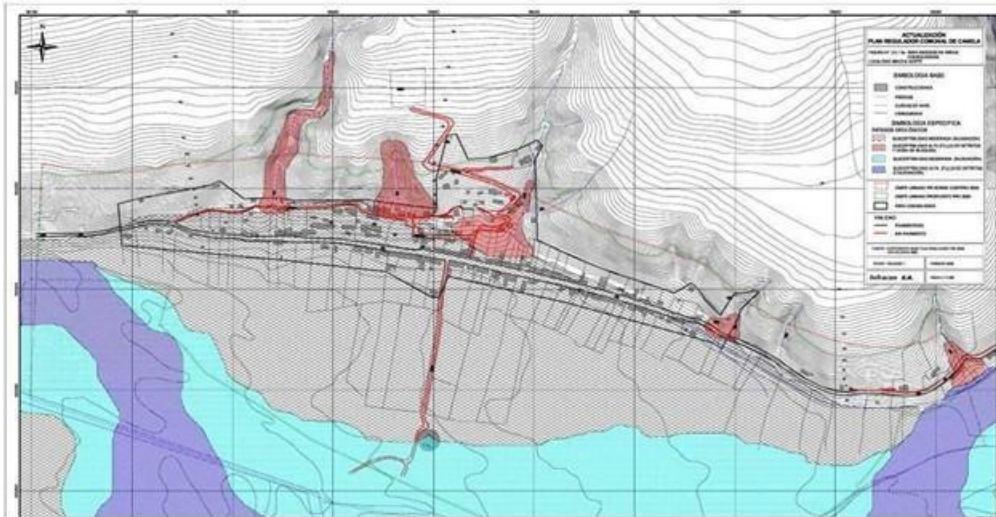
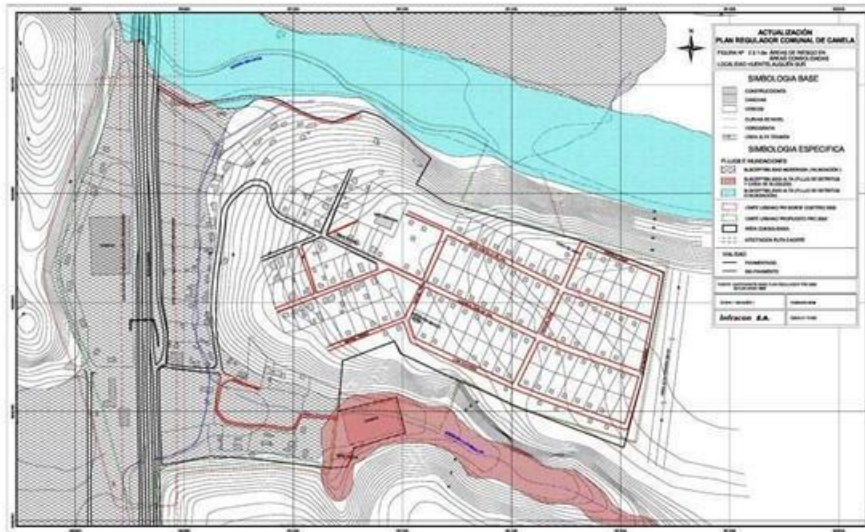
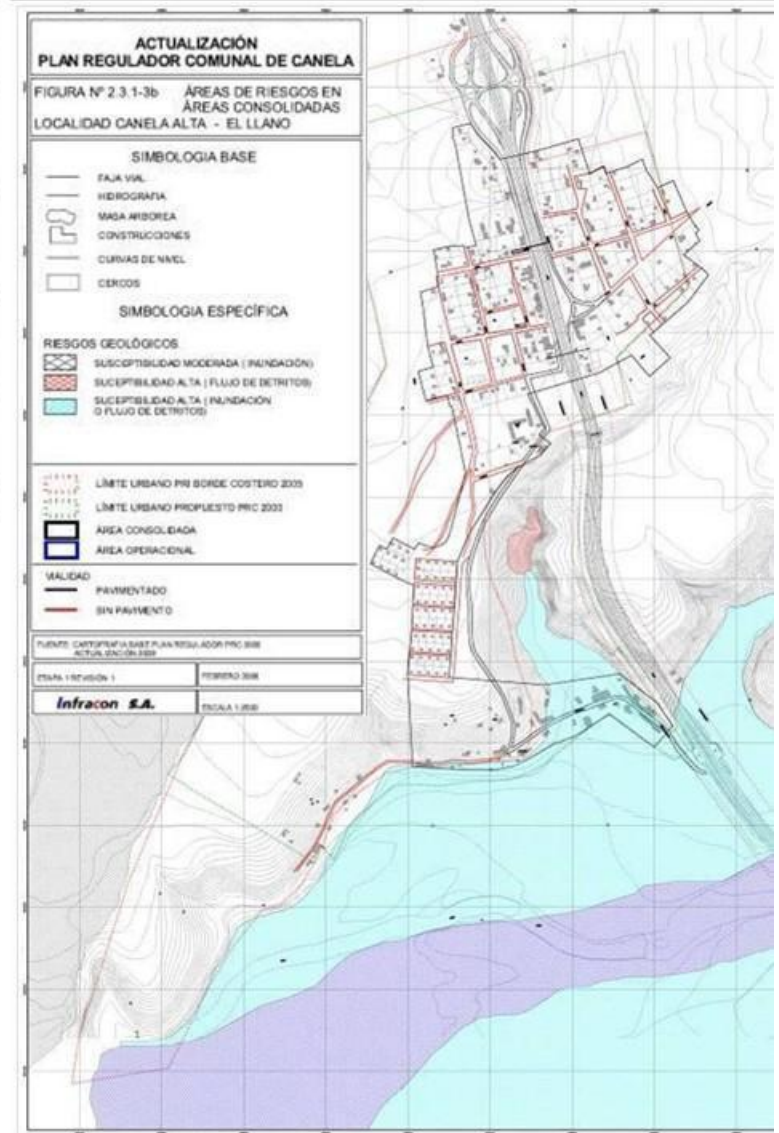


Figura 14- Áreas de Riesgo en Áreas Consolidadas

Localidad de Mincha Norte



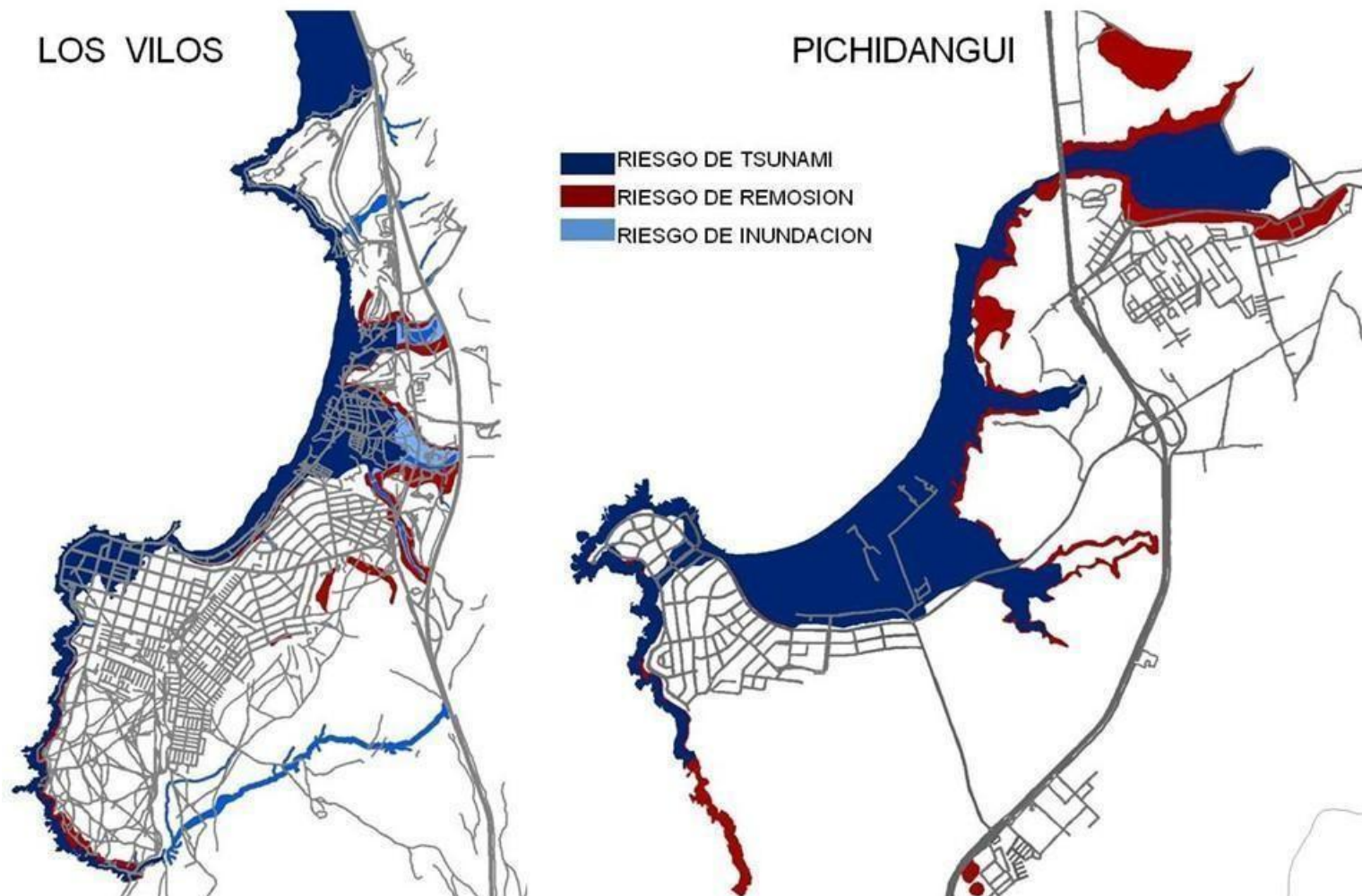
Localidad de Huentelauquén Norte



Localidad de Huentelauquén Sur

V.3 Los Vilos ¹¹

El estudio incorpora un detallado análisis de riesgo de las localidades que declara urbanas identificando las siguientes imágenes de áreas restringidas por riesgo natural:



¹¹ INFRACON S.A : ESTUDIO BÁSICO: ACTUALIZACIÓN Y APROBACIÓN LEGAL PLAN REGULADOR COMUNAL DE LOS VILOS, 2010

CAPITULO II DEFINICIÓN DE AMENAZAS

Para la definición de las áreas de restricción del presente PRI Choapa, de acuerdo a las disposiciones del artículo 2.1.17 de la OGUC y a aquellas zonas no edificables (artículo 2.1.18), se establecieron parámetros a evaluar con objeto de identificar aquellas *amenazas de desastres naturales y antrópicas* que se presentan o son susceptibles de presentarse en el territorio a planificar, a partir de peligros geológicos o de actividades antrópicas que pueden ocasionar daños a la población y sus recursos (naturales y urbanos). Siendo dichas amenazas homologadas al concepto de *riesgos* definidos en esta ordenanza, aun cuando la definición del *riesgo* considera factores de susceptibilidad, exposición y vulnerabilidad que en el presente informe no fueron abordados, considerando la escala y el fin para el cual el presente estudio fue elaborado, vale decir, como un insumo para la toma de decisiones a nivel de planificación territorial de escala interprovincial, siendo deber de la planificación comunal estimar la vulnerabilidad y exposición de la población ante las amenazas aquí identificadas a nivel interprovincial.

En relación a las amenazas identificadas y descritas detalladamente en el Capítulo I del presente informe, tanto a nivel de macro como microescala en cada una de las unidades territoriales que comprenden el territorio provincial, en el siguiente cuadro se resume la homologación de las Áreas de Riesgo definidas por la OGUC con las amenazas y peligros geológicos asociados a ellos.

Tabla 3- Cuadro Áreas de riesgo en relación a la amenaza y factores detonantes

ÁREAS DE RIESGO O.G.U.C		Amenaza	Factores Detonantes	Origen
Zonas inundables o potencialmente inundables	Maremotos o Tsunamis	Tsunami	Sismo	Geológico
	Proximidad a ríos, esteros, cauces o cursos de agua no canalizados	Inundación	Precipitaciones Intensas	Hidrometereológico
	Proximidad a napa freática o pantanos	Anegamiento		
Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.	Remoción en masa (deslizamiento y caída de bloques, coladas de barro; aluviones)	Sismo Precipitaciones intensas	Geológico Hidrometereológico	
Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas	Fallas geológicas	Sismo	Geológico	
Zonas o terrenos con riesgos generados por actividad o intervención humana	Suelos contaminados	Sismos Precipitaciones intensas Vientos y ráfagas	Antrópico	
	Pasivos Ambientales			
	Incendios Forestales			

Fuente: Elaboración propia

I.- METODOLOGÍA

La metodología empleada en la elaboración de los mapas de amenazas por desastres naturales y antrópicos, se divide en tres etapas: En la etapa de Diagnóstico se realizó una exhaustiva revisión de fuentes secundarias como tesis, registros administrativos además de la información pública extraída o facilitada por los diversos organismos públicos con competencia territorial, como fue el caso del peligro por tsunami, por volcanismo y de remoción en masa elaborado por los profesionales de SERNAGEOMIN, los que dan cuenta de los factores condicionantes presentes en el territorio afectos a generar peligro de desastre para la población. También se recopiló cartografía temática digital de la mayor cantidad de variables que se pudo obtener a nivel digital, con el fin de dar mayor precisión a la modelación de las eventuales amenazas.

Junto con la actualización cartográfica, se hizo una revisión exhaustiva de las modificaciones o actualizaciones de los PRC de las comunas que conforman la provincia de Choapa en cuanto a sus estudios ambientales y de riesgos, a objeto de homologar los criterios y parámetros considerados en la delimitación de los riesgos presentes en sus territorios, considerando las diferencias y alcances escalares de los mismos. De igual forma, se incorporaron riesgos antrópicos como el riesgo de incendio forestal, los pasivos ambientales traducidos en depósitos de relaves, faenas mineras cerradas o abandonadas, y suelos con potencial presencia de contaminantes, conforme a su estado o situación actual.

Una segunda etapa consistió en la elaboración de indicadores y variables a partir de la modelación digital del territorio que se restituyó a escala 1:10.000 para el área rural y escala 1:2.000 para el área urbana a planificar en la Provincia del Choapa. Para ello se empleó como base un modelo digital de elevación DEM, sobre el cual fue posible calcular la pendiente, la exposición solar, la gravedad, la cobertura vegetal, además de actualizar la morfología fluvial del territorio provincial.

Una tercera etapa consistió en la visita a terreno a todo el territorio que consideraba las zonas de extensión urbana ZEU, durante el mes de enero del presente año (2023), a modo de contrastar la modelación realizada en el programa *arcgis*, con la realidad actual del terreno, luego de eso se realizaron los ajustes metodológicos y cartográficos. Como parte de las visitas a terreno, se entrevistó a residentes antiguos de las áreas urbanas de las distintas cuencas que conforman la Provincia del Choapa, para consultar sobre eventos o registros extremos que hayan ocasionado alguna situación de alerta o, por defecto, de emergencia: damnificados, pérdidas materiales y de vidas durante eventos extremos de desastres que hayan ocurrido en el pasado. De manera complementaria, se realizó un análisis cualitativo en terreno, entre el registro de los eventos extremos que se suscitaron en la provincia en septiembre del 2015 y la zonificación de riesgo propuesta en el presente estudio, existiendo coincidencia espacial entre las amenazas proyectadas y las suscitadas. De manera que los ajustes realizados en el presente estudio responden a una precisión de escala, pero tomando como referencia los parámetros que se presentan a continuación para cada tipo de amenaza.

Se deja explícito que la metodología desarrollada fue analizada y categorizada en niveles de amenaza posibles a escala 1:2.000, tanto en los límites urbanos vigentes como en las ZEU propuestas, dado que el objeto del presente informe busca identificar y zonificar los espacios del territorio provincial a planificar en los cuales se presenta una o más amenazas latentes. Se deja en claro que aun cuando el análisis de susceptibilidad de las ZEU se realizó a escala 1:2.000 en las zonas urbanas, y 1:10.000 en el territorio rural, los mapas e imágenes adjuntas se proyectan a escalas adaptadas a su visualización cartográfica. Sin

embargo, en el SIG adjunto al presente informe es posible visualizar la escala de trabajo del análisis, independiente de su representación cartográfica impresa. Por consiguiente, cualquier observación o duda respecto del alcance de las amenazas aquí levantadas, debe ser consultada en el SIG de riesgos, tomando como referencia las escalas antes descritas.

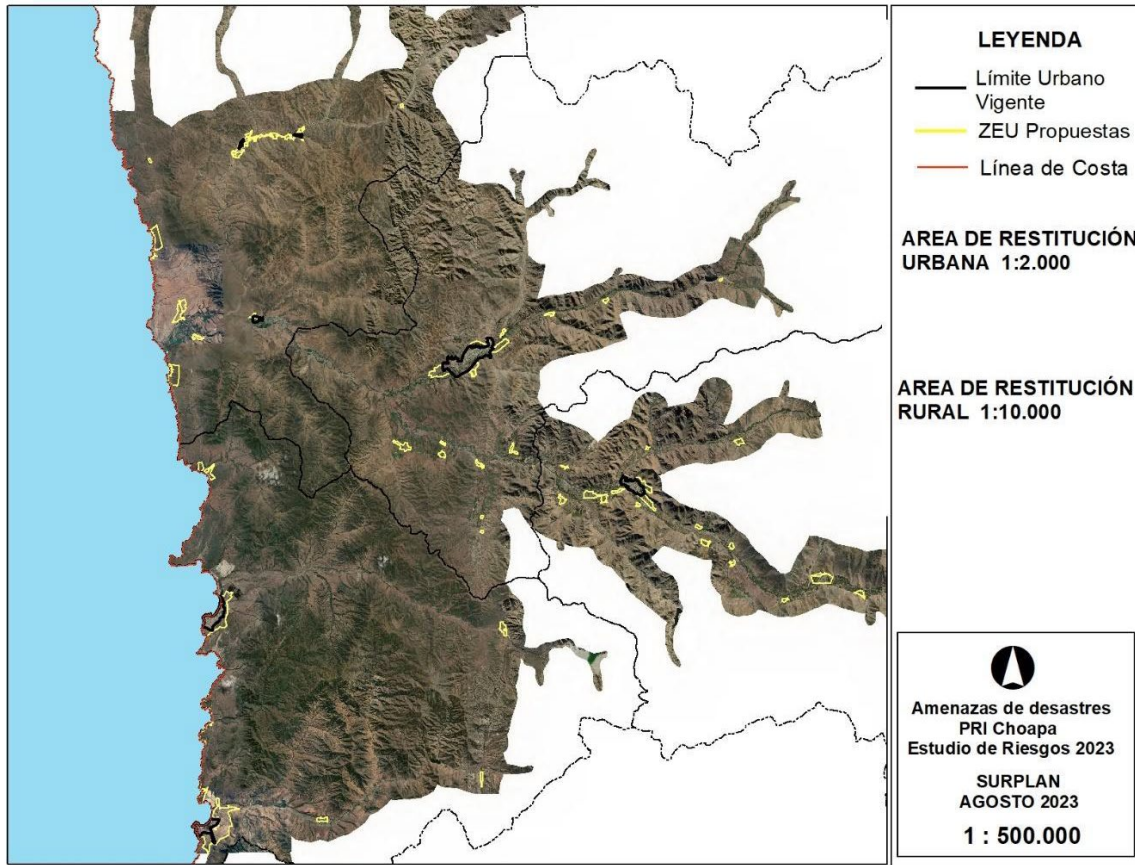
Una vez determinadas las amenazas en los territorios a planificar con foco en las ZEU de cada comuna de la Provincia del Choapa y, dado que tanto a nivel urbano como a nivel comunal se identificaron una o más amenazas presentes, la existencia y superposición de las mismas condujo a establecer criterios a aplicar para la determinación de las zonas de restricción, a partir de las cuales se elaboró la siguiente tabla de criterios (ver Tabla 4), aplicable a cualquiera de las zonificaciones definidas en el presente estudio a escala provincial. Para aquellas zonas con presencia de amenazas con puntajes sobre 5 puntos, se debe restringir cualquier tipo de edificación o construcción, ya que esto se traduce en la superposición de 2 o más amenazas de nivel medio y alto. Mientras que superposiciones que arrojen 4 puntos considerarán la factibilidad de construcción, siempre y cuando se ejecute alguna mitigación a la amenaza presente del nivel más alto.

Tabla 4 Criterios para las zonas de restricción en base al número y niveles de amenazas presentes

AMENAZA / NIVEL	Alto	Medio	Bajo
Flujo Detritos	3	2	1
Remoción Masa	3	2	1
Inundación	3	2	1
Tsunami	3	2	1

Fuente: elaboración propia, 2023.

Figura 15- Área de restitución provincial Estudio de Riesgos PRI Choapa 2023



Fuente: Elaboración propia en base a restitución cartográfica 2021.

El área de planificación no se ve expuesta por la amenaza de actividad volcánica, por tanto, no se ahondará en su análisis. Sin embargo, las manifestaciones de sismos asociados a peligros geológicos, como la presencia de fallas o el deslizamiento de las placas en la zona de subducción, desencadenan otro tipo de amenazas en el territorio, tales como tsunamis, caída de rocas o bloques de tipo remoción en masa, sobre todo en las principales zonas pobladas de la provincia (Los Vilos, Illapel, Salamanca) y sus alrededores, por lo que la información geológica de base es fundamental para comprender el resto de los peligros con ocurrencia recurrente en la provincia.

Tabla 5- Parámetros para Riesgos geológicos estructurales o Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.

Parámetro	Descripción
Localización	La localización o epicentro de los sismos o erupciones respecto a la superficie y distancia del territorio a analizar.
Ocurrencia	La ocurrencia histórica de los sismos y/o erupciones volcánicas determinará sus niveles de riesgo, ya que una mayor ocurrencia implicará un mayor riesgo de su población a sufrir los impactos de estas amenazas, dependiendo igualmente de su intensidad.
Magnitud	La magnitud de estos eventos influirá directamente en el radio o área que resultará afectada. A mayor magnitud, mayor será el área impactada, siendo también mayores los daños y vidas afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la información entregada por la Carta geológica de la Hoja Illapel de escala 1:250.000, las actividades antrópicas de tipo productivas como residenciales se desarrollan

sobre unidades de ambiente sedimentario continental, plutónico y volcánico sedimentario, cuya geología está compuesta principalmente por sedimentos continentales de abanicos aluviales, fluviales, coluviales y pedimentos, conformados por una litología de tipo conglomerados, brechas, gravas, areniscas y sedimentos poco consolidados. El ambiente sedimentario predomina a lo largo de casi todos los valles fluviales que atraviesan la provincia, así como en gran parte del borde costero donde se localizan mayormente los asentamientos poblados. Mientras que, en los cordones transversales y cordillera de la costa, la unidad predominante es la de ambiente plutónico, compuesto principalmente por rocas intrusivas como granitos, doritas, granodioritas y tonalitas. Hacia la zona de la cordillera andina, la unidad predominante es el ambiente volcánico sedimentario, en donde encontramos andesitas, tobas, basaltos, domos, lavas submarinas y calizas, entre otras. En todas estas unidades se desarrollan condiciones altamente favorables para la mineralización de elementos como el cobre, el oro, el hierro, la plata, el manganeso, entre otros metales industrializados; de ahí que la actividad minera en la provincia sea su principal vocación productiva. En relación a otro peligro geológico con latencia en el territorio, existe presencia de fallas geológicas de orientación norte-sur, como la Falla Manquehua, que atraviesan la zona interior comprendida entre los Ríos Illapel y Choapa. Estudios geológicos han determinado que en esta zona se observa una brecha de falla con salbanda, lo que evidencia un metamorfismo dinámico que causó el fallamiento y diaclasamiento de las rocas.

Por otra parte, en el área a planificar se han registrado dos sismos de alta intensidad. El primero ocurrió el 6 de abril de 1943, con epicentro frente a la desembocadura del río Limarí, a una profundidad de 55 kms y alcanzó una magnitud de 7.8 w. El tamaño de la ruptura en este evento fue de 200 kms aproximadamente (Bekc et al, 1998), siendo similar en ubicación y longitud, que el terremoto de Illapel del 16 de septiembre del 2015, el que alcanzó una magnitud de 8.3 w, cuyo hipocentro tuvo una profundidad de 23 kms, y ocurrió en la parte superficial del contacto de placas con una ruptura Sur-Norte (Ruiz et al., 2016). Este sismo generó un posterior tsunami en las costas de la región. Entre ambos eventos (terremoto y tsunami) se registraron 13 víctimas fatales. En octubre de 1997, tuvo lugar otro evento de similares características, esta vez con epicentro en Punitaqui, alcanzando una magnitud de 7.1 w¹². Los datos anteriores nos revelan que en la provincia de Choapa la sismicidad de alta intensidad no sólo es frecuente en escala geológica, sino que va de la mano con efectos de tipo tsunami, doblendo el riesgo o amenaza por desastres naturales desde la zona interior hacia el borde costero. Y que, intensidades como las registradas a nivel de sismo, pueden ser un factor desencadenante de otro tipo de peligros geológicos, tales como las remociones en masa.

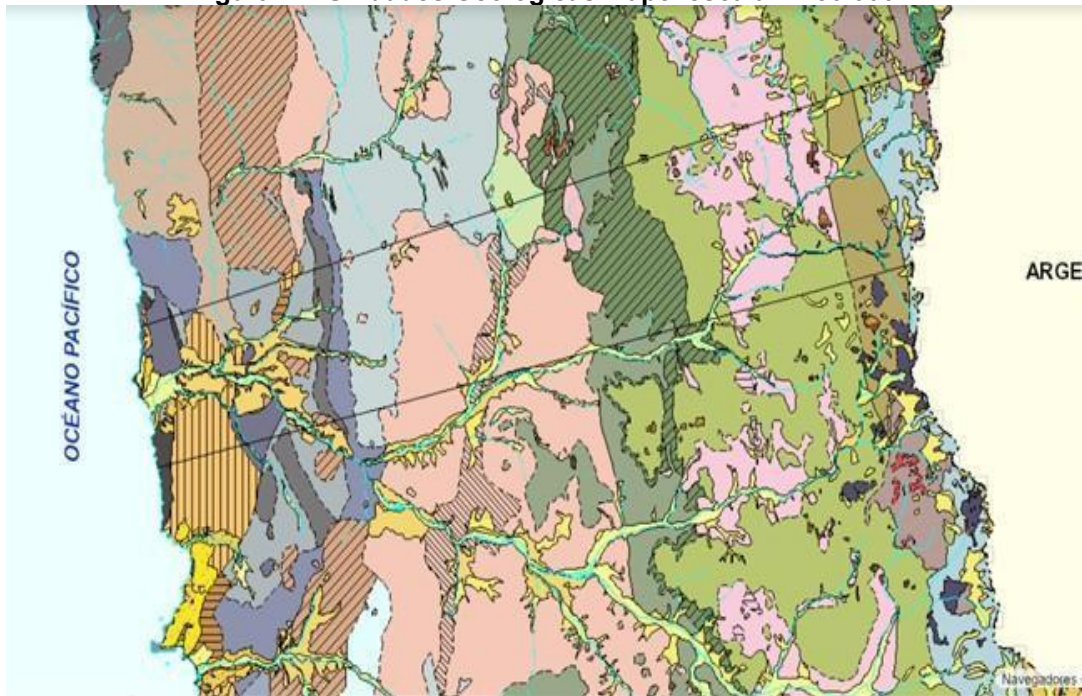
¹² Fernández, Pastén, Ruiz y Leyton (2017). Estudio de efectos de sitio en la Región de Coquimbo durante el terremoto de Illapel Mw 8.3 de 2015. Obras y Proyectos 21, 20-28

Figura 16- Fallas Geológicas de la Provincia de Choapa escala 1:250.000



Fuente: Portal Geominbeta, SERNAGEOMIN 2023.

Figura 17- Unidades Geológicas Illapel escala 1:250.000



Fuente: Portal Geominbeta, SERNAGEOMIN 2023.

Tabla 6- Parámetros para la amenaza de Remoción en Masa por caída de bloques o deslizamientos de terreno.

Parámetro	Descripción	Escala de Amenaza
Pendiente	Grado de pendiente de una ladera: 17%-33% 34%-50% 61%-100%	Baja Media Alta
Laderas	Exposición de laderas: Sur, sureste y suroeste Noreste y Noroeste Norte	Baja Media Alta
Cobertura Vegetacional	Densidad de la cobertura vegetal: Densa Semidensa Abierta, muy abierta o sin vegetación	Baja Media Alta

Fuente: Elaboración propia.

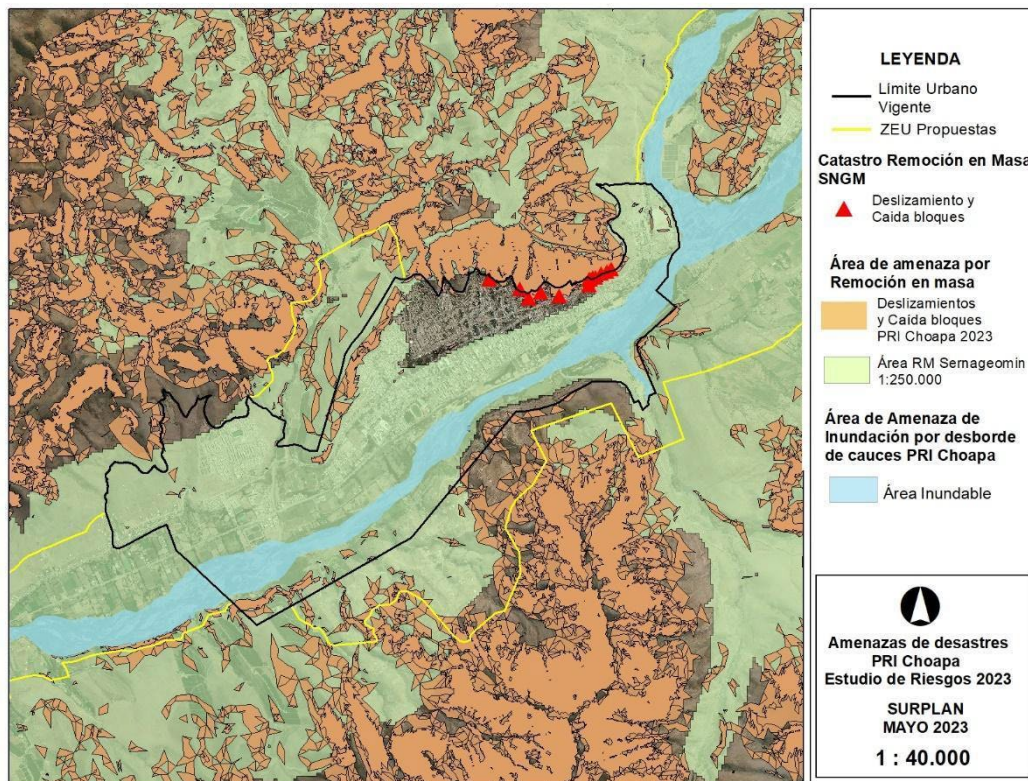
En relación a la amenaza de remoción en masa, los parámetros geomorfológicos considerados (Tabla 4), determinados a partir de la restitución cartográfica, establecieron niveles de amenaza en base al cruce de los mismos. Cabe manifestar que, de acuerdo a la OGUC, la remoción en masa considera tanto los deslizamientos y caídas de bloques en laderas originadas por eventos de tipo seco, es decir, detonados por sismos o gravedad, así como el peligro asociado a los flujos de detritos de tipo húmedo, es decir, detonados por precipitaciones intensas que generan aluviones o flujos en los fondos de quebradas. Paralelamente, se consideró como base el Mapa de Peligro de Remoción en Masa para la región de Coquimbo elaborado por SERNAGEOMIN a escala 1:250.000 del año 2021, el cual diferencia sus áreas homogéneas por tipo de remoción, que en este caso son, por una parte, la Susceptibilidad al peligro de Deslizamientos, caída de bloques y volcamientos clasificados en niveles Alto, Medio y Bajo; mientras que el peligro de Flujos de detritos es homologado a lo que comúnmente se conoce como Aluviones o flujos rápidos con un alto contenido de agua y sedimentos de variado tamaño, los que tienden a originarse en quebradas y afluentes.

De igual forma, la zonificación de SERNAGEOMIN distingue el peligro de áreas potencialmente inundables delimitadas por depósitos fluviales recientes o actuales, llanuras de inundación, crecidas de ríos y esteros mayores derivados del proceso de transporte de agua (SERNAGEOMIN, 2021). Dichas zonificaciones consideran parámetros de geomorfología, geología y clima que complementan los parámetros considerados por el presente estudio, los cuales no fue posible obtener a la escala de trabajo del presente estudio 1:50.000, que es en la que se trabajaron las variables de este y el resto de estudios que conforman el presente instrumento¹³.

¹³ La Guía para la elaboración de mapas de susceptibilidad de remociones en masa a escala regional hace el alcance de las limitaciones a partir de la disponibilidad de información temática a las escalas apropiadas para

Sin embargo, la modelación realizada en el presente estudio logra calzar en superposición a las capas del Catastro de Remociones en Masa y al de Amenaza de remoción en masa elaborado por SERNAGEOMIN a escala 1:250.000; aportando el detalle propio de una escala menor como ocurre con la identificación de aquellas quebradas y microcuencas en donde se originan los eventos de flujos de detritos, y no sólo donde se manifiestan. En la Figura 18 adjunta muestra que al superponer los puntos del Catastro de Remociones en Masa (color rojo) levantado por el SERNAGEOMIN con las capas de remoción de ambos estudios en el área urbana de Illapel, éstos son abarcados en un 98% por la capa modelada en el presente PRI Choapa, mientras que algunos de estos eventos quedan fuera de las áreas de peligro delimitadas por SERNAGEOMIN, y lo mismo sucede para el resto del territorio de planificación. De manera que, aun cuando las fuentes de información y metodologías de ambos estudios son distintas, la escala del presente estudio (1:50.000) logra abarcar con más detalle el territorio afecto a la amenaza de remoción en masa, aun cuando carece del componente cuantitativo para determinar la zona de alcance por tipo de evento con exactitud a escala urbana, la cual no es competencia del presente estudio, sino que debe ser analizada por los respectivos PRC que conforman la provincia.

Figura 18- Traslape Peligro y Amenaza de Remoción en Masa estudios PRI Choapa 2023 y SERNAGEOMIN 2021.



Fuente: elaboración propia, 2023.

un análisis adecuado: “Dado el mayor volumen de recursos que se requiere para efectuar una zonificación del peligro de remociones en masa a escala regional, ésta sólo será posible si el objetivo del estudio lo amerita, y existen además antecedentes suficientes y válidos para ello. La misma restricción rige para realizar una evaluación de susceptibilidad a nivel intermedio” (SERNAGEOMIN, 2017:37).

Tabla 7- Parámetros para la amenaza de Flujos aluvionales o Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.

Variable	Característica de la variable		Escala de Amenaza
Vegetación	Densidad de la cubierta vegetal	Densa	Baja
		Semidensa	Media
		Abierta, Muy abierta y sin vegetación	Alta
Erosión	Nivel de erosión actual	Ligera	Baja
		Moderada	Media
		Severa y muy severa	Alta
Pendiente	Grado de Pendiente	15° - 30°	Baja
		31° - 45°	Media
		46° - 90°	Alta

Fuente: Elaboración propia

Tal como se mencionó anteriormente, la OGUC incluye este tipo de amenaza en la zonificación por riesgo de remoción en masa. Sin embargo, los flujos de detritos geológicamente corresponden a remociones de tipo húmedo, es decir, flujos rápidos con un alto contenido de agua y sedimentos de variado tamaño, los que tienden a originarse en los fondos de quebradas permanentes e intermitentes que suelen contener material detrítico suelto, y que, al entrar en contacto con grandes flujos de agua provenientes de precipitaciones extremas, generan lo que comúnmente se conoce como aluviones o flujos aluvionales. Dichos flujos, si bien se originan en las quebradas de laderas de pendientes fuertes y escarpadas, usualmente se manifiestan en los conos aluviales, taludes o exutorios de las quebradas en su confluencia con los cursos de agua de mayor volumen (ríos y esteros) que cruzan el valle, aumentando el caudal de los mismos y modificando la morfología del cauce al generar nuevas zonas de depositación y de erosión, debido a la fuerza que alcanza el caudal por la velocidad de la masa de agua o barro (flujos rápidos) que contiene.

Con todo lo anterior, la identificación y modelación espacial de esta amenaza se realizó en base al cruce de las variables señaladas en la tabla 7, estableciendo un buffer de 20 mts para ambos lados en aquellas quebradas identificadas con amenaza alta o media, vale decir, quebradas con pendiente escarpada o abrupta, erosión severa y sin cubierta vegetal o cubierta abierta, las que además intersectan con áreas de remoción en masa de nivel alto o medio en sus cabeceras o afluentes.

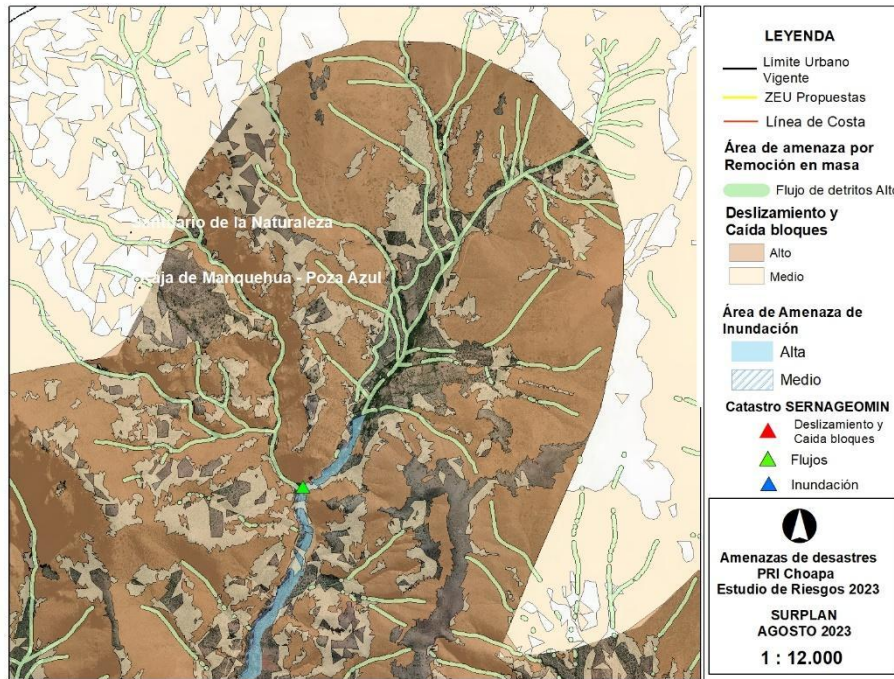
Tabla 8- Parámetros para la selección de quebradas con amenaza por flujo de detritos.

Unidad espacial	Criterio variable	Parámetros de selección	Nivel amenaza
Quebrada permanente e intermitente	Inclinación y grado de erosión de la quebrada desde su cabecera hasta su exutorio	Pendiente baja a media - Erosión Ligera- Vegetación densa o semidensa	Baja
		Pendiente media o abrupta- Erosión moderada- Sin vegetación o muy abierta- Intercepta RM media en su trayecto (Buffer 20 mts)	Media
		Pendiente abrupta - Erosión Severa- Sin vegetación- Intercepta RM Alta en su trayecto (Buffer de 20 mts)	Alta

Fuente: Elaboración propia

La figura 19 a continuación, muestra la gran cantidad de quebradas cuya cabecera se origina en la zona de altas cumbres con presencia nival estacionaria, lo que deriva en la formación de afluentes de régimen nivo-pluvial con presencia de material detrítico, con el peligro inminente de que ante eventos de lluvias o precipitaciones de alta intensidad, dichas quebradas arrastren ese material detrítico suelto hasta su exutorio en el valle de Manquehua, provocando flujos aluvionales que desembocarán río abajo.

Figura 19- Quebradas con Flujo alto de detritos en la zona de Manquehua.



Fuente: elaboración propia, 2023.

Tabla 9- Parámetros para la amenaza de Inundación por desborde de cauces o Zonas inundables por proximidad a lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.

Parámetros	Descripción	Nivel de amenaza
Morfología Fluvial	Patrones de drenaje del cauce definido en base a curvas de nivel y pendientes. Una baja diferencia de altura del cauce o lecho del río (T_0) respecto de la T_1 posee mayor nivel de amenaza de inundación respecto a un cauce encajonado o con diferencia considerable entre la T_0 y la T_1 ; mientras que a mayor pendiente del cauce, mayor es la velocidad del caudal y por tanto capacidad de carga (erosión y depositación de material).	Alto (Inundable)
Zonas de restricción	Cauce principal del río o cuerpo de agua y su lecho inmediatamente inundable.	Alto
Niveles de Inundación	Lecho inundable del río definido por la vegetación ribereña en falso color.	Medio

Fuente: elaboración propia.

Para la zonificación de la amenaza de inundación por desborde de cauces, el presente estudio delimitó el lecho inundable a partir de la restitución 2021 en base a la metodología de falso color, en la cual tanto la zona de flujo o cauce permanente se define por un color que a su vez es delimitado por la vegetación ribereña, la cual fue analizada y redibujada a escala 1:2.000 para los principales cursos de agua permanentes de la provincia, bajo el criterio de que la totalidad de la T_0 es inundable, independiente del caudal que presente el río o estero, ya que en condiciones de precipitaciones extremas, el río ocupa el lecho en toda su extensión, inclusive aquellos brazos que han sido intervenidos con la intención de desviar el flujo del agua hacia los cultivos que existen sobre el lecho inundable, los cuales como pudo corroborarse en terreno, intervienen los anastomosados para crear una suerte de canales, y aprovechar el agua del caudal para regadío.

De igual forma, se extendió el lecho inundable en aquellos sectores o áreas de la caja del río donde la diferencia de altura entre la T_0 y la T_1 es mínima (menor a un metro) como ocurre en el caso de Chillepín, Limáhuida y El Tambo, localidades que han registrado eventos de inundación por desborde del río, las que serán detalladas en el apartado siguiente. Cabe mencionar que en el presente estudio no se realizaron modelaciones de inundación de acuerdo a cálculos de los períodos de retorno, ya que la metodología empleada se hizo a partir de variables con representación espacial a objeto de identificar las zonas potenciales de afectación a lo largo de toda la extensión de los cursos de agua que conforman las subcuencas de la provincia.

El área potencialmente inundable definida por SERNAGEOMIN corresponde a las áreas delimitadas por depósitos fluviales recientes o actuales, llanuras de inundación, cursos de esteros y esteros mayores, dado que presentan una alta posibilidad de encauzar o ser alcanzados por flujos de detritos, crecidas de detritos, crecidas de barro y otros procesos asociados al transporte de agua (Alfaro et al, 2018). En estas zonas se pueden desarrollar inundaciones con aportes aluviales de la alta cordillera y por acumulación de flujos provenientes de quebradas tributarias. La contribución continua de agua supondría un alto peligro de flujos y crecida de detritos, así como desborde de los cauces. En otras palabras, el área potencialmente inundable de SERNAGEOMIN es definida como un tipo de flujo húmedo, y por tanto, esta amenaza se superpone parcialmente con la amenaza de remoción por flujo de detritos.

Tabla 10- Parámetros para la amenaza de Inundación por tsunami o Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis.

Parámetro	Descripción	Nivel de amenaza
Grado de Tsunami	El grado del Tsunami, asociado a su vez al grado del sismo generador del tsunami, es determinante tanto en la altura de la ola, así como en la cota máxima de inundación y los daños que la misma produce en el borde costero.	Tomado del cuadro del Observatorio de Ciudades de la PUC 2011 (anexo 1).
Cota máxima de inundación (curva de nivel sobre el nivel del mar)	La cota máxima de inundación definida por modelaciones tsunamigénicas en base al peor escenario posible, determina la altura o cota hasta donde se adentraría el agua de mar a partir de tres trenes de onda, definidas a su vez por el grado del tsunami ¹⁴ .	Amenaza Alta tomada del Estudio de Riesgos del PRC Los Vilos (2019). Los Vilos = 10 a 12 msnm Pichidangui = 8 a 12 msnm

¹⁴ Si bien la ONEMI definió la cota 30 msnm como una distancia a zona segura a partir del maremoto del 2010, bajo el criterio de que esta sería la distancia máxima de afectación de un tsunami; las

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE
CHOAPA

Parámetro	Descripción	Nivel de amenaza
		Amenaza Media o Precautoria 6-10 msnm
Morfología costera	La morfología costera es determinante en la definición de la cota o área a restringir, ya que en bordes costeros acantilados, la altura del mismo minimiza la entrada y posterior impacto de la ola; mientras que en playas, bahías o sectores de bajas pendientes, el área afectada por la fuerza del agua será mayor.	Sectores de acantilado= Nivel Bajo a Medio según altura de la ola. Sectores de Playas, bahías o desembocaduras de cursos de agua = Nivel Alto. Sectores contiguos a los definidos por la cota máxima de peligro = Nivel Medio.

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la amenaza de inundación por tsunami, es preciso señalar que para el presente estudio no se realizaron nuevas modelaciones tsunamigénicas, sino más bien se consideró el Estudio de Riesgos y Protección Ambiental a escala urbana desarrollado por el PRC de la comuna de Los Vilos, las áreas afectadas por el Tsunami del 2015 registradas por SERNAGEOMIN para las localidades de Los Vilos y Puerto Oscuro (comuna de Canela), y la Carta de Inundación por Tsunami de la CITSU para Los Vilos, en base al evento de 1906.

Dentro de las localidades que conforman la unidad del borde costero Pichidangui-Los Vilos, la mayor amenaza la constituye el riesgo de inundación por Tsunami. El Estudio Fundado de Riesgos PRC de Los Vilos elaborado el año 2019 a escala urbana 1:5.000 reconoce dos niveles de susceptibilidad clasificados en alta y muy alta bajo la cota 10-9 msnm en Los Vilos, y bajo la cota 11-10 msnm en Pichidangui. El criterio para la definición de la cota en ambos casos consideró el runup o cota de inundación máxima registrada en la modelación tsunamigénica del evento de 1730, 1922 y un modelo predictivo hipotético a escala de 1:5.000.

Las limitaciones propias del estudio en cuanto a la información topobatimétrica en formato de shape digital, y a que no se cuenta con la línea de costa oficial (competencia del SHOA), resultaron en que no fue posible proyectar los niveles de susceptibilidad superiores a los de la cota 10 msnm, ya que, al carecer de la línea de costa, cualquier proyección e interpolación que se haga, omite la morfología costera, desvirtuando la realidad del terreno. Es por esto que se respetarán los criterios y modelaciones tsunamigénicas abordados en el estudio de Los Vilos 2019 desarrollado a escala comunal, ya que coincide con las zonas de afectación registradas en eventos recientes, por lo que el límite del área de inundación por tsunami se homologará hasta la cota máxima de 10 msnm para el resto del territorio provincial, toda vez que la morfología del borde costero provincial, posee el mismo patrón longitudinal con presencia de acantilados costeros, humedales y estuarios en las desembocaduras de los principales ríos y esteros de la provincia, seguidos de playas y campos dunares desde la línea de costa hacia el interior, con diferencia de alturas entre uno y otro elemento paisajístico.

modelaciones realizadas para las bahías de Los Vilos y Pichidangui a escala 1:5.000 determinaron que la cota máxima de inundación en el peor escenario no sobrepasaría los 11 msnm.

Figura 20 Área afectada por el tsunami del 2015 sobre la costa de Los Vilos.



Fuente: SERNAGEOMIN, 2015.

Figura 21- Área afectada por el tsunami del 2015 sobre la costa de caleta Puerto Oscuro, Canela.

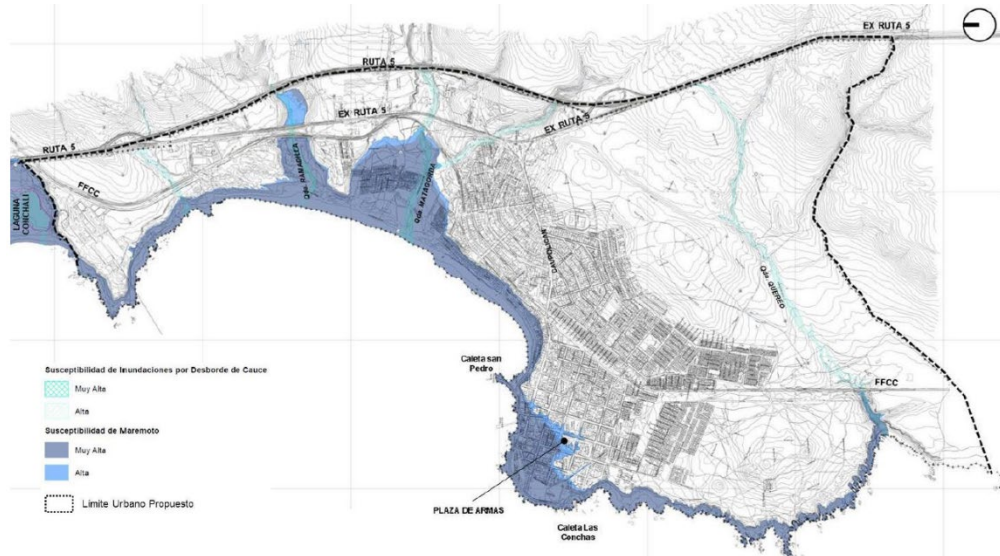


Fuente: SERNAGEOMIN, 2015.

Estos antecedentes (área afectada por el Tsunami del 2015 en terreno), más la definición de la cota por modelación (Estudio de Riesgos y Protección Ambiental Los Vilos, 2019), dan cuenta que existe una amenaza latente en aquellos sectores de playas, bahías o desembocaduras de cursos de agua que van desde la cota 8 y 12 msnm (Susceptibilidad alta y muy alta), con una amenaza media o precautoria entre los 6 y 10 msnm dependiendo

de la morfología y batimetría costera, ya que salvo en los casos mencionados, dichas cotas se encuentran sobre acantilados costeros, que impiden la entrada de la ola tierra adentro, a diferencia de las zonas de desembocaduras, playas, humedales y planicies litorales donde la extensión de dicho evento alcanza una mayor porción del territorio costero.

Figura 22- Esquema general de susceptibilidad de inundación por tsunami en el área urbana de Los Vilos.



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental comuna de Los Vilos, 2019.

En base a los parámetros señalados anteriormente, se realizó un análisis de las amenazas de la provincia sobre las unidades territoriales divididas en: Unidad Terrazas de Canela y Borde Costero Norte, Unidad Valle del Río Illapel, Unidad Valle del Río Choapa (Inferior y medio superior) y Unidad de Borde Costero Sur.

II.- AMENAZAS DE DESASTRES NATURALES AL INTERIOR DEL LÍMITE URBANO Y ZONAS DE EXTENSIÓN URBANAS.

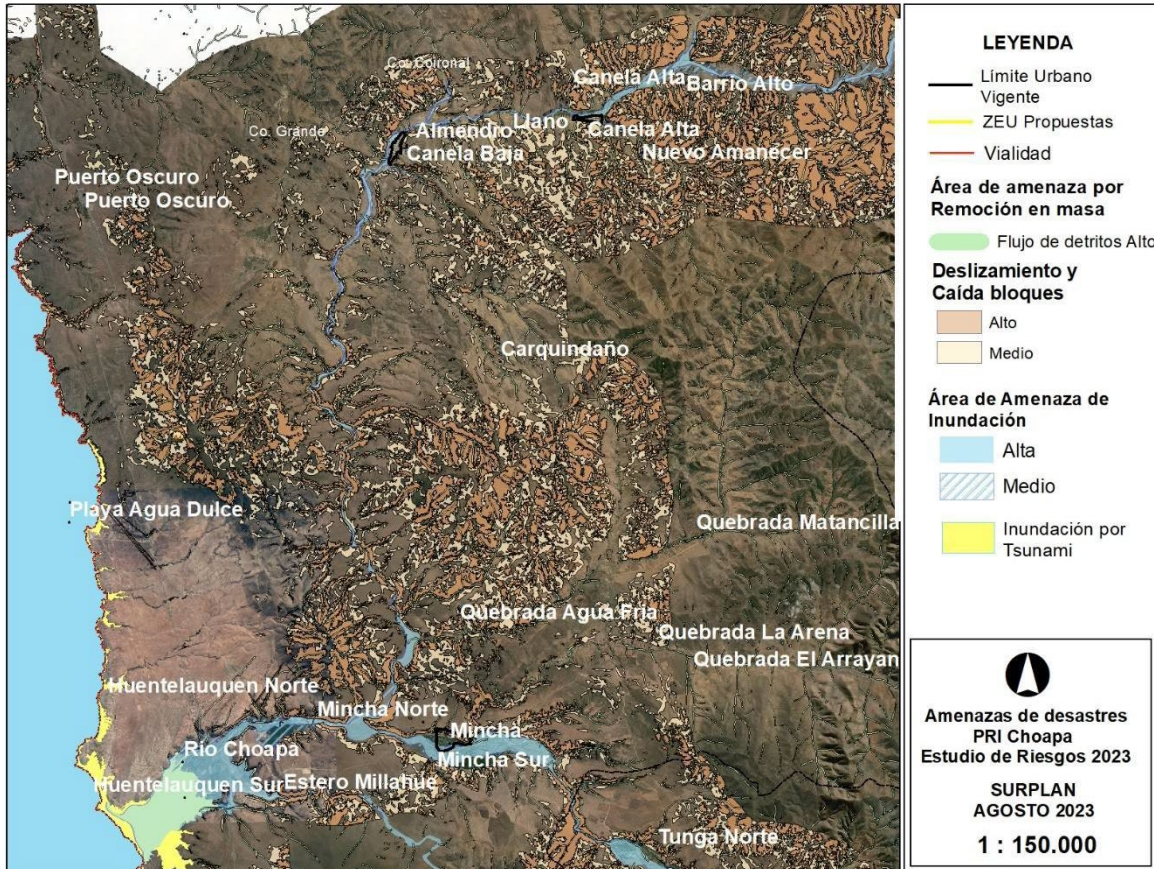
A continuación, se describen en detalle las amenazas de desastres naturales identificadas por comuna, con foco en las áreas urbanas vigentes y zonas de extensión urbanas propuestas.

II.1 AMENAZAS NATURALES PARA LA COMUNA DE CANELA.

A nivel comunal, las amenazas naturales más latentes para la comuna de Canela son la remoción en masa y flujo de detritos, dadas las abruptas pendientes de sus quebradas desde Los Rulos hasta Canela Baja, y al intemperismo de sus laderas propias de la altura. Dichas amenazas tienden a disminuir en su trayecto hacia el poniente, para reaparecer en los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa en cuyo corto transecto hacia las planicies litorales, presentan pendientes escarpadas y quebradas profundas altamente erosionadas por la acción del viento marino que azota con las paredes de esta cordillera, generando cárcavas y regueras que van erosionando cada vez más el escaso sustrato que se forma producto de la humedad costera. Otro punto crítico al interior de la comuna es la confluencia del Estero La Canela con el río Choapa, ya que no sólo hay amenaza de inundación por desborde del cauce, existiendo registro de eventos de tipo húmedo (flujo de detritos e inundación puntual), sino que también es un área afecta a la amenaza de remoción en masa dadas las pendientes abruptas de las laderas que van encajonando el

río a esta altura, y a los flujos que se desprenden de las cumbres y quebradas originadas en la cordillera de la costa, justo antes de dar paso a la unidad morfológica del borde costero con alturas que descienden hasta el nivel del mar en un estrecho tramo de territorio oriente-poniente.

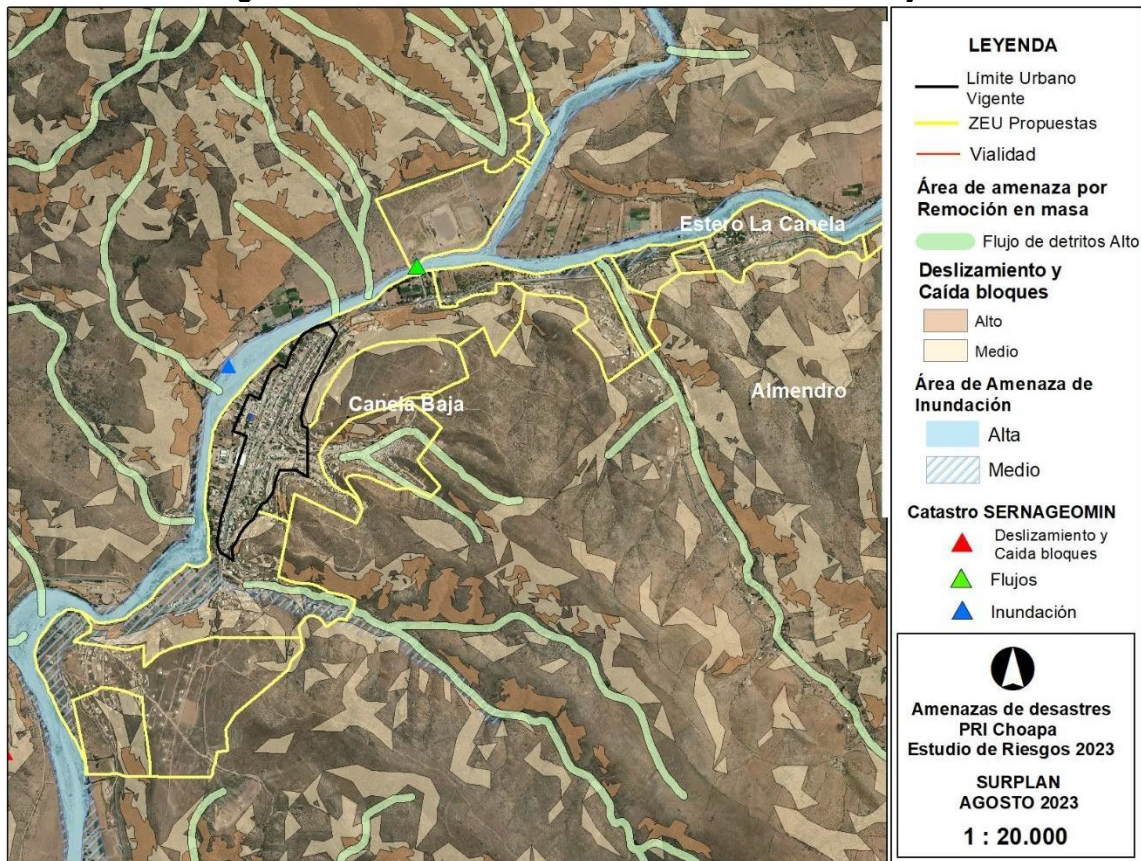
Figura 23- Amenazas Naturales presentes en la comuna de Canela.



Fuente: elaboración propia a partir de restitución 2021.

Al interior de esta comuna se evidencia la amenaza de deslizamientos, caída de bloques y flujos de detritos que desembocan en el Estero La Canela, el que recibe aportaciones tanto de flujo húmedo como seco del Estero Espíritu Santo, incrementando con ello la amenaza de inundación por desborde de cauces para las localidades de **Canela Alta** y **Canela Baja**, así como la de todos los poblados calificados como ZEU que se localizan junto a este estero, en el que tal como muestra la figura adjunta, existe registro de eventos de remoción en años anteriores. En la ZEU de la figura 24, es posible observar cómo al surponiente del área urbana de Canela Baja, se genera una zona de erosión en el río, que posteriormente es depositada en forma de anastomosis serpenteante hacia la ladera norte del río, en la cual confluyen además dos quebradas con nivel de amenaza alta por flujo de detritos y nivel de amenaza alta por inundación de su lecho (en color celeste), e inundación media (área achurada), por lo cual esta área de la ZEU parece ser la de mayor riesgo. En esta misma área es posible observar asentamientos dispersos hacia la ribera sur del río.

Figura 24- Amenazas naturales Área Urbana Canela Baja

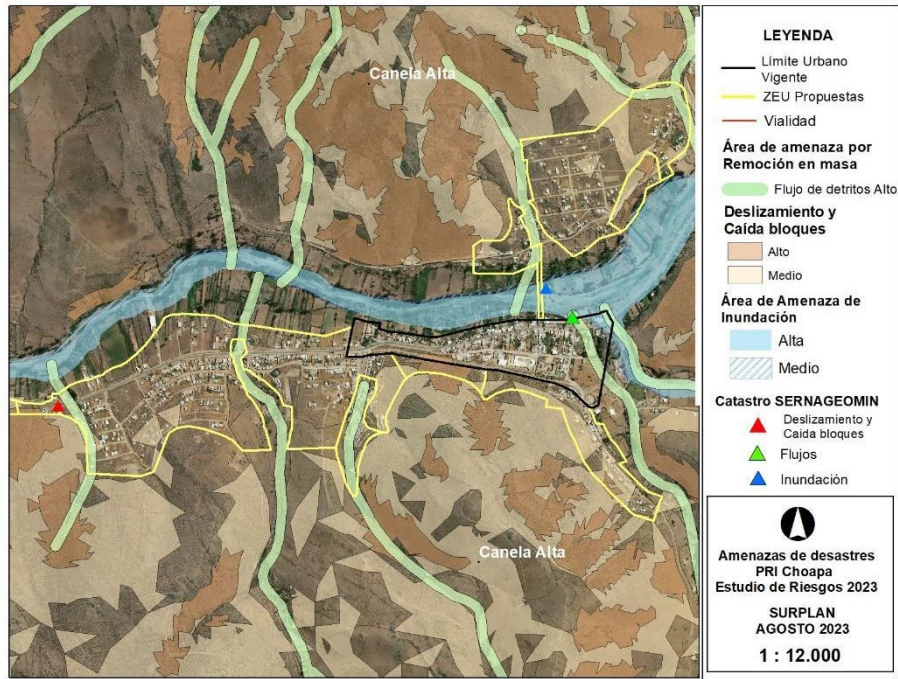


Fuente: elaboración propia a partir de restitución 2021.

Por su parte, en la entrada oriente del límite urbano de Canela Alta se evidencia la confluencia de dos quebradas con nivel alto de flujo de detritos sobre el río, generando una punta de diamante donde además se han registrado eventos de flujo e inundación, por lo cual, se sugiere tomar las medidas de mitigación necesarias para la habilitación de este sector. En las ZEU aledañas existe presencia menor de la amenaza de remoción en masa por deslizamientos y caídas de bloques en sus niveles medio a alto, en los pies de las laderas que dan hacia el interior del valle. También se denota la presencia de algunas quebradas con flujo de detritos de alta susceptibilidad, los que sin embargo quedan a los bordes de estas ZEU o excluidas de las mismas, generando una necesaria discontinuidad.

Cabe considerar que en la comuna de Canela la construcción del embalse Canelillo en el río Choapa, cerca de la confluencia con el Río Illapel, generaría una variación en la velocidad del caudal del río ante eventos de precipitaciones extremas, disminuyendo eventualmente, la susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauces o de flujos aluvionales, principalmente flujos de barro y detritos, dada la escasa escorrentía en períodos estivales y a la gran cantidad de rodados y material meteorizado proveniente de quebradas de alta pendiente. Por tanto, una vez finalizada la obra del embalse, se deberán hacer nuevas modelaciones para determinar el riesgo y amenaza de inundación.

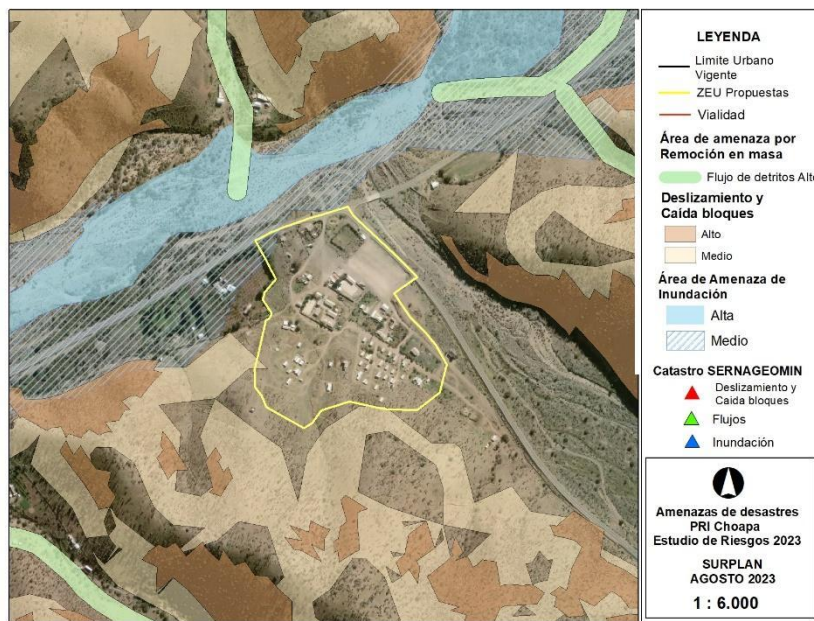
Figura 25- Amenazas naturales Área Urbana Canela Alta y ZEU.



Fuente: elaboración propia a partir de restitución 2021.

La ZEU definida para **Los Pozos** queda fuera de las amenazas latentes en su entorno, las que, como se visualiza, corresponden a la amenaza de inundación sobre el Estero Llano Largo y la amenaza alta de remoción en masa que existe sobre la ribera norte de este curso. Se denota además la existencia de quebradas que aportarían flujo de detritos ante un evento extremo. Actualmente hay un par de viviendas instaladas sobre la amenaza de inundación de susceptibilidad media.

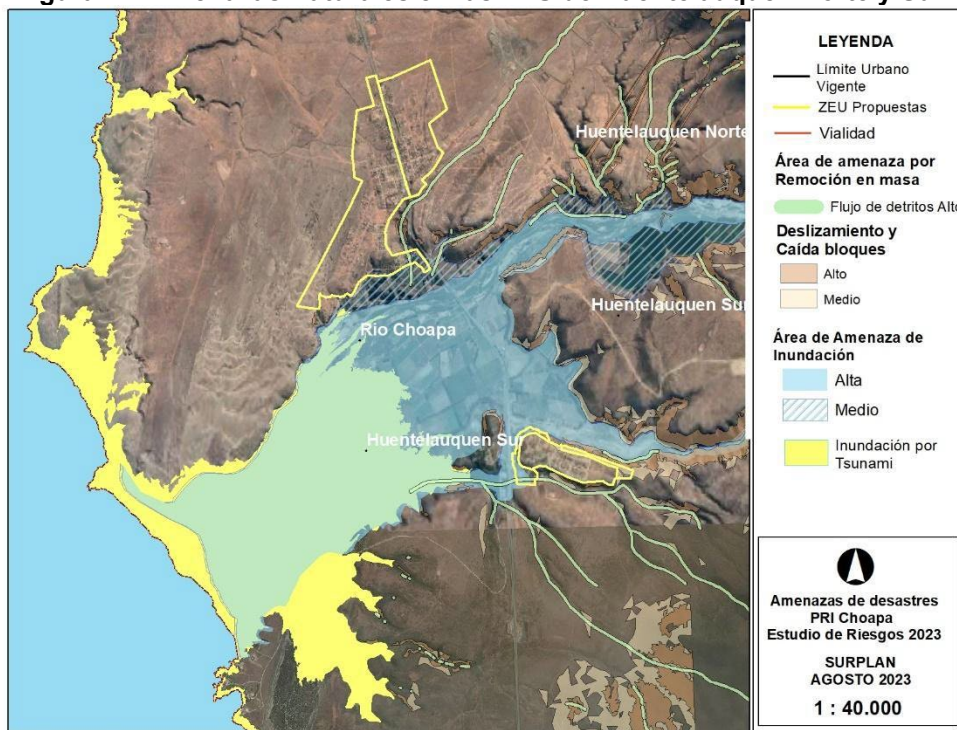
Figura 26- Amenazas naturales ZEU Los Pozos.



Fuente: elaboración propia a partir de restitución cartográfica 2021.

En el caso del borde costero de la comuna de Canela, en Huentelauquén es posible apreciar que la mayor amenaza la constituye el riesgo de inundación, ya sea por tsunami como por desborde del río, las cuales se superponen a la altura de la desembocadura del Río Choapa dada su baja pendiente y al ancho de su exutorio producto de la confluencia entre el Estero Millahue y el Río Choapa. Los registros históricos señalan que, durante las precipitaciones extremas del año 1986, el río diseccionó el lado sur del Puente Huentelauquén, esto debido a que la velocidad y altura que alcanzó el caudal arrastró gran parte del material fluvial compuesto principalmente por rodados de diferentes tamaños, mismos que actúan como agentes erosivos y de depositación a través de todo el cauce, afectando no solo la desembocadura misma del río, sino que también los poblados que se localizan al interior de los Valles del Choapa e Illapel. Sin embargo, las ZEU definidas para las localidades de **Huentelauquén Norte** y **Huentelauquén Sur**, quedan sobre la cota de ambas amenazas al limitarse a bordear las terrazas de mayor altura. Algo lógico considerando la alta peligrosidad de este sector que superpone dos amenazas de nivel alto, sobre todo considerando que la cota definida para la susceptibilidad por amenaza de tsunami alcanza una distancia considerable desde el mar río adentro, espacio que actualmente es ocupado por terrenos agrícolas, evitando con ello la exposición innecesaria de su población a este tipo de evento.

Figura 27- Amenazas Naturales en las ZEU de Huentelauquén Norte y Sur.



Fuente: elaboración propia a partir de restitución cartográfica 2021.

Al interior de esta misma unidad (borde costero), si bien la amenaza de inundación por Tsunami se hace presente en todas las caletas de la comuna: caleta Maitencillo, **caleta Puerto Oscuro**, **caleta Puerto Manso** y **caleta Huentelauquén**; las respectivas ZEU (en estas dos últimas) respetan el límite definido por la cota 10 msnm para su zonificación, presentando amenazas menores respecto al % de su límite urbano y a la susceptibilidad de la misma. Caleta Puerto Oscuro y Caleta Maitencillo por su parte, se configuran como ZEAP debido a que se superponen 3 amenazas en su extensión: amenaza de tsunami por encontrarse debajo de la cota 10 y de la cota 30 establecida por el SHOA, además de las

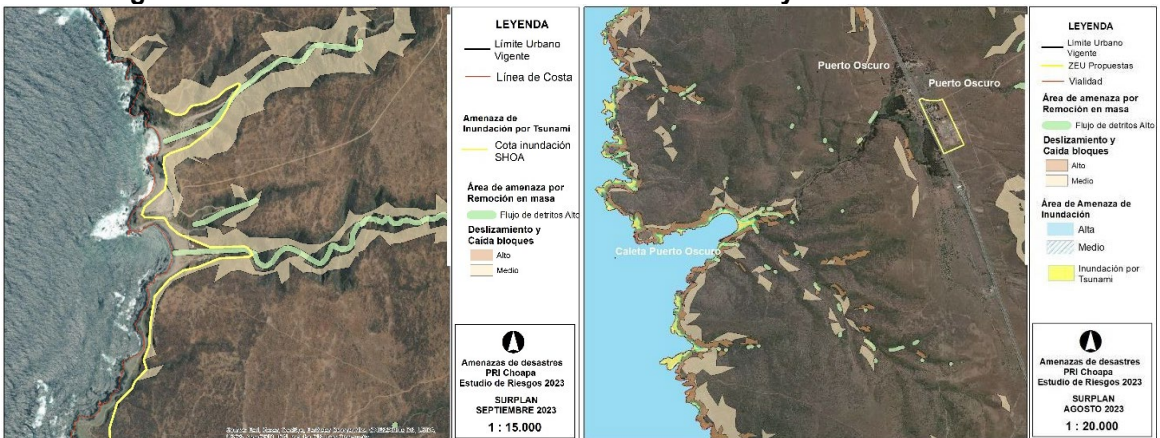
amenazas de remoción en masa por flujo de detritos y caída de bloques, ya que ambas caletas, a diferencia de las anteriores, no corresponden a morfología de bahías o playas extensas propiamente tal, sino más bien a estrechas desembocaduras de quebradas sobre acantilados rocosos.

Figura 28 y Figura 29- Amenazas Naturales en ZEU Caletas Puerto Manso y Huentelauquén.



Fuente: elaboración propia, 2023.

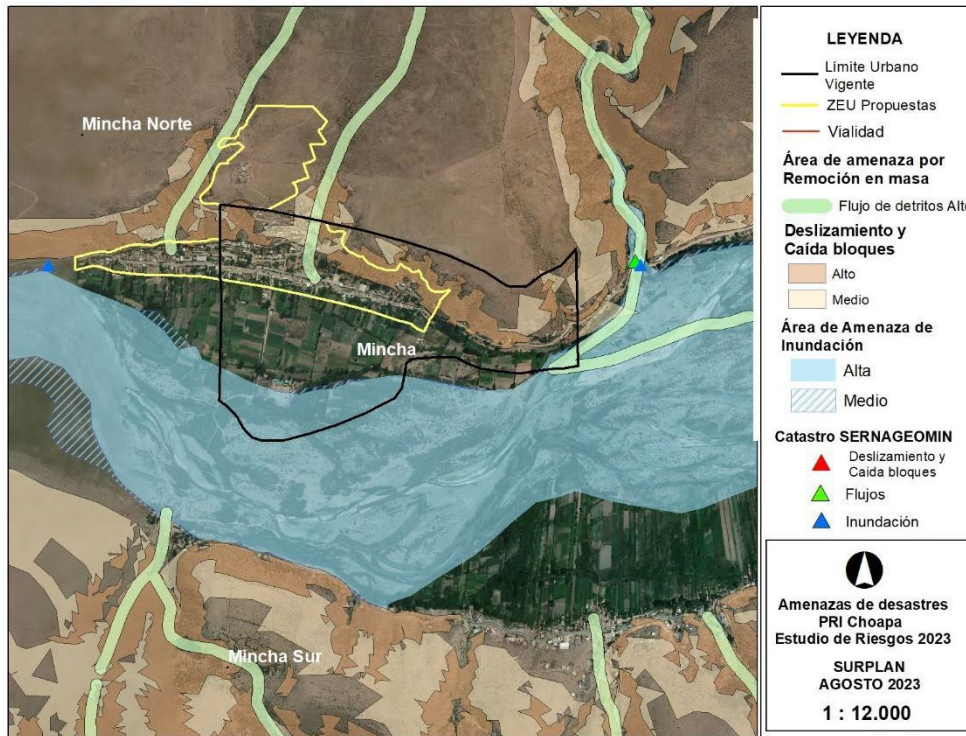
Figura 30- Amenazas Naturales en Caleta Maitencillo y Caleta Puerto Oscuro



Fuente: elaboración propia, 2023.

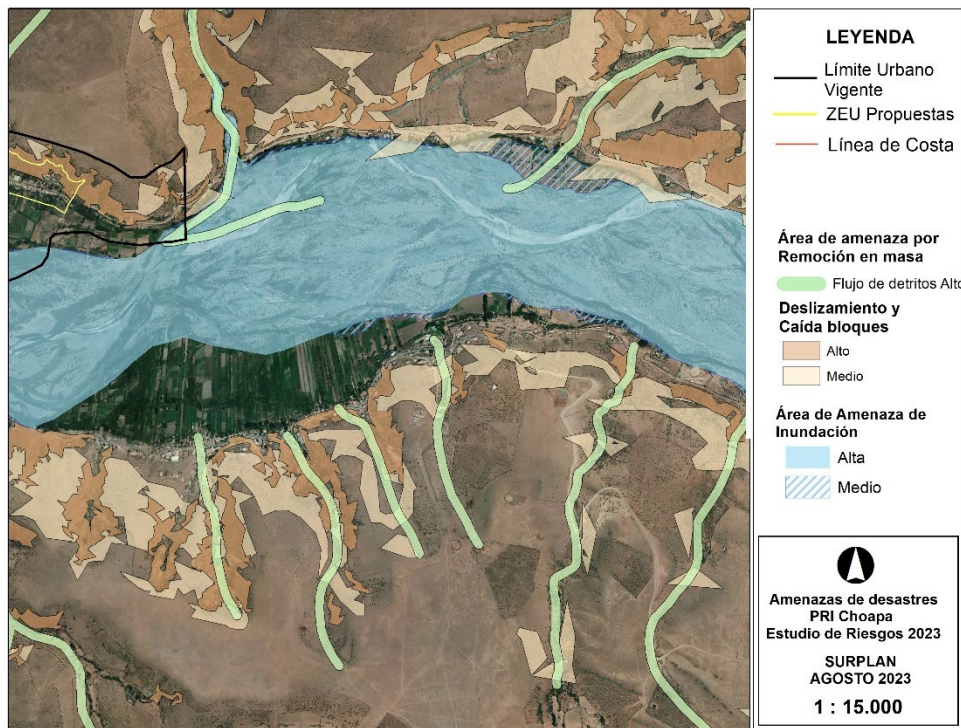
Por otra parte, al interior del área urbana de Mincha, se pudo constatar en terreno cómo la amenaza de inundación por desborde de cauces aumenta su exposición al riesgo, dado que actualmente la misma población hace un uso de tránsito informal a través del lecho del Río Choapa entre el poblado de la ribera norte (**Mincha Norte**) y la ribera sur (**Mincha sur**), al no existir una vía directa que una a ambos poblados. Por otra parte, Mincha sur está más expuesta a la amenaza de flujos de detritos, dada la presencia de diversas quebradas profundas de pendiente alta y material disponible en dichas quebradas, De igual forma, la ocupación del lecho inundable del río con fines agrícolas, si bien mitiga el impacto de la escorrentía, confunde y tiende a subestimar por parte de la población la amenaza ante eventos de precipitaciones extremas en las que el río retoma la extensión de su cauce, existiendo una mayor exposición a este tipo de riesgo.

Figura 31a- Amenaza Naturales en el área urbana y ZEU de Mincha Norte.



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.

Figura 31.b- Amenaza Naturales en Mincha Sur



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.

Foto 1- Valle del Río Choapa entre Mincha Norte y Mincha Sur.



Fuente: la autora, enero 2023.

Foto 2- Lecho del río ocupado como vía de tránsito entre Mincha Norte y Mincha Sur.

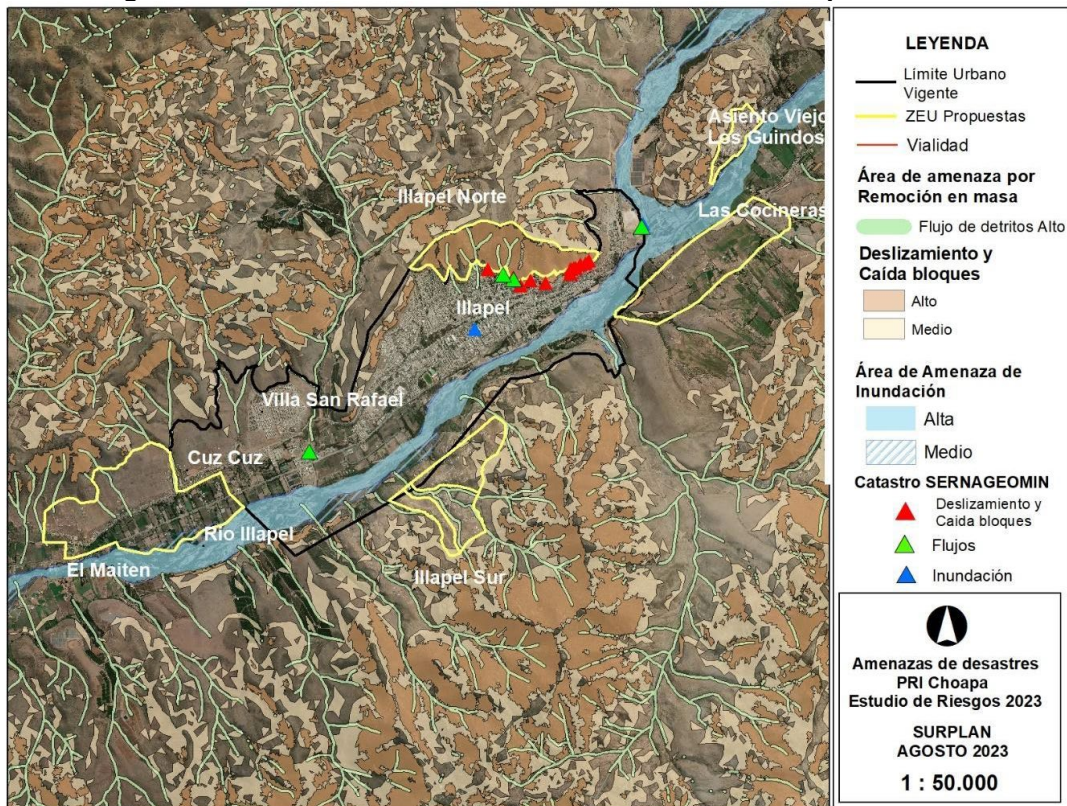


Fuente: la autora, enero 2023.

II.2 AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE ILLAPEL

Para el caso de la comuna de Illapel y su extenso valle, el patrón de asentamiento junto al lecho del río Illapel en un valle angosto, ha generado un progresivo ocupamiento del piedemonte como parte de la urbanización espontánea sobre laderas de pendientes medias a altas en emplazamientos que se han consolidado inclusive sobre taludes. Este avance de los asentamientos urbanos ladera arriba puede observarse con claridad en los sectores de El Maitén, Los Guindos, Cárcamo, Huintil y es mayormente evidenciable en el área urbana de Illapel (Figura 32). Las características geomorfológicas de valle marcan de manera clara la terraza fluvial inmediata al lecho del río, en donde actualmente se localizan terrenos agrícolas, pudiendo determinar el área inundable por crecida del río Illapel y otros afluentes menores. También es posible distinguir el estrecho valle que alberga la trama urbana de **Illapel** desde Cuz Cuz hasta La Colonia, y el piedemonte donde se eleva la pendiente de forma abrupta, donde se identifican las zonas afectadas por el catastro de remociones en masa, coincidentes con la modelación de la amenaza de remociones en masa del presente estudio. Los eventos climatológicos de marzo del 2015 reportados por el SERNAGEOMIN en el talud del área centro norte de Illapel (Figura 33) identifican los puntos donde se registraron eventos de caídas de material, señalando también una zona afectada por flujo de barro entre la ladera del cerro y el camino que corta transversalmente dicho talud, en donde existe un claro patrón de recurrencia hacia el límite norponiente de esta ciudad. Por ello, una vez que el respectivo PRC incorpore la zona de extensión propuesta al límite urbano, se podrá hacer una mayor precisión del riesgo.

Figura 32- Amenazas Naturales en las ZEU aledañas a Illapel urbano.



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.

Figura 33- Zonas afectadas por remociones en masa comuna de Illapel.



Fuente: Catastro de Remociones en Masa SERNAGEOMIN.

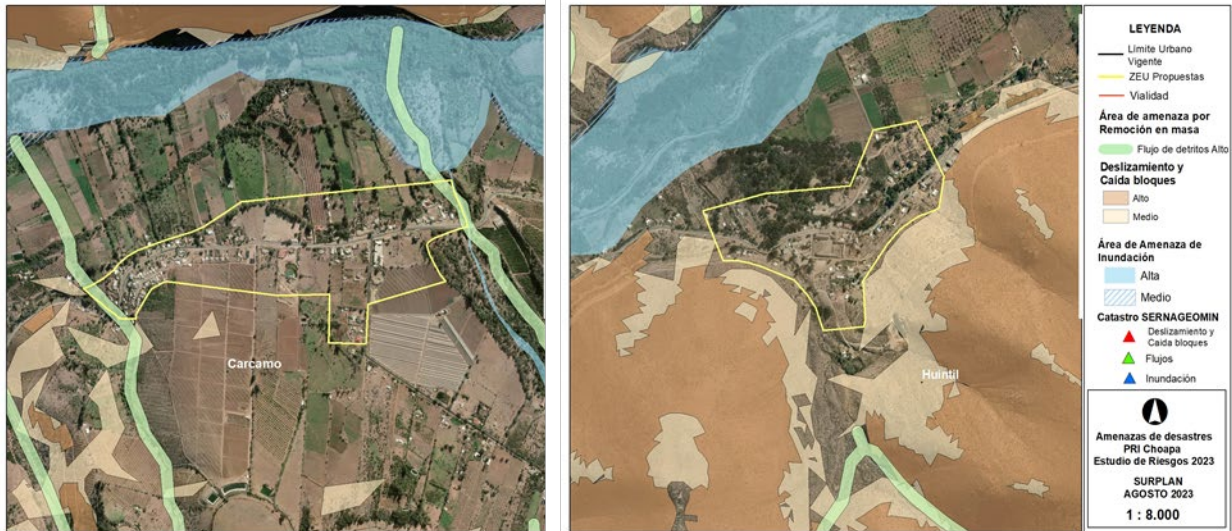
En este tramo, es posible observar la abundancia de quebradas categorizadas con la amenaza de flujo de detritos, debido a que la diferencia de altura, y por tanto de pendientes abruptas entre la cabecera de estas quebradas y su exutorio tanto en el piedemonte como en el lecho mismo del valle, mantienen la amenaza por remoción de este tipo latente en casi toda el área de extensión. De igual forma, la ladera de exposición norte tanto de la ZEU como del AU de Illapel, concentran la amenaza de remoción en masa por deslizamientos y caída de bloques ante el poblamiento del talud norponiente de esta ciudad, en la cual se han registrado varios eventos, incluidos los de flujos de detritos, por lo cual, el avance de la urbe hacia este sector debe ser mitigado ya sea en obras como en acciones.

Figura 34- Elevación del área afecta a remociones en masa en los taludes de Illapel urbano.



Fuente: Google Earth, 2023.

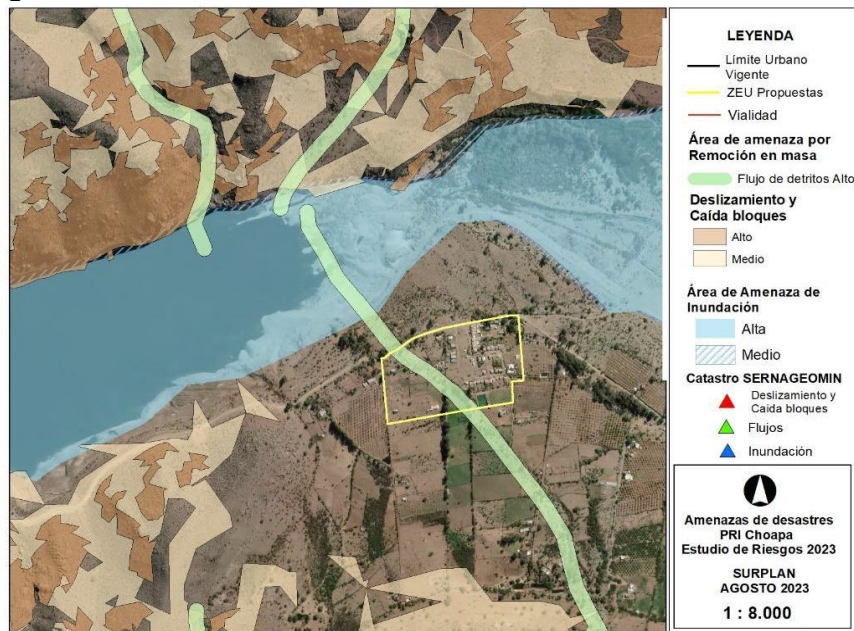
Figura 35- Amenazas Naturales ZEU Illapel oriente: Cárcamo y Huintil.



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023

En el caso de las ZEU definidas al oriente de Illapel, tanto **Cárcamo** como **Huintil** se emplazan en sectores de bajas pendientes, los cuales hacen un uso eficiente del valle aprovechando la anchura del lecho de río Illapel para fines agrícolas. En el caso de Cárcamo, la única amenaza latente bordea los límites de la ZEU, no existiendo peligro al interior de su zona urbana. Lo mismo ocurre en el caso de Huintil, salvo que este último se ubica a la salida de una quebrada que presenta amenaza por flujo de detritos y a los pies de laderas con amenaza alta y media de remoción en masa, sin embargo, ante un evento detonante como puede ser un sismo de intensidad media a alta, es factible que el material meteorizado de laderas y quebradas pueda desprenderse y caer dentro de los límites urbanos de esta localidad. Lo mismo ocurre en la ZEU de **Carén**, la que, si bien está atravesada por una quebrada con amenaza probable por flujo de detritos, la distancia desde el borde de la ladera, y la escasa pendiente sobre la que se emplaza, disminuye considerablemente el alcance a nivel urbano de esta amenaza (Figura 36).

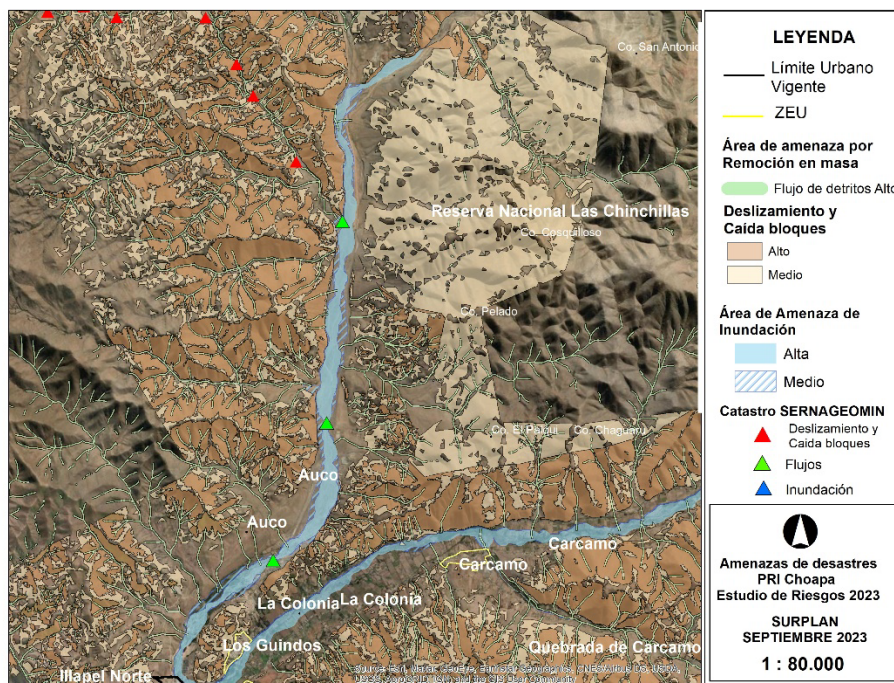
Figura 36- Amenazas naturales en los alrededores de la ZEU de Carén.



Fuente: elaboración propia.

En el tramo que corresponde al Estero **Aucó**, desde su confluencia con el río Illapel hacia aguas arriba, las amenazas más latentes han sido las de flujos aluvionales de tipo húmedo, (marcadas como triángulos verdes en el mapa) esto puede responder a un efecto acumulado de los eventos de deslizamiento y caídas de bloques (en color rojo) que se han suscitado en la quebrada por donde desciende la ruta D-895, que tributa al Estero Aucó, el cual ve incrementado su volumen de material proveniente de las quebradas y laderas que lo encajonan, sobre todo las laderas y quebradas del lado poniente del estero Aucó, que debido a su exposición solar y grado de pendiente, se encuentran con mucho material detrítico suelto, las cuales descienden por gravedad hacia los puntos que alimentan el caudal de este curso, por lo que ante un evento de precipitaciones extremas, el estero Aucó escurre superficialmente con una gran cantidad de sedimentos tipo rodados y detritos, favoreciendo el desencadenamiento de flujos aluvionales, agravados por la presencia de pasivos ambientales mineros en su curso.

Figura 37- Amenaza Naturales en el sector del Estero Aucó desde RN Las Chinchillas hasta su confluencia con el río Illapel.

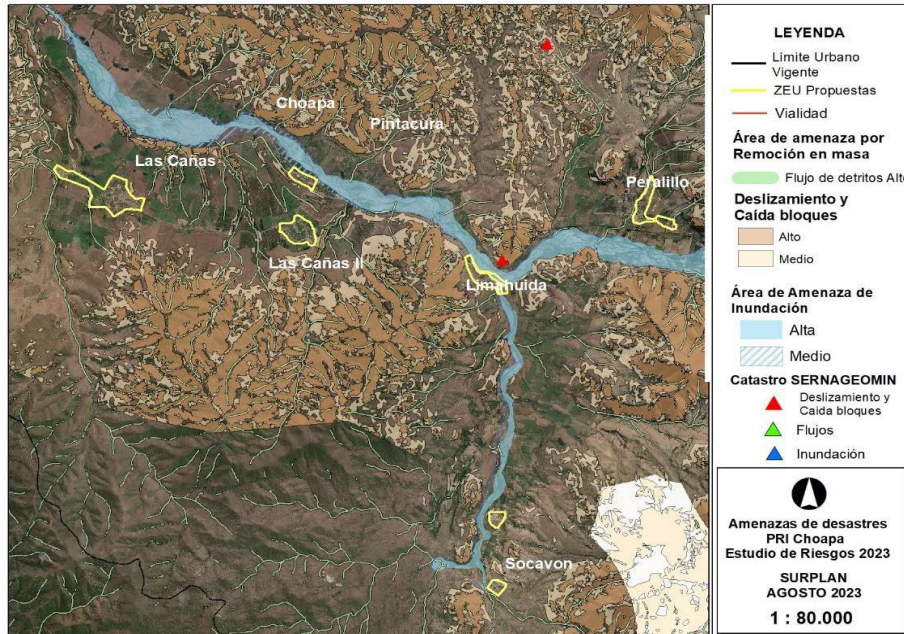


Fuente: elaboración propia.

El tramo inferior del Río Choapa, previo a su confluencia con el río Illapel, goza de un ensanchamiento de su valle, el cual da pie para el establecimiento de asentamientos urbanos, toda vez que reduce considerablemente las amenazas que se manifiestan latentes en casi todo el territorio, tal como lo proponen las ZEU del presente estudio para las localidades de **Las Cañas I y II, Pintacura, Limáhuida, Peralillo y Socavón**. Con excepción de Limáhuida, todas las ZEU propuestas carecen de amenazas de origen natural al interior de sus límites. Si bien Limáhuida posee características similares a los poblados de las ZEU contiguas, su localización frente a la confluencia de dos cursos de agua permanente (Río Choapa y Estero Limáhuida) en una zona de depositación fluvial, la vuelven susceptible al peligro de inundación, ya que existen registros de eventos extremos con desborde del cauce del río que, según información entregada por sus mismos habitantes, registrara un desborde en el año 1985, luego de precipitaciones intensas y continuas que duraron alrededor de 15 días, provocando que el río Choapa disectara la

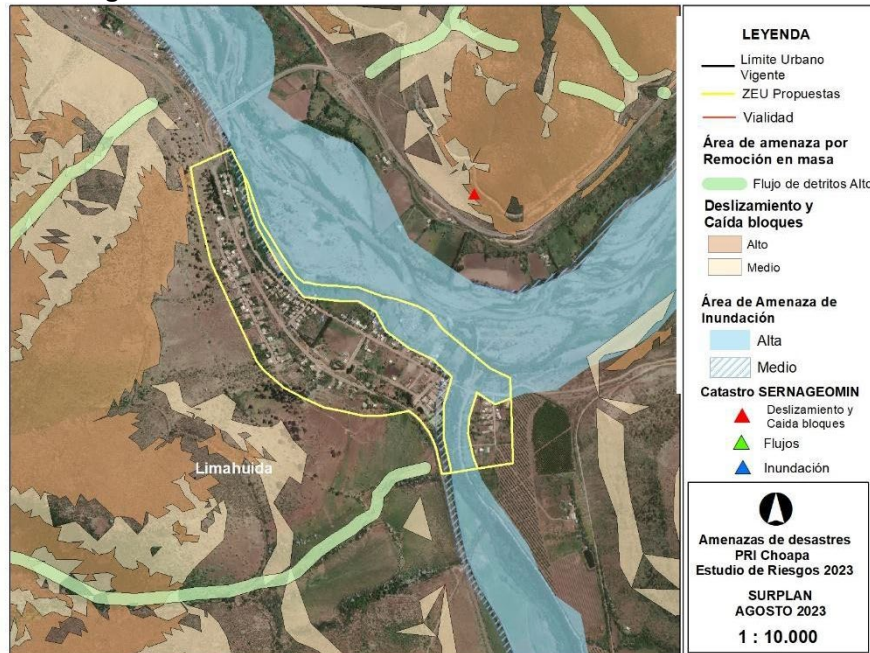
parte oriente de su cauce, alcanzando a inundar las viviendas que en ese entonces se emplazaban junto al lecho. Por lo demás, en Limáhuida se genera una punta de diamante, dada la curvatura del río, en cuya ribera norte existe riesgo por amenaza de remoción en masa dado que la ladera del cerro que se extiende en forma de punta hasta el lecho del río, posee pendientes abruptas. Conforme a esto, el catastro de eventos de Sernageomin registra un evento por desplazamiento y caída de bloques en la misma punta. Mientras que Peralillo, al encontrarse emplazado sobre terrazas fluviales más altas, se exime de este tipo de peligro, pero no así de la amenaza por flujo de detritos, los cuales se presentan en las quebradas que colindan al norte de esta ZEU.

Figura 37- Amenazas de desastres naturales Valle del Río Choapa curso medio.



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.

Figura 38- Amenazas Naturales en la ZEU de Limáhuida.



Fuente: elaboración propia, SURPLAN 2023.

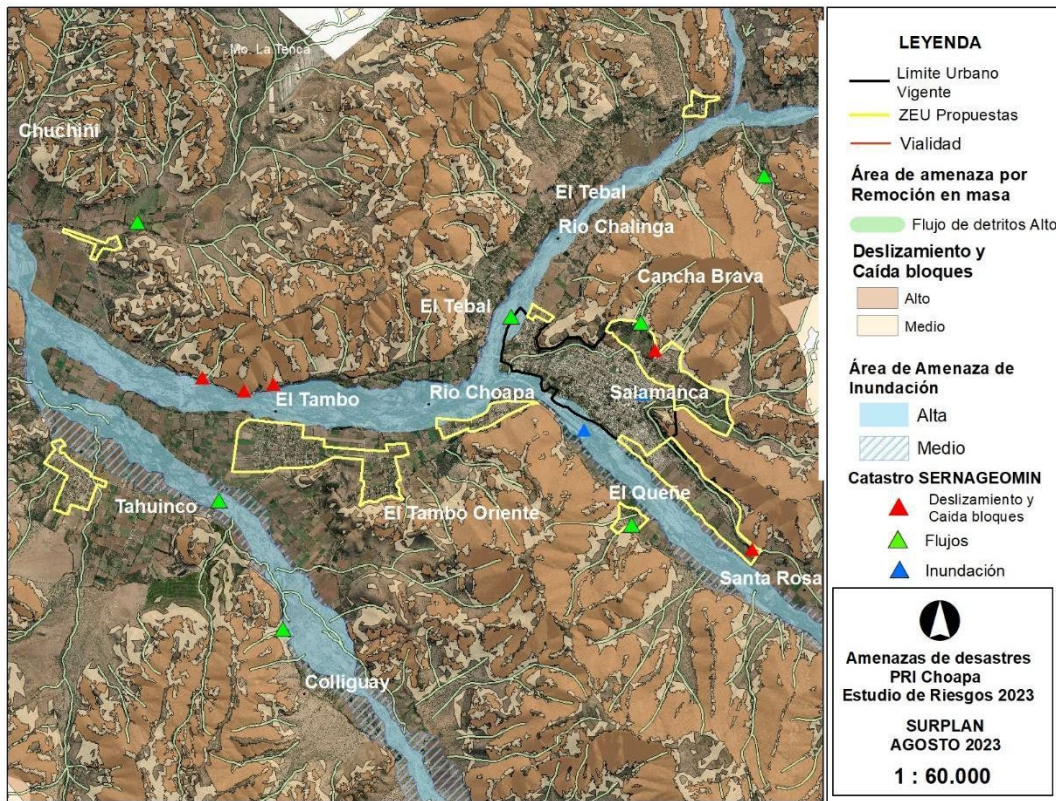
II.3 AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE SALAMANCA

Para el caso de la comuna de Salamanca, se mantiene latente la amenaza por inundación por desborde de cauces a lo largo de todo el valle, propia del angostamiento de su cauce debido al entorno precordillerano, a la morfología de los cordones transversales adjuntos a la Cordillera de los Andes que en esta comuna se vuelven más perceptibles, y a la ocupación del lecho del río con fines agrícolas. De igual forma, y debido a la morfología de pre-cordillera, la amenaza de remoción en masa es cada vez más evidenciable.

Cabe manifestar que la diferencia de alturas entre la T_0 y T_1 del río Choapa en el trayecto que comprende **Chuchiñí** por el poniente y Batuco por el oriente, es variable y en ocasiones mínimas, como fue posible evidenciar en el caso de **Chillepín** y **El Tambo**. En esta última localidad, fue posible constatar la presencia de viviendas de uso residencial en el lecho mismo del río, que en algunos sectores se extiende y amplía en anastomosis en gran parte del valle, situación que debe ser fiscalizada y normada antes que se haga extensiva, sobre todo porque en esta misma localidad el peligro de inundación por desborde de cauces es mayormente probable. Por otro lado, en terreno se constató la intervención y encauzamiento del río en los sectores donde el cauce es más amplio y el poco caudal estacionario se infiltra o se vuelve intermitente entre la anastomosis presente, una forma de evitar la infiltración y conducir el flujo de la escorrentía superficial por un único curso que siga abasteciendo de agua para riego a los terrenos agrícolas que se emplazan a lo largo de todo el lecho inundable. Por tanto, existe evidencia de la alteración antrópica del cauce original, ya sea con fines productivos como con fines preventivos, aunque no es una constante en todo el tramo del río. Se advierte que la ocupación del lecho con fines agrícolas tiende a confundir a la población respecto al límite original de su cauce, así como de las terrazas inundables.

En el área urbana de la comuna de Salamanca y zonas de extensión circundantes, existe amenaza a los riesgos de inundación por desborde del Río Choapa en la confluencia del Estero Chalinga. De igual forma, existe amenaza de flujos y remoción en masa en los cerros y quebradas profundas de alta pendiente. La figura 39 a continuación, muestra cómo la modelación de flujos realizada en el presente PRI Choapa 2023 (quebradas en color verde agua) coincide con el catastro de eventos de flujos aluvionales (triángulos verdes) registrados por Sernageomin para el área urbana y de extensión urbana de Salamanca, que se han manifestado en aquellos sectores de taludes y abanicos aluviales donde confluyen más de una quebrada con nivel de amenaza medio - alto, cuyas cabeceras se originan en laderas que cualifican una alta remoción en masa (en color café claro), o que concentran el material aportado por varios afluentes también originados en las zonas altas de los cordones montañosos que los circundan, tal como ocurre en el fondo de valle de Cancha Brava, **Arboleda Grande**, **Santa Rosa**, **La Higuera**, **El Queñe**, **Tahuinco** y **Colliguay**. Los triángulos azules a su vez, representan eventos de inundación catastrados por Sernageomin, es decir, eventos donde se manifestó el desborde de algún cauce, en este caso desborde de la quebrada que desemboca directamente sobre la zona urbana de Salamanca, y otro desborde del Río Choapa a la altura de su zona urbana.

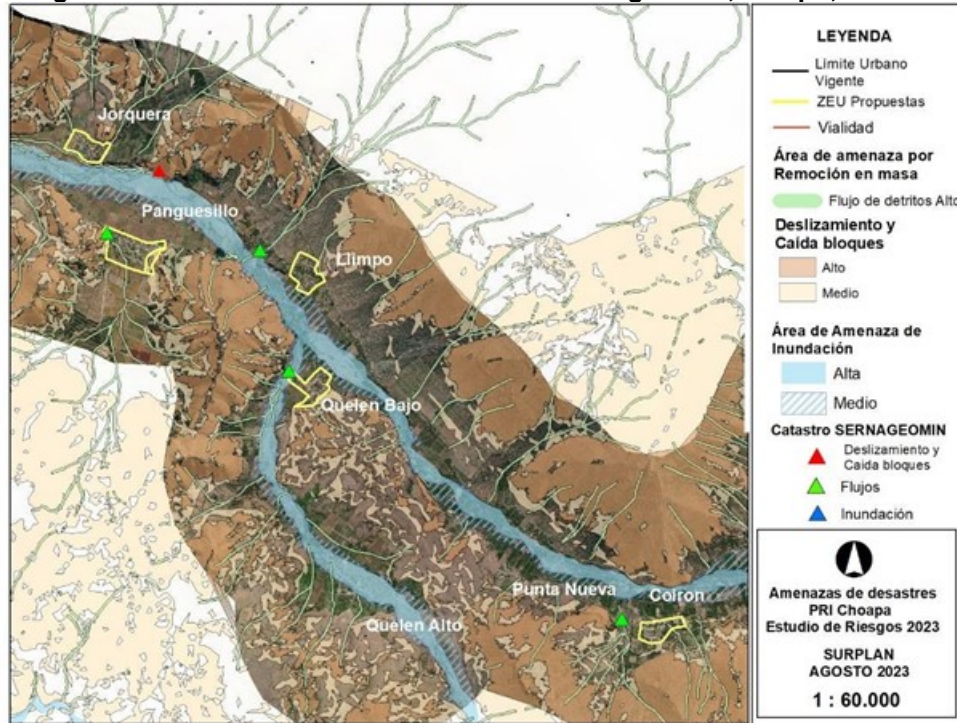
Figura 39- Amenazas naturales en el tramo Chuchiñí, Tahuinco, El Tambo, Salamanca y Sta Rosa.



Fuente: elaboración propia, 2023.

En el tramo inmediato a este, entre La Higuera, Panguesillo y Coirón, son precisamente estas localidades donde está más presente la amenaza de remoción por flujo de detritos, pues si bien estas localidades se emplazan en llanuras de bajas pendientes, la extensa quebrada que atraviesa **La Higuera** de forma transversal, sumada a la desembocadura de otras seis quebradas en el río Choapa a la altura de La Higuera, mantienen latente esta amenaza en las zonas circundantes. Algo similar ocurre con la quebrada que atraviesa **Panguesillo** de sur a norponiente y que recibe la afluencia de otras seis quebradas que se originan en zonas de alta remoción en masa, mientras que en **Coirón** existen tres quebradas que califican con amenaza por flujo de detritos y llegan hasta la trama urbana; por su parte, la confluencia del Estero Quelén con el Río Choapa a la altura de **Llimpo** y **Quelén**, vuelven la amenaza de inundación por desborde de cauce como la más latente en ambas localidades.

Figura 40- Amenazas naturales en el tramo Panguesillo, Llimpo, Coirón.



Fuente: elaboración propia, 2023.

En el curso superior del Río Choapa se incrementa la amenaza de remoción por flujos dado el aumento de las pendientes en los cordones transversales de la cordillera de Los Andes, siendo mucho más evidenciado la frecuencia de este tipo de eventos desde Salamanca por el Río Chalinga, y desde Llimpo hasta Batuco siguiendo río arriba. En este último poblado, el tamaño de los rodados y detritos que se encuentran depositados a orilla del camino principal (junto a la Capilla) sobrepasan el radio de un metro, y provienen de la quebrada que atraviesa la entrada del pueblo por el camino principal y continúa pendiente abajo hasta el río Choapa, ya que este asentamiento se encuentra ubicado sobre un cono aluvial, por ello es que en el mapa adjunto puede observarse una forma de abanico en el lecho del río remarcada por los cultivos agrícolas, ya que corresponde a un área de depósito de material aluvial proveniente de dicha quebrada, que se confronta además con otra quebrada que presenta amenaza por flujo de detritos proveniente de la ribera contraria. Considerando que el poblado se emplaza atravesado por un cono aluvial de material rocoso de grandes dimensiones, con una alta susceptibilidad de ocurrencia de un flujo aluvial (existiendo evidencia de arrastre del material en la ruta D-825) y su marcada ruralidad dentro del sistema analizado, se recomienda no incluirlo como una ZEU.

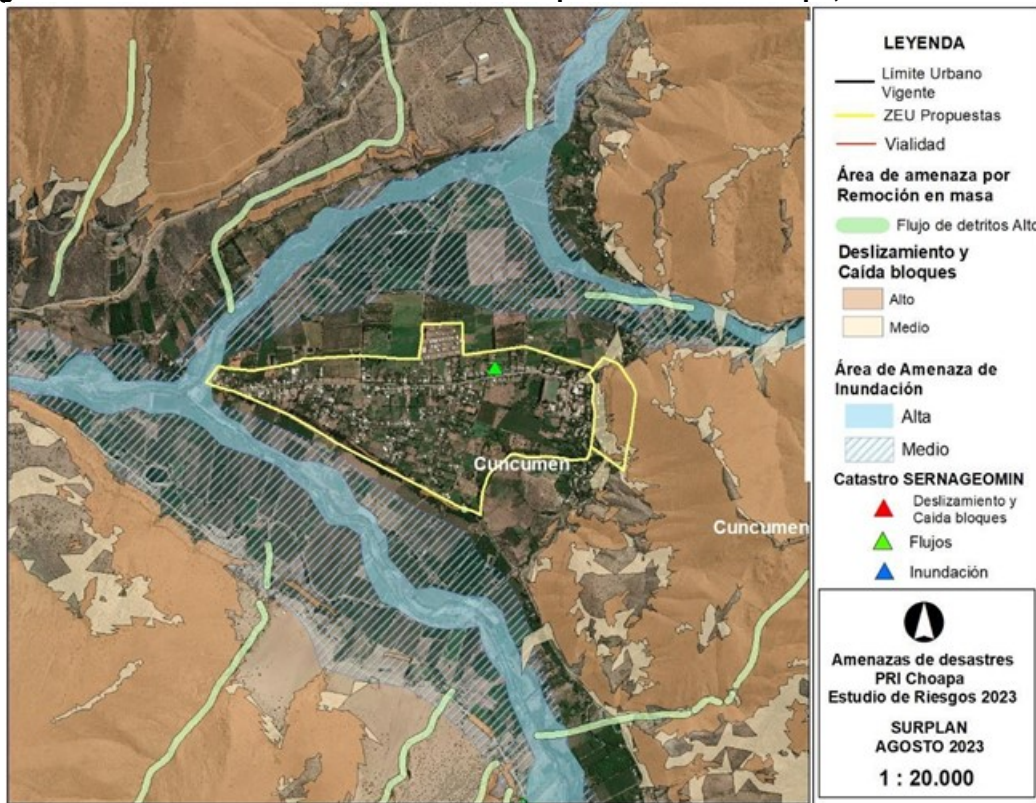
Foto 3-Tamaño de los rodados del cono aluvial de Batuco a la altura de la ruta D-825 sector La Capilla.



Fuente foto: la autora, enero 2023.

Otra de las localidades que presenta una clara amenaza de inundación es **Cuncumén**, dado que en esta localidad confluyen los ríos Tencadán, Cuncumén y Choapa, los que a su vez reciben afluentes de la zona cordillerana alta, cuyos cursos de agua corren por pendientes que aceleran la velocidad del caudal, generando áreas inundables en la confluencia que se ubica en una zona de pendiente más suave (Cuncumén urbano). La quebrada por donde corre el río Tencadán recibe la afluencia de cinco quebradas cuyas cabeceras se encuentran apenas unos kms río arriba, y se originan a partir del deshielo de las cumbres que contienen nieve estacional.

Figura 41- Amenazas Naturales en el curso superior del Río Choapa, sector Cuncumén.



Fuente: elaboración propia, 2023

Figura 42- Origen afluentes Río Tencadan y su paso en el valle de Cuncumén

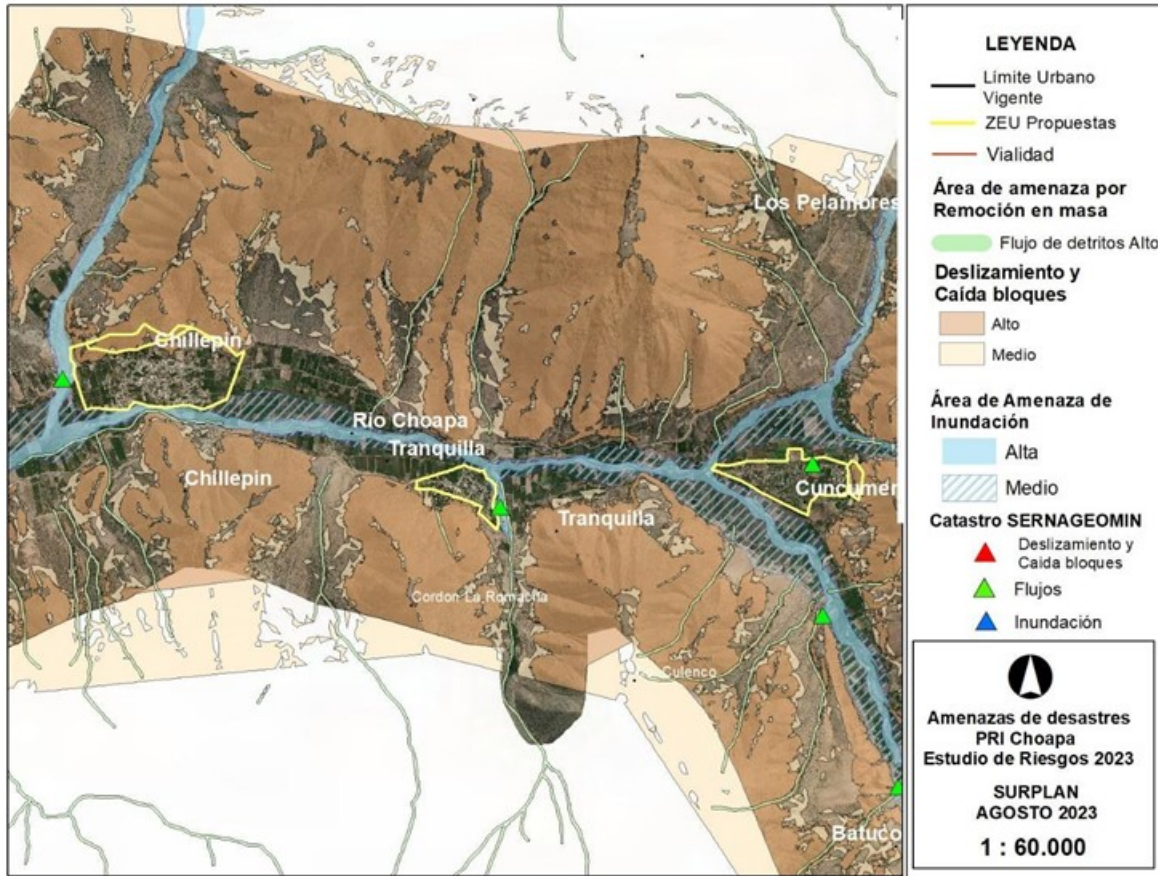


Fuente: Google Earth, 2023.

Situación similar ocurre con las quebradas que son afluentes del río Choapa en **Tranquilla** y **Chillepín Bajo**. En este último poblado se observó la presencia de gaviones de contención a la orilla del cauce principal del río, a modo de mitigación de las inundaciones, ya que, tal como se mencionó anteriormente, la diferencia entre el cauce permanente del río T_0 y la terraza inmediata T_1 es inferior a un metro, por lo que una leve crecida del curso de agua, genera desborde de su cauce principal. En esta localidad (Chillepín) existe amenaza por flujo de detritos provenientes de la quebrada del Río Manque, el cual confluye

en el río Choapa, mismo sitio en donde Sernageomin ya tenía catastrada la ocurrencia de un evento de este tipo y se reconoce como punto crítico a partir del 2019. Por su parte, en la localidad de Tranquilla, la quebrada sur-oriente presenta un alto peligro de remoción por flujo de detritos, existiendo ya registro de un evento de este tipo a la altura de la ruta D-825, debido a que este camino pasa a la misma cota o altura que la quebrada en dos tramos (ver Figura 36), evidenciándose en terreno mucho material detrítico suelto, el que invade el asfalto de la ruta, siendo muy evidente que ante un evento de precipitaciones medias, dicho material cortará ambos tramos del camino al arrastrar el material proveniente de otras cinco quebradas, las cuales son afluentes de esta gran quebrada.

Figura 43- Amenazas Naturales en el curso superior del Río Choapa, Chillepín-Tranquilla.



Fuente: elaboración propia, 2023

Figura 44- Detalle de Ruta D-825 a la altura de Tranquilla sobre quebrada con flujo de detritos.



Fuente: Google Earth, 2023.

Foto 4- tomada desde la Ruta D-825 pasando sobre la quebrada de Tranquilla.

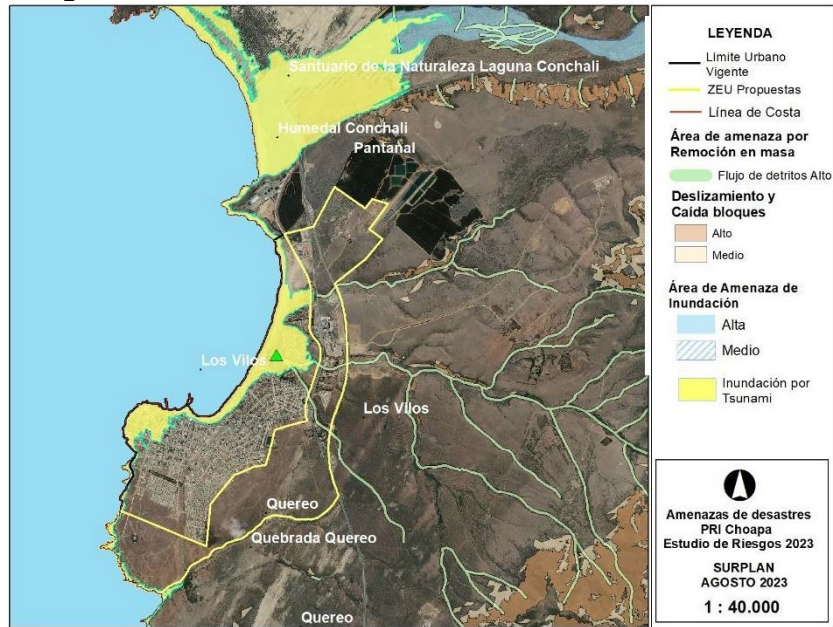


Fuente foto: la autora, enero 2023.

II.4 AMENAZAS NATURALES EN LA COMUNA DE LOS VILOS

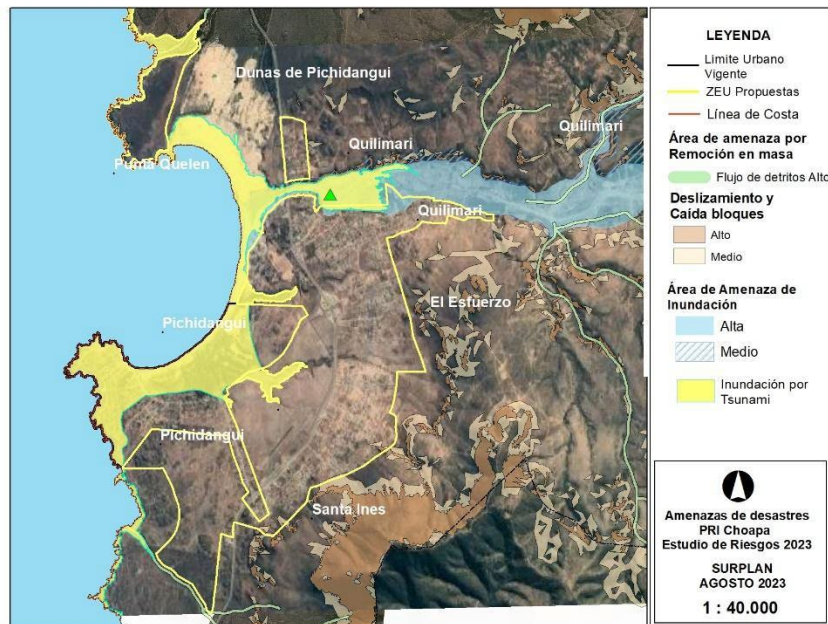
En esta comuna emplazada en el borde costero de la provincia del Choapa, la mayor amenaza la constituye la inundación, ya sea por desborde de cauces, al existir una serie de exutorios o desembocaduras en el mar, que tienden a aposarse en forma de humedal junto a la planicie litoral, así como por la amenaza de Tsunami, dada la existencia de playas y caletas en el tramo de litoral que comprende esta comuna, la que va alterando su morfología de acantilado costero hacia zonas de baja altura, y contiene a dos de las localidades urbanas más importantes: **Los Vilos** y **Pichidangui**.

Figura 45- Amenazas naturales ZEU borde costero Los Vilos.



Fuente: elaboración propia, 2023.

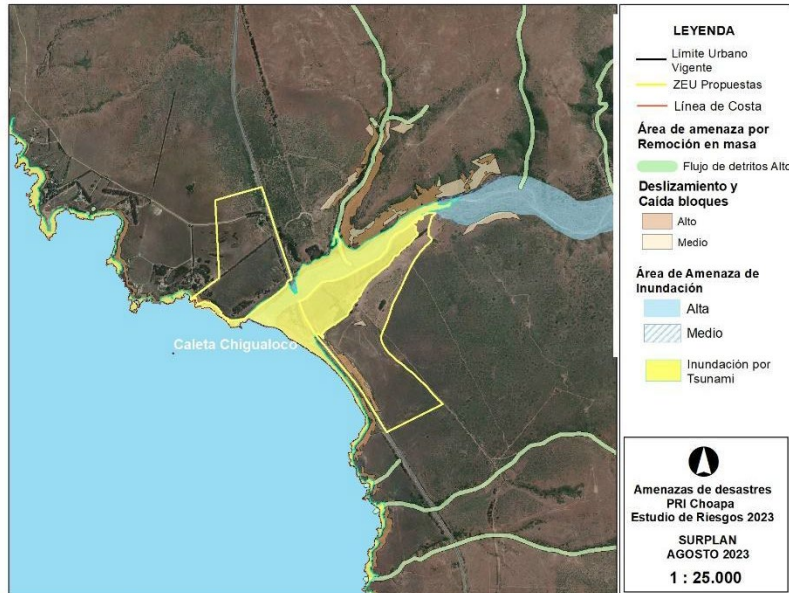
Figura 46- Amenazas Naturales en el borde costero de Quilimari – Pichidangui.



Fuente: elaboración propia, 2023.

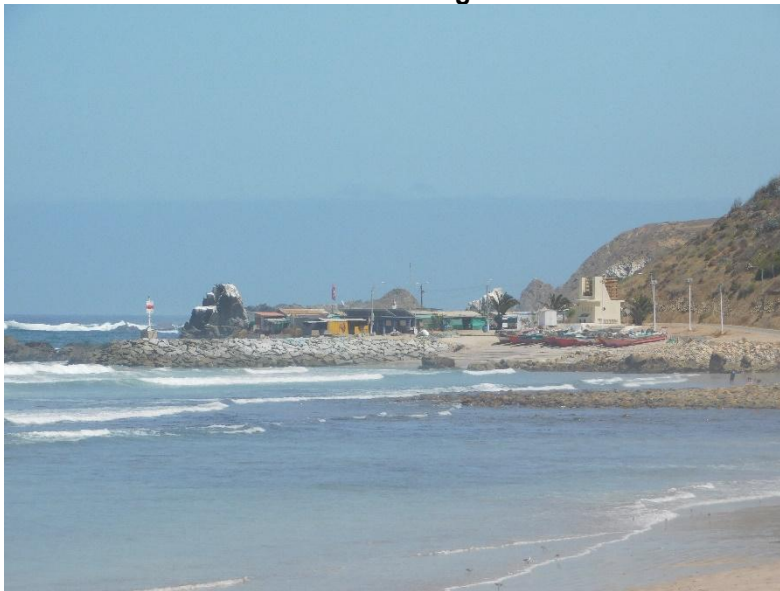
Es importante señalar además, que en la zona del borde costero de la comuna existen tres caletas emplazadas con sus respectivos caseríos: **Caleta Chigualoco**, **Caleta Cascabeles** y **Caleta Totoralillo**, las que resultan directamente afectadas por un evento de tsunami. Por tanto, la ampliación de las zonas de extensión urbana hasta estas caletas, permite tomar las medidas preventivas necesarias para evitar pérdidas de vida y de recursos, dada la existencia de viviendas de propiedad de los pescadores y sus respectivas familias. Es así como en Caleta Chigualoco la ZEU se extiende a cada lado del humedal, pero respetando el peligro por amenaza de inundación.

Figura 47 Amenazas Naturales Caleta Chigualoco.



Fuente: elaboración propia, 2023

Foto 5- Caleta Chigualoco.



Fuente foto: la autora, enero 2023.

Foto 6- Paisajismo en la ribera sur de la desembocadura del estero Chigualoco,



Fuente foto: la autora, enero 2023.

Figura 48 y Figura 49: Caleta Cascabeles y Caleta Totoraillo.



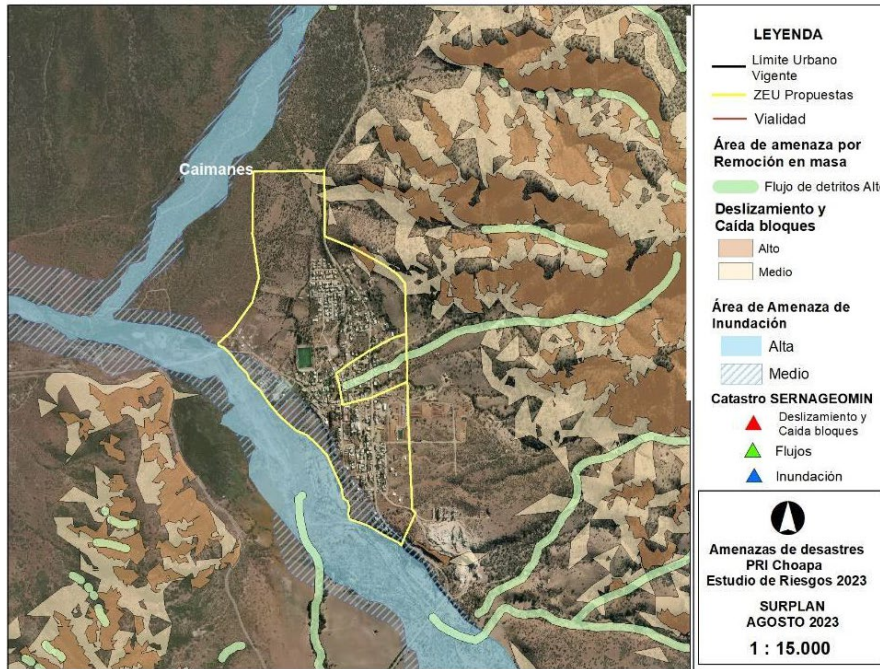
Fuente: elaboración propia, 2023.

Pero la amenaza de inundación por tsunami no es la única presente en el borde costero de la comuna. En las áreas urbanas de Los Vilos, Pichidangui y **Quilimarí** se reconoce la ocurrencia de remociones de tipo deslizamientos, rotacionales de suelo, detritos y caídas de bloques, ya que, en varios sectores de estas localidades existen pendientes pronunciadas, conformadas por rocas sedimentarias blandas de baja resistencia al corte. De igual forma, en el tramo comprendido entre Los Molles y la desembocadura del río Quilimarí se evidencia la presencia de regueras en las laderas de los cauces que van desembocando al mar, los cuales, al estar formados principalmente por areniscas o materiales sedimentarios, son fácilmente erodables, pudiendo ocasionar eventos de deslizamientos al entrar en contacto con lluvias que aumentan su gravedad y desestabilizan las laderas.

Por otro lado, en los poblados interiores como **Caimanes, Tilama y Guangualí**, las amenazas de inundación por desborde de cauces, los flujos de detritos y remociones en

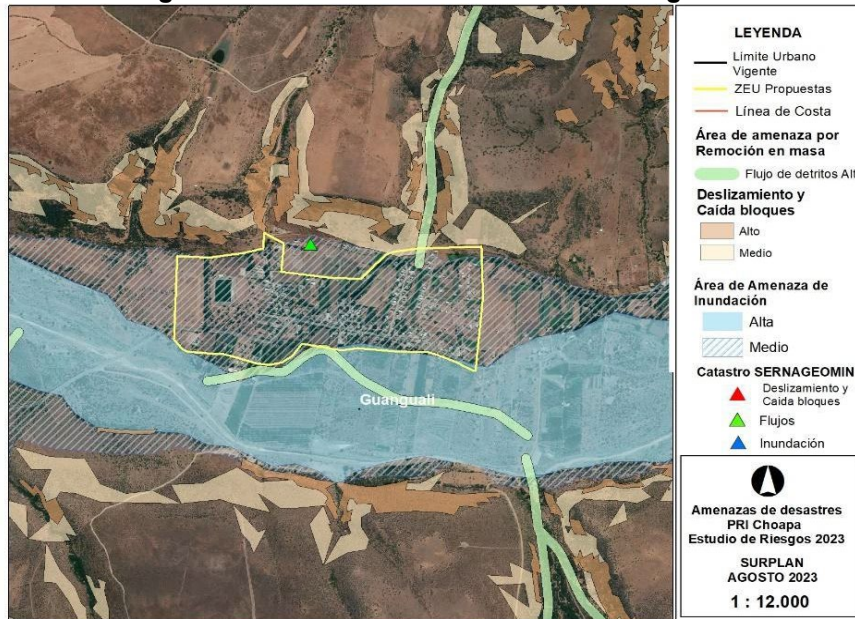
masa están presentes en el entorno circundante de sus ZEU, tal como muestran los mapas a continuación. Sin embargo, la baja densidad poblacional en estos poblados disminuye la exposición al riesgo, y la superposición de amenazas se realiza entre susceptibilidades de nivel medio. En Caimanes, sin embargo, a su amenaza de inundación se suma la de la presencia del Tranque de relaves El Mauro que se emplaza apenas 9 kilómetros río arriba, y si bien éste representa una amenaza de origen antrópico, lo cierto es que un eventual derrame afectaría directamente a los cursos de agua y suelos río abajo, no así la localidad.

Figura 50- Amenazas Naturales ZEU Caimanes



Fuente: elaboración propia, 2023.

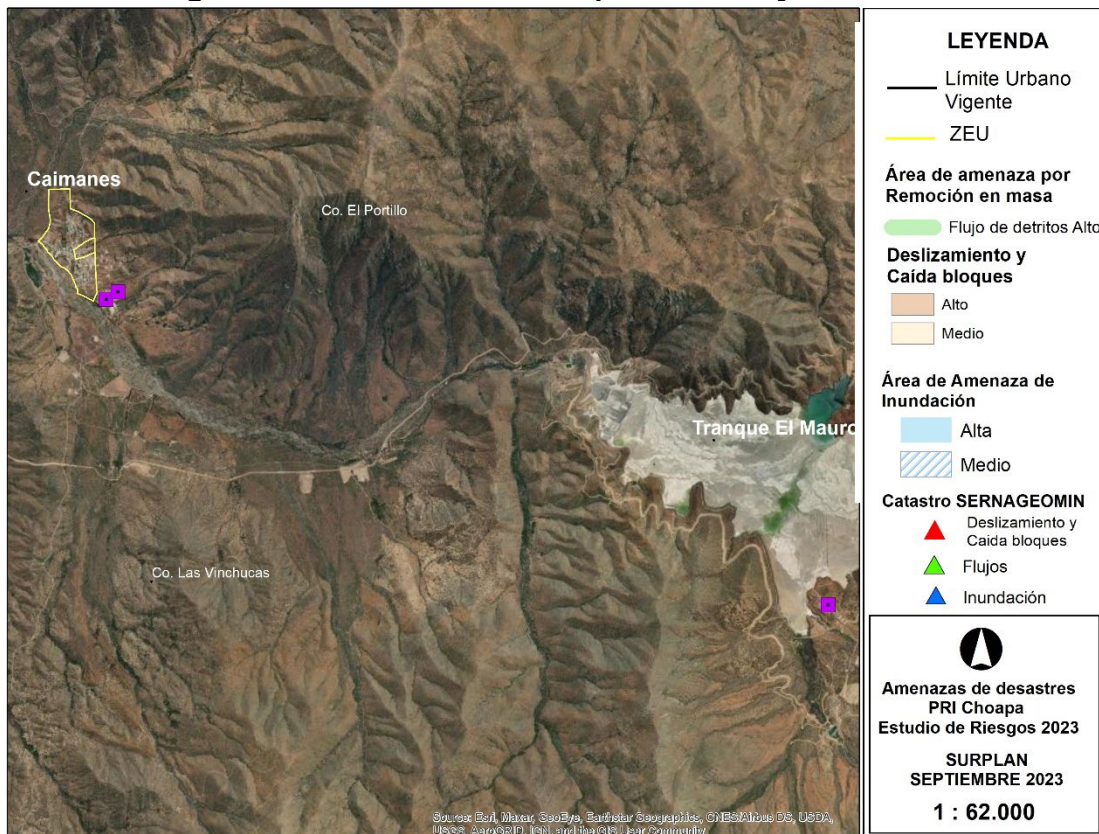
Figura 51- Amenazas Naturales ZEU Guangualí.



Fuente: elaboración propia, 2023.

En síntesis, las actualizaciones y modificaciones realizadas a las ZEU de nivel comunal, que involucran la identificación y zonificación de riesgos, permiten un crecimiento urbano acotado y discontinuo (no conurbado) pero seguro, en aquellas zonas donde la presencia de una o más amenazas es mínima en relación a su área de extensión, o, que aun cuando concentra una porción considerable del territorio a planificar, es de un nivel de susceptibilidad media o baja, lo que permite mitigar mediante obras o acciones dichas zonas con fines de habilitación, el cual no necesariamente es con fines de vivienda, ya que las ZEU también comprenden usos productivos (ZEAP) que no ponen en riesgo a la población, siendo compatible por ejemplo la utilización de la T₀ del lecho del río para cultivos agrícolas, o fines recreativos (Parques y áreas verdes).

Figura 52- Cercanía entre Tranque El Mauro y Caimanes.



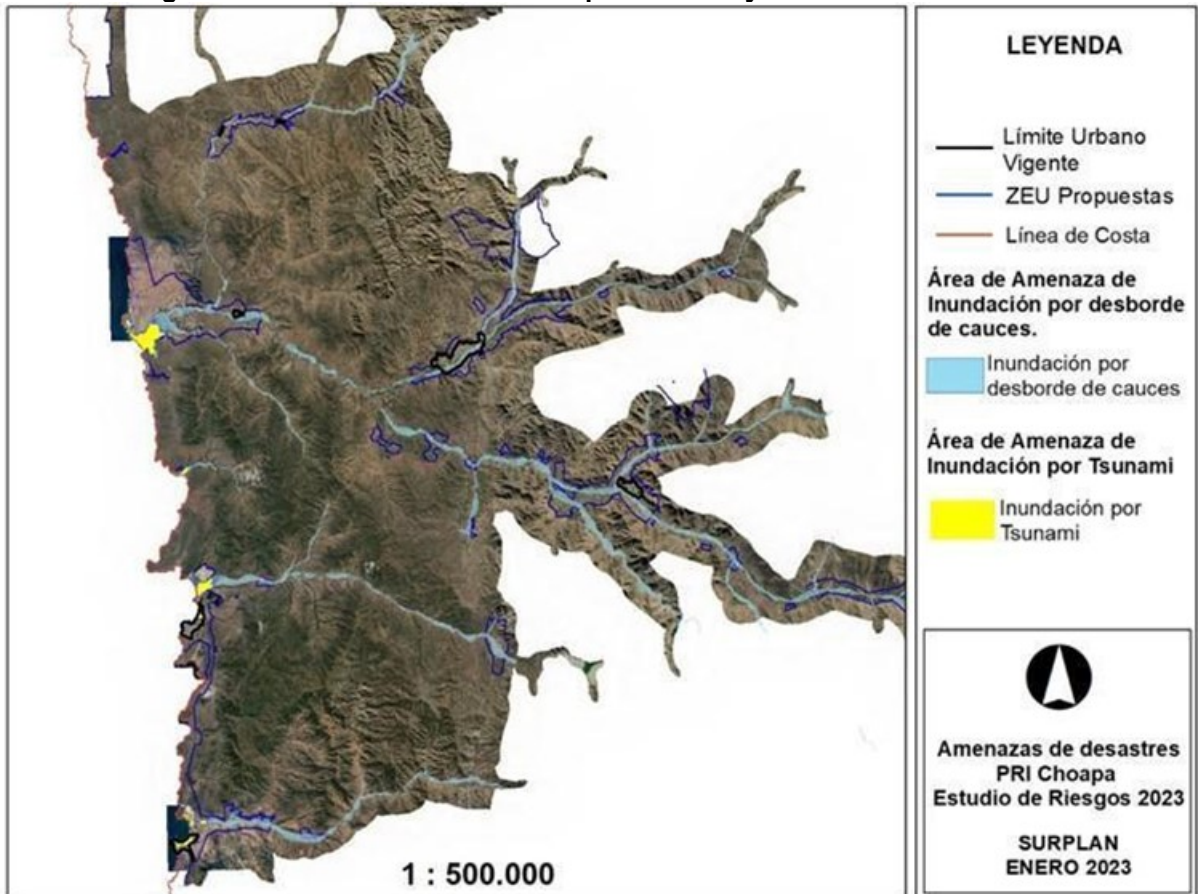
Fuente: elaboración propia, 2023.

III.- AMENAZAS NATURALES A ESCALA PROVINCIAL.

A escala provincial, para la amenaza de tsunami se estableció una cota límite de 10 metros sobre el nivel del mar (msnm), ya que los estudios de riesgo de las comunas con borde costero (PRC) definieron esta cota para los rangos altos de este tipo de riesgo, en base a modelaciones tsunamigénicas. Por tanto, tal como se mencionó en la metodología, se mantuvo ese indicador como base para una definición de escala de tipo provincial, siendo competencia de los PRC establecer los niveles preventivos o restrictivos de menor escala. Cabe considerar que el área de afectación de este tipo de riesgo, está definida tierra dentro a partir de la línea de costa, y por tanto, la extensión de su área de influencia varía de acuerdo a la morfología costera en la que se desarrolla el fenómeno; es decir, son aquellos

territorios que comprenden playas, campos dunarios, bahías y humedales dentro de la planicie litoral los que poseen un nivel de amenaza mayor, comprendiendo una mayor extensión de territorio inundable respecto a los bordes costeros que poseen acantilado o zonas rocosas en su línea de costa, disminuyendo con ello el área de inundación tierra adentro. Tal es el caso de las localidades de Huentelauquén Sur, Playa y caleta Chigualoco, emplazadas junto a la desembocadura de cursos de agua exorreicos. La amenaza de tsunami hasta la cota 10 msnm, afecta una mayor porción de territorio en el sector del humedal Laguna Conchalí, en la desembocadura y campo dunar de Quilimarí, la franja de playa de Pichidangui, y una parte de la trama urbana consolidada de la ciudad de Los Vilos emplazada junto al borde costero como se observa en las imágenes adjuntas.

Figura 53- Amenaza de inundación por tsunami y desborde de cauces.

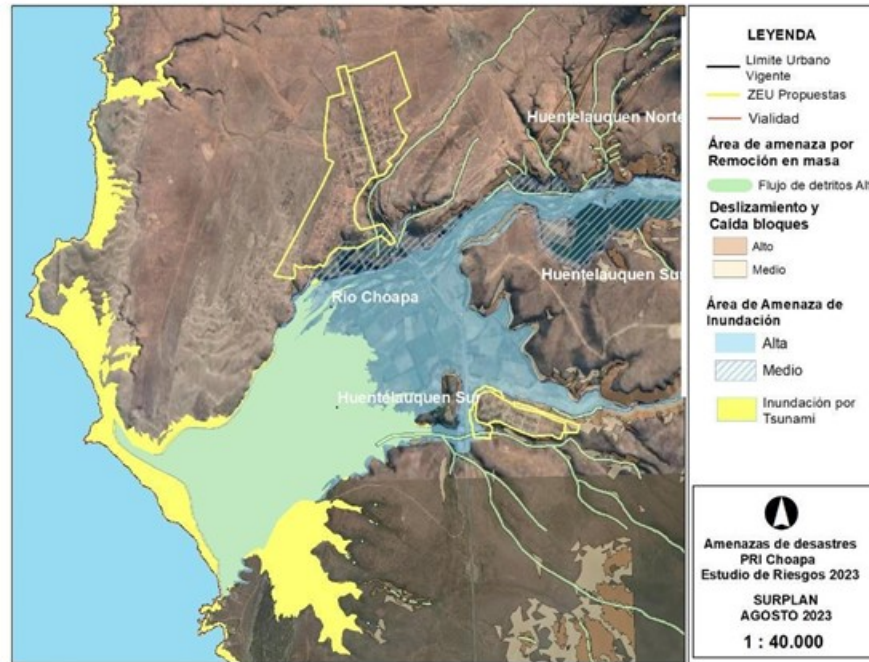


Fuente: Elaboración propia en base a restitución cartográfica 2021.

El Estudio de Riesgos del 2019 para la comuna de Los Vilos señala que la línea de alcance máximo de las aguas por efecto de tsunami para los casos específicos de Los Vilos y Pichidangui-Quilimarí, indica un avance -medido desde la línea de playa hasta los puntos más alejados- de 380 m en Matagorda, Los Vilos, de 800 m en el sector de Av. Santa Inés y 1.150 m en la quebrada Ralunco en Pichidangui, todos sectores donde la topografía del terreno es más plana y de menores obstáculos que justifican el gran avance de la inundación. Es importante señalar que, debido a su localización y a la morfología de las desembocaduras de ríos exorreicos en el mar, estos espacios son altamente vulnerables a más de un tipo de amenaza, ya que la masa de agua de mar entra por la desembocadura río arriba aprovechando la escasa pendiente de su exutorio, y la amplitud que alcanza el cauce a esta altura (entre la cota 0 y 10 msnm), volviéndose igualmente vulnerable a

eventos de inundación de ambos tipos. De esta manera, la población de estas comunidades se encuentra afecta tanto a la amenaza de inundación por tsunami, como a la de inundación por desborde de cauces.

Figura 54- Amenaza de Inundación Borde Costero Norte, sector Huentelauquén.



Fuente: elaboración propia PRI CHOAPA 2023.

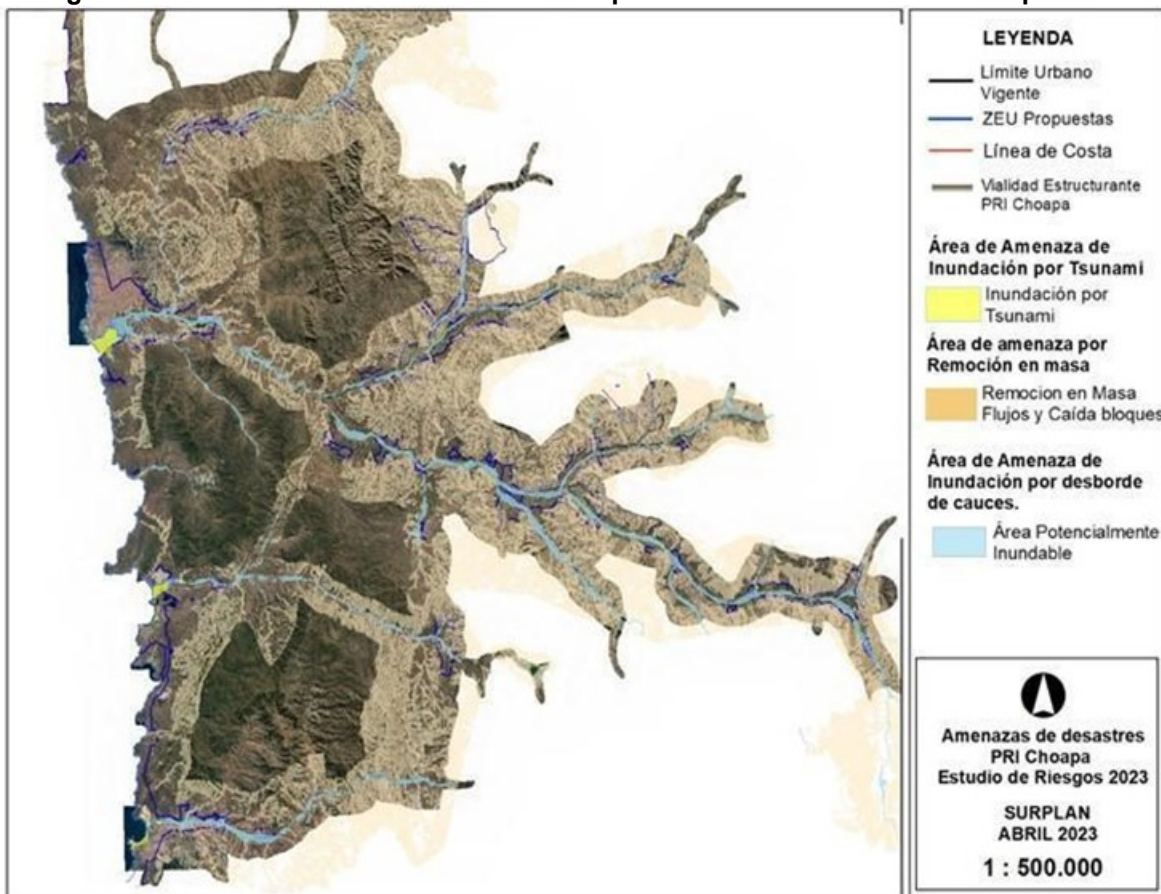
A nivel provincial la amenaza de inundación por desborde de ríos se suscita a lo largo de los cauces y terrazas fluviales de los principales ríos y afluentes que atraviesan los cordones transversales de la provincia del Choapa, que es además el principal patrón de asentamiento humano en la región. Sin embargo, gran parte de los lechos inundables se encuentran con un uso de suelo agrícola, aprovechando el recurso agua para regadío de cultivos, lo que mitiga de alguna manera el impacto directo sobre la población. Sin embargo, la angostura de los valles ha hecho que las nuevas viviendas, tanto al interior del área urbana consolidada como en las áreas rurales, tiendan a establecerse junto a zonas de pendientes mayores, lo que se traduce en la exposición de su población ante la amenaza de remoción en masa, ya sea por caída y arrastre de material por gravedad, o por flujos de barro y detritos, los que se han registrado y suceden sobre todo en ocasiones de eventos climatológicos extremos, con una frecuencia cada vez más corta en cuanto a su período de retorno. Por tanto, es importante considerar que, si bien la tendencia pluvial de la provincia como parte del territorio semidesértico, apunta a períodos de sequías cada vez más prolongados, y a temperaturas cada vez mayores (acentuando con ello los períodos secos), no hay que descartar la magnitud de los eventos extremos ante las crecidas esporádicas de los cursos de agua, los cuales suelen abarcar extensiones más allá de sus lechos fluviales.

Debe considerarse que el riesgo de inundación no es el único que se presenta en las comunas del borde costero de la provincia, ya que desde la línea de costa y hacia el interior de los cursos de agua exorreicos que llegan al mar, se presentan diferencias abruptas de altura, generándose pendientes medias a fuertes; las que sumadas a su tipo de suelo, exposición de ladera, su grado de erosión y la escasa cobertura vegetal que poseen, presentan todas las condiciones para el desarrollo de eventos de remoción en masa. Estos

eventos pueden suscitarse de manera localizada o simultáneamente, tal como se registra en los informes emitidos por SERNAGEOMIN para el evento extremo del 2015, en el que se manifestaron episodios de desprendimientos, caídas de bloques, y flujo de detritos. Por lo que una oportuna regulación de las zonas de restricción por riesgos de desastres tanto de origen natural como antrópico, será determinante en una buena planificación y administración del territorio provincial. Sobre todo, considerando aquellas localidades rurales que se emplazan dentro del área de influencia de algún evento de amenaza o riesgo, pero fuera de los límites urbanos, quedando fuera de la regulación a escala comunal, ante lo cual prevalecen las zonas de restricción definidas por el PRI a escala provincial.

Por otra parte, la existencia de cordones transversales en prácticamente toda la extensión del territorio, sumado a las características climáticas propias de una región semidesértica, dota de las condiciones propicias para que la amenaza de remoción en masa esté presente en casi toda la provincia del Choapa.

Figura 55- Amenazas naturales en el área de planificación Provincia del Choapa 2023.



Fuente: Elaboración propia en base a restitución cartográfica 2021.

Como es posible observar en las imágenes anteriores, las amenazas de riesgos naturales se encuentran presentes a lo largo de todo el territorio provincial, sin embargo, existen diferencias entre las zonas urbanas y rurales, ya que en las zonas urbanas el emplazamiento de la trama urbana no ocupa sólo la escasa extensión del valle, usualmente entre la T₁ y T₂, sino que se extiende hasta laderas con pendientes inclinadas como es el caso de Illapel, Mincha (Norte y Sur) y Canela (Alta y Baja).

Si bien la amenaza de inundación por desborde de ríos o cauces está presente en la totalidad de las localidades aquí analizadas, lo cierto es que la población se localiza

preferentemente fuera de su área de influencia en condiciones normales, dándole un uso preferentemente agrícola a la T₀ y a la T₁, sin embargo, los eventos extremos de crecidas del río como los acontecidos entre los años 1985 y 1987, lograron afectar a aquellas urbanizaciones que se localizan junto al lecho del río con escasa diferencia de altura entre sus terrazas, tal como ocurrió en el caso de Limáhuida, Choapa o Chillepín, en los que la crecida del río alcanzó a las viviendas y puentes menores presentes en la T₁. En el caso de Chillepín, la diferencia de altura de sus terrazas es mínima (50 cms aprox) debiendo recurrir a la instalación de gaviones que contengan las crecidas del río.

Foto 7 y Foto 8: Diferencia de altura entre lecho inundable del río y la T₁ que va contigua a la vía pública en Chillepín.



Fuente fotos: la autora, enero 2023.

Figura 56- Presencia de gaviones en las orillas del Río Choapa a la altura de Chillepín, frente a la ruta D-825.



Fuente: Google Earth, 2023.

Por otra parte, la amenaza de remoción en masa es prácticamente una constante en todo el territorio habitable de los valles interiores, debiendo tomar especial atención al cruce de amenazas como la de inundación con la de flujos de detritos, ya que esto puede desencadenar flujos o coladas de barro con material detrítico que, a determinada velocidad,

podría actuar como un riesgo acumulado, superando los umbrales definidos para cada amenaza por separado.

En síntesis, la presencia de amenazas o multiamenazas de origen natural en las localidades del área de planificación, restringen y delimitan de manera natural el territorio a zonificar; sin embargo, la sola presencia de uno o más riesgos no es una limitante en sí para la extensión del territorio, sino que, a lo ya indicado en el cuadro de criterios de amenazas detallado en la metodología, se debe considerar la extensión y ocupación de la amenaza dentro del área a planificar. De esta forma, si un área de ZEU presenta dos amenazas altas pero que sólo bordean el límite definido u ocupan un porcentaje residual del área total a urbanizar, éstos no debiesen resultar en una restricción o limitación total de esa zona, sino que, solamente del % de territorio afecto a la amenaza.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las amenazas presentes en cada localidad, y la zonificación propuesta para cada una de ellas, una vez considerados los criterios de restricción por exposición al riesgo (el peso de la amenaza en cada localidad considerando el nivel susceptibilidad y su extensión dentro de la zona propuesta).

Cuadro resumen de amenazas por localidad y su zonificación final

COMUNA	LOCALIDAD	SUSCEPTIBILIDAD Y TIPO AMENAZA	ZONA ANTEPROYECTO
CANELA	Caleta Maitencillo	Tsunami Alto, Flujo Detritos Alto, RM Media	ZEAP-C
	Caleta Puerto Oscuro	Tsunami Alto, RM Media y Alta, Flujo Detritos Alto	ZEAP-C
	Caleta Puerto Manso	Tsunami Alto, Remoción Media y Alta	ZEAP-C
	Caleta Huentelauquén	Tsunami Alto	ZEAP-C
	Los Pozos	Inundación Media, RM Media	ZEAP
	Mincha Norte	Inundación Alta, RM Media y Alta, Flujo Detritos Alta	ZEU
	Mincha Sur	Remoción en Masa Media y Alta, Flujo Detritos Alta	
	Huentelauquén Norte	Flujo Detritos Alta, Inundación Media	ZEU-3, ZEU-RAMSAR
	Huentelauquén Sur	Flujo Detritos Alta, Remoción en Masa Media	ZEU-3, ZEU-RR
	Canela Baja	Inundación Media y alta, Flujo de Detritos Alta, RM Media y Alta	ZEU-1, ZEU-RR
	Almendro	Remoción en Masa Media y Alta, Inundación Media	ZEU-1, ZEU-RR
	El Llano	Flujo Detritos Alto, Inundación Media, RM Media	ZEU-1, ZEU-RR
	Canela Alta	Flujo Detritos Alto, RM Media y Alta, Inundación Media	ZEU-1, ZEU-RR
ILLAPEL	Cárcamo	Flujo de Detritos Alto	ZEU-3
	Huintil	Remoción en Masa Media y Alta.	ZEU-3
	Carén	Flujo de Detritos Alto	ZEU-3
	Las Cañas I	Flujo de Detritos Alto, RM Medio	ZEU-3
	Las Cañas II	Remoción en Masa Medio	ZEU-3
	Limáhuida	Inundación Alta, Remoción en Masa Alta y Media	ZEU-3, ZEU-RR
	Peralillo	Flujo de Detritos Alto	ZEU-3
	Socavón	Remoción en Masa Media	ZEU-3
	El Maiten	Flujo Detritos, Inundación Media	ZEU-1
	Aucó	Flujo Detritos, Inundación Media	ZEAP
	Illapel Norte	Remoción en Masa Alta, Flujo de Detritos Alto	ZEU-RR

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE
CHOAPA

	Illapel Sur	Remoción en Masa Alta, Flujo de Detritos Alto	ZEU-1 , ZEU-RR
	Las Cocineras	Flujo Detritos Alto, Inundación Media, RM Media y Alta	ZEU-1
	Los Guindos	Inundación Media, Remoción en Masa Media	ZEU-3
SALAMANCA	Chuchiñí	Sin Riesgos	ZEU-3
	Tahuinco	Flijo de Detritos Alto, Inundación Media	ZEU-3
	El Tambo- El Tambo Oriente	Inundación Media, Rremoción en Masa Media y Alta	ZEU-3
	El Queñe	Flujo Detritos Alta, Inundación Media	ZEU-3
	El Queñe Norte	Flujo Detritos Alta, Remoción en Masa Alta, Inundación Media	ZEU-1
	Salamanca	Inundación Media, Flujo Detritos Alta	ZEU-1
	Cancha Brava	Flujo Detritos Alta, Remoción Media	ZEU-1
	San Agustín	Sin Riesgos	ZEU-3
	Higuerilla	Flujo Detritos Alto	ZEAP
	Jorquera	Flujo Detritos Alto	ZEU-3
	Panguesillo	Flujo Detritos Alto, Remoción en Masa Media	ZEU-3
	Llimpo	Flujo Detritos Alto, Inundación Media	ZEU-3
	Quelén Bajo	Inundación Alta, Remoción en Masa Media	ZEU-3
	Coirón	Flujo de Detritos Alto	ZEU-3
	Chillepín	Remoción en Masa Alta, Inundación Media	ZEU-3, ZEU-RR
	Tranquilla	Remoción en Masa Media, Inundación Alta	ZEU-3
	Cuncumén	Remoción en Masa Media y Alta, Inundación Alta	ZEU-3, ZEU-RR
Batuco	Flujo Detritos Alta, RM Alta, Inundación Media		
LOS VILOS	Caleta Chigualoco	Tsunami Alto, Flujo Detritos Alto, RM Media	ZEU-2, ZEU-RR
	Los Vilos - Quereo	Flujo Detritos Alto, Tsunami Alto	ZEU-1
	Caimanes	Flujo Detritos Alto, Inundación Media	ZEU-3, ZEU-RR
	El Mauro	Flujo Detritos Alto, Remoción en Masa Alta y Media	ZEAP-RR
	Tílama	Remoción en Masa Media	ZEU-3
	Guangualí	Inundación Media, Flujo Detritos Alto, RM Media y Alta	ZEU-RR
	Quilimarí	Tsunami Alto, Inundación Alto	ZEU-1, ZEU-3
	Pichidangui - Sta Inés	Tsunami Alto, Flujo Detritos Alto	ZEU-1
	Punta Quelén	Tsunami Alto, Flujo Detritos Alto	ZEU-2, ZEU-RR

Fuente: elaboración propia, 2023.

IV.- AMENAZAS ANTRÓPICAS EN LA PROVINCIA DEL CHOAPA

IV.1 Amenazas derivadas de la actividad minera

Dado que la región tiene una vocación preferentemente minera, una de las amenazas de tipo antrópica latente en todo el territorio de planificación es la presencia de Pasivos Ambientales Mineros, entendidos como antiguos depósitos de embalses o tranques de relaves que actualmente se encuentran en estado inactivo o abandonados, y por tanto, quedan fuera de las nuevas regulaciones respecto al depósito, tratamiento y mitigación de este tipo de residuos.

Si bien una operación minera activa puede constituir, a juicio de la población circundante, una amenaza latente de tipo antrópica, en el presente estudio se dejan fuera de esta clasificación, dado que, al estar activas, existe una normativa, regulación y fiscalización constante por parte de las autoridades competentes, no siendo objeto del presente instrumento. Por lo tanto, sólo se considerarán aquellos pasivos ambientales catastrados al 2023, es decir, aquellos relaves que se encuentran en categoría de abandonados, inactivos, irregular operativos y paralizados por sanción, estas últimas dos categorías se considerarán en el catastro y espacialización de este tipo de amenaza, ya que si bien se encuentran operativos, el hecho de que estén operando irregularmente o hayan recibido alguna sanción, es un antecedente de que probablemente no cumplan con un futuro Plan de Cierre y pasen a la categoría de abandonados o inactivos, sin ningún tipo de tratamiento o mitigación. El problema de los tranques de relave en abandono y otras categorías mencionadas, es que en el pasado no existía una normativa que regulara su cierre, y si bien en la actualidad se cuenta con la Ley de Cierre de Faenas Mineras (Ley N° 20.551, 2011) que se creó con el fin de resguardar el ambiente y la salud de la población a dicha operación, ésta no es retroactiva, por tanto, existe una alta posibilidad de que algunas sustancias peligrosas que no se pudieron eliminar o extraer, aún permanezcan latentes en los depósitos de relaves y exista el riesgo de que alguna intervención antrópica o natural exponga estos contaminantes ante el medio circundante.

De los 109 depósitos de relaves existentes en la provincia a ese año, 71 de ellos se encontraban en la condición de abandonados, 3 en inactivos, 8 en activos, 5 en eliminados, 2 en paralizados por sanción y otros 2 en revisión de proyecto, repartidos entre las 4 comunas de la provincia, tal como muestra la figura a continuación. Efectivamente, es en los valles interiores cordilleranos de las cuencas del Estero Aucó, Río Illapel, Río Choapa, Río Chalinga, Estero La Canela y Estero Pupío, donde se encuentran emplazados la mayor parte de este tipo de pasivos ambientales.

Dentro de ellos, son los pasivos ambientales mineros que se ubican en el tramo final del Río Choapa, desde Salamanca hacia el Río Chalinga aguas arriba, y desde Illapel subiendo por el Estero Aucó, los que presentan una mayor amenaza de contaminación para su entorno, debido al alto grado de concentración de metales pesados. En efecto, al analizar esta amenaza a una escala menor, es posible distinguir el patrón de asentamiento de estos depósitos de relaves abandonados e inactivos junto o dentro de la T₀, confundiendo con los áridos y vegetación ribereña propia del lecho del río. Es común también, ver que la localización de los tranques se ubica sobre superficies de laderas de alta pendiente, junto a quebradas que son afluentes directos de los principales cursos de agua de la Provincia, es decir, ante un eventual desborde, ya sea por movimiento tectónico, deslizamiento del terreno, o intervención antrópica, el vertido caería directamente sobre los poblados o sobre el curso directo de los ríos y esteros que conforman las cuencas antes mencionadas.

En este mismo sentido, el tramo mismo del Concentraducto, constituye por sí mismo otra amenaza de este tipo, puesto que si bien se encuentra en operación y constante mantención, ha presentado fugas que han constituido conflictos ambientales con la población circundante, tal como ocurrió con el vertimiento de uno de los estanques de la estación Choapa en el poblado del mismo pueblo, así como la fuga superficial que se registró a la altura de Llimpo, contaminando parte de los suelos agrícolas de una de las parcelas que se emplazan entre el camino principal y el río¹⁵, entre muchas otras denuncias

¹⁵ [Concentraducto de cobre de Minera Los Pelambres sufrió rotura en sector de Llimpo - Radio Guayacán](#)

que se han levantado contra las operaciones mineras emplazadas entre los valles del Río Illapel y Río Choapa (OLCA)¹⁶.

Figura 57- Pasivos ambientales definidos como SPPC de alta prioridad localizados sobre el Estero Chalinga y el Río Choapa a la altura de Salamanca.



Fuente: Sernageomin 2023 y Ministerio de Medioambiente, 2022.

Por otro lado, y dentro de las aportaciones de organismos públicos que se hicieron llegar como antecedentes relevantes para el presente estudio, se cuenta con el Catastro de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (Ministerio de Medioambiente, 2022), que avanza hacia la determinación de la posible amenaza o riesgo de que los relaves puedan contaminar los suelos y aguas circundantes en relación con la exposición hídrica y agroalimentaria. Este catastro clasifica y prioriza aquellos depósitos en categorías alta media y baja prioridad, conforme a los criterios aquí definidos:

- Población residente a ≤ 2 km y Ecosistemas Hídricos utilizados para agua potable (Alta Prioridad);
- Población residente a > 2 km y < 3 km y Ecosistemas Hídricos para otros usos (Mediana Prioridad);
- Uso de Suelo: agrícola, recreacional o industrial (Moderada Prioridad);
- Ecosistemas Sensibles (Baja Prioridad).

Entre las actividades, sectores y/o rubros que pudieron derivar en la generación de suelos con potencial presencia de contaminantes se pueden mencionar, por ejemplo, actividades mineras, refinерías de petróleo, fundiciones, termoeléctricas y metalúrgicas, almacenamiento de plaguicidas, industrias manufactureras donde exista manejo de productos potencialmente tóxicos, rellenos y/o vertederos, botaderos clandestinos y confinamiento de residuos industriales, zonas de derrames o accidentes químicos ambientales, almacenamiento transitorio de residuos peligrosos, aserraderos y cepilladura de madera, entre otras¹⁷. Con el fin de homologar los criterios definidos para los niveles de

¹⁶ Fuente: Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) sitio web <https://olca.cl/oca/chile/region04/lospelambres38.htm> visitado el 3 de febrero 2023.

¹⁷ Catastro de Suelos con potencial Presencia de Contaminantes (2022:8).

amenaza aquí expuestos, se considerarán sólo aquellos de categoría de priorización alta y media.

Noticia sobre rotura del Concentraducto el 31 de mayo 2022.



LA RADIO NOTICIAS PROGRAMACIÓN EDITORIAL AVISOS LEGALES



0 shares

Concentraducto de cobre de Minera Los Pelambres sufrió rotura en sector de Llimpo

NOTICIAS REGIONAL TITULARES 31 Mayo, 2022 Kike Mursell

Una emergencia ambiental es la que se está desarrollando en la comuna de Salamanca, luego que un concentraducto de cobre de Minera Los Pelambres, sufriera una rotura en el sector de Llimpo.

Hecho que provocó que la Junta de Vigilancia del Río Choapa, junto con informar a los dirigentes de las comunidades de aguas, activara los protocolos de emergencia para proteger el caudal y cerrara de forma temporal dos compuertas automáticas de riego ubicadas en la posible zona de afectación.

También se están llevando a cabo coordinaciones con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias para realizar muestreos en terreno y evaluar el impacto en la ribera del río Choapa.

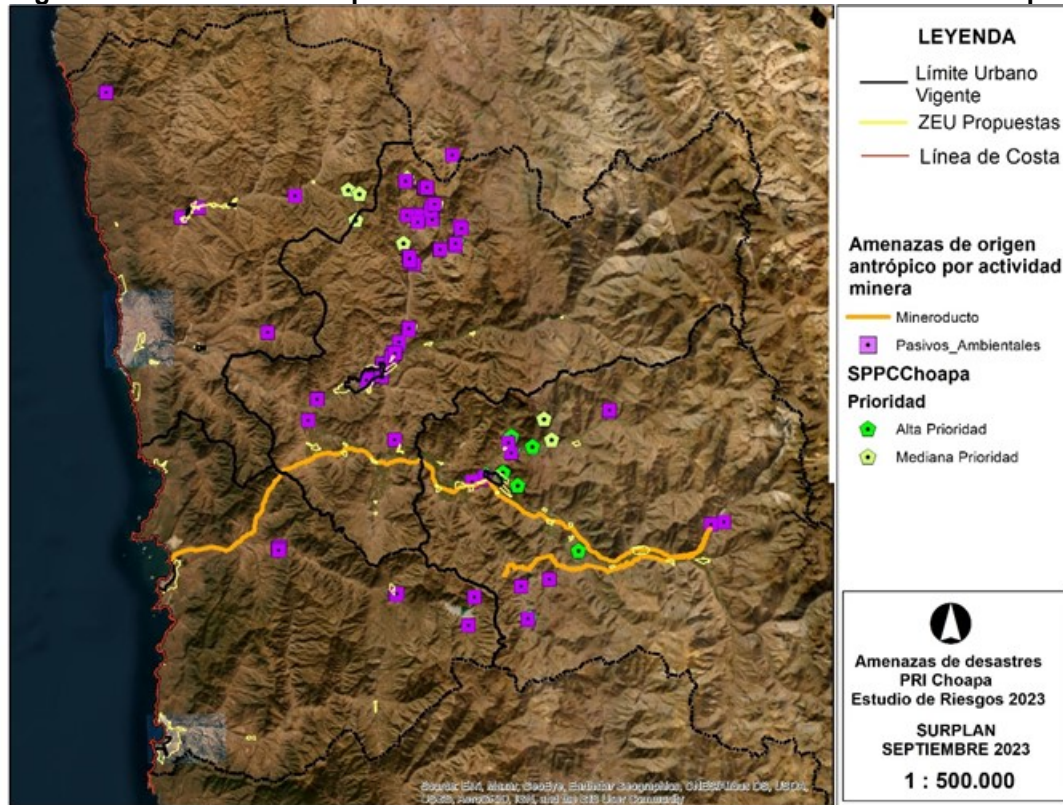
Por su parte, profesionales de la Oficina de Medio ambiente y personal de emergencia de la Municipalidad de Salamanca concurren al lugar para efectuar una evaluación del derrame y sus eventuales consecuencias,

Pronunciamiento de Los Pelambres

La empresa Minera Los Pelambres informó que la rotura se detectó a las 14:30 horas de este martes a la altura del kilómetro 38 de la tubería del sistema de transporte de concentrado.

Fuente: www.radioguayacan.cl

Figura 58- Amenazas antrópicas vinculadas a la minería en la Provincia de Choapa.



Fuente: elaboración propia, a partir de información entregada por SERNAGEOMIN Coquimbo 2023.

IV.2 Amenaza de Incendios Forestales

Otro de los riesgos antrópicos identificados a nivel de todo el territorio provincial, es el de incendios forestales. Cabe recordar que entre el 2015 y el 2018 se suscitaron varios episodios de megaincendios a lo largo de todo el país (43 eventos). En la Provincia del Choapa los incendios arrasaron con 3.970 hectáreas de bosques y vegetación nativa, que es el foco de este tipo de amenazas (excluyendo los siniestros de carácter doméstico o de recurrencia urbana).

Al observar el patrón de localización de los incendios registrados durante el período comprendido entre 2010 y 2022, es posible observar que es en la franja paralela a la ruta 5 hacia el borde costero, así como en el tramo interior sur del Río Choapa donde se han suscitado con mayor frecuencia siniestros de este tipo, registrándose incendios mayores en las localidades de Batuco, Cuncumén, Chillepín, El Queñe, Chuchiñi y Las Cañas, así como en El Tebal (cuenca el Río Chalinga) y El Maitén hacia la cuenca del río Illapel. Es decir, estos incendios se han desarrollado donde existe un mayor tránsito de personas, así como en sectores de actividades productivas que implican un constante flujo de recursos y personas. De ahí que este tipo de evento sea considerado antrópico, a pesar de que la afectación la sufren mayormente la vegetación y especies nativas de la flora y fauna circundante.

El tipo de vegetación xerófila y su cobertura presente a lo largo de toda la provincia es propicia para la generación y expansión de incendios de tipo estacional. En una temporalidad mayor (2010-2022), se contabilizaron 135 focos de incendios de tipo forestal y agrícola, con un marcado patrón espacial del origen del fuego en torno a las riberas del río Choapa, río Illapel y borde costero, emulando el patrón espacial de asentamientos poblados, con 6.752 há totales de superficie afectada en estos 12 años; siendo la comuna de Los Vilos la comuna más afectada en extensión de superficie por estos incendios. En base a la espacialización de los incendios acontecidos entre el 2015 y la temporada 2016-2018 registrados por CONAF, fue posible establecer las áreas de mayor recurrencia de estos fenómenos en la Provincia de Choapa, en base a una metodología adaptada de la aplicada por CONAF. Cabe destacar que esto no es equiparable a una definición de áreas de mayor susceptibilidad a la amenaza de incendios, dado el carácter dinámico de los factores que los provocan.

Tabla 11- Parámetros para la amenaza antrópica de Incendio o Zonas de restricción por Peligros Antrópicos.

Parámetro	Descripción	Nivel de amenaza
Localización y Recurrencia	La localización permite identificar áreas o puntos donde hay más probabilidad de ocurrencia de un evento. El cruce de ambas variables lleva a establecer patrones espaciales en la ocurrencia de eventos de incendios, dando cuenta que en un lugar donde han ocurrido varios eventos (en el mismo año o en años seguidos) se presentan las condiciones propicias para el desarrollo del fuego.	Caminos principales y secundarios = Alto. Presencia de tendido eléctrico = Medio Otras causas = bajo.
Causa generada	La identificación de las causas asociadas al origen del siniestro permite establecer la categorización de la amenaza en base a la estadística que la información en detalle de los eventos arroja para el territorio (Provincia), conduciendo también a identificar las acciones asociadas a su prevención.	Accidentes eléctricos por cortes de cable, caída de postes, incendios de causa desconocida y quema de desechos = Alto. Incendios intencionales y tránsito de personas = Medio Faenas agrícolas y otros = Bajo
Tipo combustible	La vegetación asociada al tipo de combustible involucrado (Pastizal, Matorral, Bosque, Uso Agrícola) es otro de los factores condicionantes de la amenaza de incendio.	Pastizal = Alto Matorral y desechos = Medio Arboledas = Bajo.

Fuente: elaboración propia.

A diferencia de las amenazas naturales, cuyo peligro radica en la localización y alcance de sus riesgos, para el riesgo o amenaza de incendios de tipo forestal es difícil establecer algún patrón predictivo de este tipo de eventos, ya que, al ser 100% originados por causas antrópicas de manera directa (incendio intencional) o indirecta (caída de postes o corte

eléctrico), los focos u origen de estos son también móviles e inesperados, sobre suelos expuestos cuya condición combustible es cambiante.

Figura 59- Incendios Forestales en la Provincia de Choapa entre 2010-2022

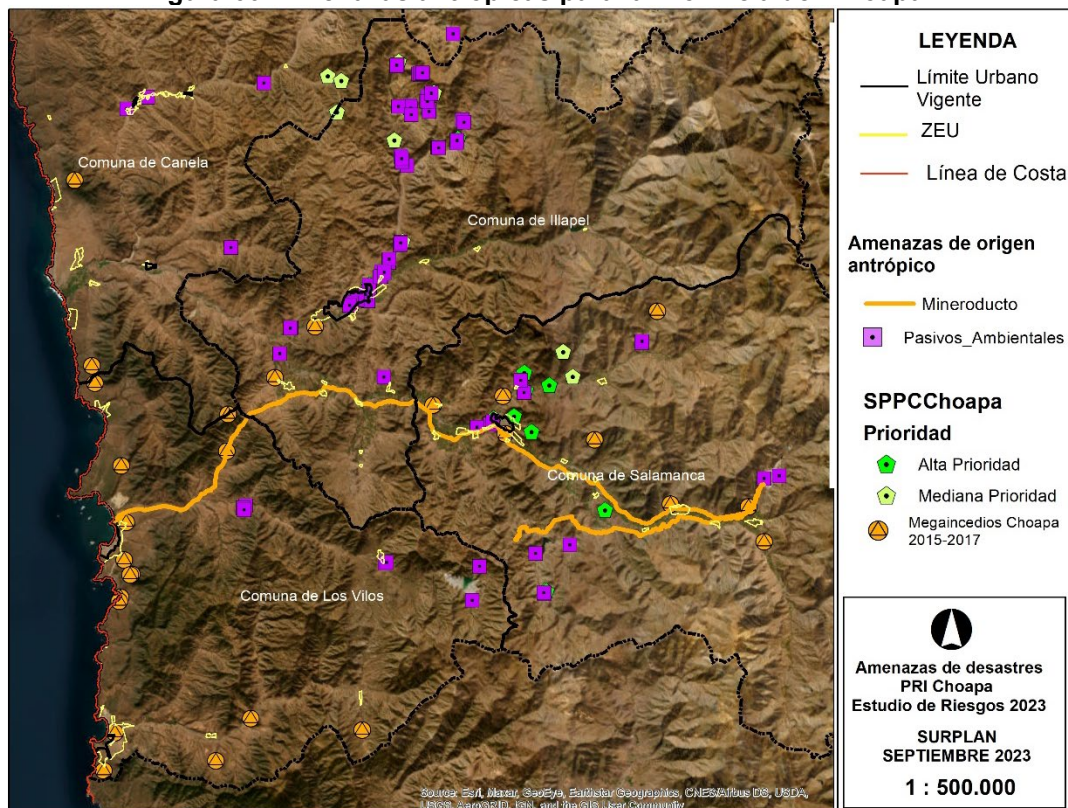


Fuente: Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos.

Es importante señalar que, además de los siniestros aquí registrados, se suscitan eventos de incendios menores no catastrados a lo largo de todo el lecho fluvial de los principales cursos de agua de la provincia, ya sea por quema de pastizales y basura, o por presencia de población flotante. Las metodologías existentes se basan en factores condicionantes referidos usualmente a vegetación de tipo arbórea o arbustiva de gran densidad en estado de stress hídrico o seca conforme la estación del año, o lo que se considera como masa o carga combustible. Debido a las características climáticas de la provincia, existen pocos sectores con una densidad arbórea de tipo boscoso o forestal cercanos a una vía de tránsito que pueda verse afectada, más allá de las Reservas Nacionales o áreas SNASPE en la región. Por otra parte, los pastizales y matorrales arbustivos que tienden a secarse durante la estación estival, se vuelven un factor de combustión condicionante para el inicio de un incendio, y los transeúntes o visitantes que suelen instalarse de manera recreativa en los bordes de ríos y quebradas, los principales factores detonantes. un incendio que ha consumido la carga combustible de un área, reducirá la posibilidad de que éste se repita, así como puede variar la susceptibilidad según cambios en las plantaciones o por acumulación de desechos.

Más allá de este análisis a nivel provincial, el riesgo de incendio no será considerado gráficamente a la hora de zonificar, dado que, como se explicó, es difícil establecer un patrón predictivo de este tipo de eventos, que, por lo demás, son dinámicos y no constituye parte de los riesgos asociados al 2.1.17 de la OGUC, que es el foco del presente estudio. Sin embargo, debido a la Circular 269 de junio de 2014, se ha incorporado el análisis de esta amenaza a nivel provincial. Se entenderá que este tipo de amenaza antrópica se homologa al área potencialmente inundable de los cursos de agua, donde se tiende a concentrar la masa arbórea. Lo señalado remite a que las áreas susceptibles de incendio deban ser un foco de interés para planes de gestión de riesgo, más que para la planificación territorial.

Figura 60- Amenazas antrópicas para la Provincia del Choapa.



Fuente: elaboración propia a partir de información SERNAGEOMIN 2023, MINMA 2022, CONAF 2018 y SURPLAN 2023.

V.- CONCLUSIONES

Las amenazas tanto naturales como antrópicas aquí analizadas a escala provincial, dan cuenta de la existencia de una multiplicidad de eventos que constituyen un riesgo para la población y sus recursos, sobre todo, porque dichas amenazas tienden a concentrarse en las mismas localidades y en las mismas extensiones del territorio provincial, generando efectos de peligro acumulado, tal como ocurre en el caso de los valles de las comunas de Illapel y Salamanca. Considerando las características propias de un territorio montañoso, que lo vuelve más susceptible a las amenazas de remoción en masa y flujo de detritos, sumado al siempre latente peligro de inundación por desborde de cauces, mantienen las amenazas antrópicas derivadas de la extensiva actividad minera que se desarrolla en dichas comunas, con las consiguientes amenazas por pasivos ambientales que pueden potencialmente contaminar los suelos, y de igual forma, los escasos cursos de agua permanente en la Provincia, particularmente ante la presencia de un concentrado que atraviesa la provincia cruzando gran parte de los poblados donde se definieron ZEU.

Otra manifestación de la concentración y superposición de amenazas ocurre con el traslape de la inundación por tsunami y la inundación por desborde de cauces en las desembocaduras de los principales ríos de la provincia, dada la existencia de humedales estuarinos de gran amplitud, que permiten la salida de los flujos provenientes de crecidas río arriba, pero a su vez permiten la entrada del contraflujo marino por efectos de tsunami o marejadas. Esto se explicaría porque la morfología particular de esta región, con cordones montañosos seguidos inmediatamente de la unidad del borde costero, genera que se produzcan más de un tipo de amenaza en un tramo corto de extensión, y que además éstos acentúen la magnitud de los mismos, como los efectos aluvionales de una lluvia extrema en la zona cordillerana, con flujos húmedos de gran velocidad que van arrastrando todo el material meteorizado de las quebradas secas e intermitentes que son afluentes de los principales ríos, desencadenando crecidas e inundaciones tipo aluvión hasta su desembocadura en el borde costero. Por otra parte, la información recopilada nos revela que en la provincia de Choapa la sismicidad de alta intensidad aumenta las probabilidades para la generación de amenaza por tsunami, doblando el riesgo o amenaza por desastres naturales desde la zona interior hacia el borde costero. Y que, intensidades como las registradas a nivel de sismo, pueden ser un factor desencadenante de otro tipo de peligros geológicos, tales como las remociones en masa.

Si a lo anterior se considera además que la presencia de los pasivos ambientales en los valles interiores, así como los suelos con potencial presencia de contaminantes, y aún más, los siniestros de incendio se desarrollan de forma concentrada entre los cursos medio y alto de las subcuencas de los Ríos Illapel y Choapa, se vuelve imperativo contar con **planes para la reducción del riesgo de desastres en estas comunas**, dado que un evento extremo, como podría ser un sismo de gran magnitud, podría eventualmente ocasionar la detonación de amenazas de remoción en masa, o derrame de algunos pasivos, generándose efectos de riesgos acumulados. De igual forma, un evento hidrometeorológico como el acontecido el 2015, con elevación de la cota de nieve, podría desencadenar eventos de flujos aluvionales e inundación en los valles más cercanos a las cabeceras fluviales.

ANEXO 1.

Grados de magnitud de Tsunami

Grado Tsunami <i>m</i>	Altura de la ola [m]	Cota máxima de inundación (<i>runup</i>) [m]	Descripción de los daños
0	1 - 2	1 - 5	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Humanos, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa.
4	> 30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera.

Fuente: Observatorio de Ciudades, Universidad Católica, 2011.

ANEXO 2.

Listado de Pasivos Ambientales inactivos, abandonados, irregulares y sancionados en la Provincia al 2023.

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE
CHOAPA

N°	TIPO INSTALACIÓN	RECURSO MINERO	UTM NORTE	UTM ESTE	COTA	HUSO	DATUM	ESTADO
1	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6521600	308700	839	19	PSAD-56	ABANDONADA
2	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6521247	308929	833	19	PSAD-56	ABANDONADA
3	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6498347	296635	356	19	PSAD-56	ABANDONADA
4	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6528629	300385	1187	19	PSAD-56	ABANDONADA
5	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6500236	296819	370	19	PSAD-56	ABANDONADA
6	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6528491	300245	1181	19	PSAD-56	ABANDONADA
7	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6498439	296635	353	19	PSAD-56	ABANDONADA
8	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6498357	296615	357	19	PSAD-56	ABANDONADA
9	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6498401	296608	355	19	PSAD-56	ABANDONADA
10	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - COBRE	6505577	300732	480	19	PSAD-56	ABANDONADA
11	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6528570	300299	1182	19	PSAD-56	ABANDONADA
12	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6500149	296838	369	19	PSAD-56	ABANDONADA
13	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6523261	301994	875	19	PSAD-56	ABANDONADA
14	DEPÓSITO - EMBALSES	SULFUROS DE COBRE	6523439	302038	895	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
15	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6523307	302011	878	19	PSAD-56	ABANDONADA
16	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6518034	305546	700	19	PSAD-56	ABANDONADA
17	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - COBRE	6518033	305614	694	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
18	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - COBRE	6518015	305653	697	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
19	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6498509	295100	600	19	PSAD-56	ABANDONADA
20	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6516842	300820	615	19	PSAD-56	ABANDONADA
21	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6516962	300801	689	19	PSAD-56	ABANDONADA
22	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6524013	304104	1060	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
23	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6503688	299311	412	19	PSAD-56	ABANDONADA
24	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6503649	299278	411	19	PSAD-56	ABANDONADA
25	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6503757	299305	424	19	PSAD-56	INACTIVA
26	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6523072	302068	879	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
27	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6527411	303310	1521	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
28	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6527478	303078	1455	19	PSAD-56	ABANDONADA
29	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6527564	303246	1485	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
30	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6527479	303487	211	19	PSAD-56	ABANDONADA
31	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6516134	300995	595	19	PSAD-56	ABANDONADA
32	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6516375	300921	603	19	PSAD-56	ABANDONADA
33	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6516217	300927	595	19	PSAD-56	ABANDONADA
34	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6505909	300818	458	19	PSAD-56	ABANDONADA
35	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6505830	300799	458	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
36	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6494987	286745	224	19	PSAD-56	ABANDONADA
37	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6494958	286692	232	19	PSAD-56	ABANDONADA
38	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6494894	286624	232	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
39	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6499192	296271	350	19	PSAD-56	ABANDONADA
40	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6500400	296756	296	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
41	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6498455	295056	319	19	PSAD-56	ABANDONADA
42	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6498531	295206	319	19	PSAD-56	ABANDONADA
43	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6498503	295165	318	19	PSAD-56	ABANDONADA
44	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6498575	295227	321	19	PSAD-56	ABANDONADA
45	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - COBRE - PLATA	6502191	298321	410	19	PSAD-56	ABANDONADA
46	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6518719	307982	770	19	PSAD-56	ABANDONADA
47	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6518598	307964	765	19	PSAD-56	ABANDONADA
48	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6522870	304480	955	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
49	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6522750	304475	950	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
50	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6522665	304425	944	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
51	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6524572	304246	1146	19	PSAD-56	ABANDONADA
52	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6523920	304212	1064	19	PSAD-56	ABANDONADA
53	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6524943	304754	1258	19	PSAD-56	ABANDONADA
54	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6498065	294525	308	19	PSAD-56	ABANDONADA

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE
CHOAPA

55	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6525012	304750	1269	19	PSAD-56	ABANDONADA
56	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6498110	294430	321	19	PSAD-56	ABANDONADA
57	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6497832	294253	305	19	PSAD-56	ABANDONADA
58	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6527534	303637	1573	19	PSAD-56	ABANDONADA
59	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO	6491650	285250	195	19	PSAD-56	ABANDONADA
60	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6501988	298674	422	19	PSAD-56	ABANDONADA
61	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURÍFERO	6501940	298694	418	19	PSAD-56	ABANDONADA
62	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFURO AURIFERO	6502030	298663	424	19	PSAD-56	ABANDONADA
63	DEPÓSITO - EMBALSES	OXIDOS DE COBRE	6522230	302175	815	19	PSAD-56	ABANDONADA
64	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6518987	307999	680	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
65	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO	6518953	308020	766	19	PSAD-56	ABANDONADA
66	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6505207	279008	302	19	PSAD-56	ABANDONADA
67	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - PLATA	6532591	307532	1306	19	PSAD-56	ABANDONADA
68	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6542227	254138	210	19	PSAD-56	ABANDONADA
69	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO - COBRE	6524492	268327	349	19	PSAD-56	ABANDONADA
70	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	CUARZO AURÍFERO	6526300	283220	500	19	PSAD-56	ABANDONADA
71	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6464389	310926	880	19	PSAD-56	ABANDONADA
72	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6472168	280899	220	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
73	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6471847	280571	218	19	PSAD-56	ABANDONADA
74	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO	6471601	280691	255	19	PSAD-56	IRREGULAR OPERATIVA
75	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO - PLATA	6464745	298784	487	19	PSAD-56	INACTIVA
76	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO - PLATA	6464861	298965	517	19	PSAD-56	ABANDONADA
77	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6482628	312281	481	19	PSAD-56	ABANDONADA
78	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6482593	312254	480	19	PSAD-56	ABANDONADA
79	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6460892	319223	823	19	PSAD-56	ABANDONADA
80	DEPÓSITO - EMBALSES	COBRE - ORO	6466043	318108	768	19	PSAD-56	ABANDONADA
81	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6460843	319240	846	19	PSAD-56	ABANDONADA
82	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6486634	316623	650	19	PSAD-56	PARALIZADA POR SANCION
83	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6493040	331800	1239	19	PSAD-56	ABANDONADA
84	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	ORO METÁLICO O NATIVO	6482178	310580	435	19	PSAD-56	ABANDONADA
85	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - MOLIBDENO	6461000	319180	850	19	PSAD-56	ABANDONADA
86	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS Y ÓXIDOS DE CO	6482912	312598	486	19	PSAD-56	ABANDONADA
87	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6488223	316187	665	19	PSAD-56	ABANDONADA
88	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - MOLIBDENO	6475961	349401	1458	19	PSAD-56	INACTIVA
89	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	SULFUROS DE COBRE	6467134	322526	840	19	PSAD-56	ABANDONADA
90	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6493020	331707	1247	19	PSAD-56	ABANDONADA
91	DEPÓSITO - TRANQUE DE RELAVES	COBRE - ORO	6493214	331774	1260	19	PSAD-56	ABANDONADA

Fuente: SERNAGEOMIN, 2023.

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL DE LA PROVINCIA DE
CHOAPA

Listado de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPCC) 2021.

FID	Nombre_SPP	Provincia	Comuna	Latitud	Longitud	Condición	Prioridad
0	HORNITOS	Choapa	Canela	-31.373848	-71.194867	Abandonado	Mediana
1	MINA LA TABITA	Choapa	Canela	-31.415957	-71.183469	Abandonado	Mediana
2	MINA LA TABITA	Choapa	Canela	-31.415957	-71.183469	Abandonado	Mediana
3	CECI TRES	Choapa	Canela	-31.379564	-71.177044	Abandonado	Mediana
4	CECI TRES	Choapa	Canela	-31.633625	-71.177044	Abandonado	Mediana
5	PLANTA ESPERANZA 2	Choapa	Illapel	-31.633625	-71.166487	Abandonado	Alta
6	PLANTA ESPERANZA 2	Choapa	Illapel	-31.633625	-71.166487	Abandonado	Alta
7	EL ARENAL	Choapa	Illapel	-31.616021	-71.144462	Abandonado	Alta
8	MINA EL SALITRAL	Choapa	Illapel	-31.449466	-71.106936	Abandonado	Mediana
9	MINA EL SALITRAL	Choapa	Illapel	-31.449466	-71.106936	Abandonado	Mediana
10	LOS CANELOS	Choapa	Illapel	-31.359089	-71.099115	Abandonado	Mediana
11	PLANTA AUOCO	Choapa	Illapel	-31.567091	-71.098263	Abandonado	Mediana
12	SAN ENRIQUE	Choapa	Illapel	-31.412253	-71.086952	Abandonado	Mediana
13	ESPERANZA	Choapa	Illapel	-31.395886	-71.052036	Abandonado	Mediana
14	ESPERANZA	Choapa	Illapel	-31.395886	-71.052036	Abandonado	Mediana
15	PLANTA DON ALBERTO	Choapa	Illapel	-31.449242	-71.020676	Abandonado	Alta
16	PLANTA SAN ELISEO	Choapa	Salamanca	-31.777358	-70.982124	Abandonado	Alta
17	PLANTA STO DOMINGO	Choapa	Salamanca	-31.773599	-70.979658	Abandonado	Alta
18	PLANTA STO DOMINGO	Choapa	Salamanca	-31.773599	-70.979658	Abandonado	Alta
19	PLANTA EL CONSUELO	Choapa	Salamanca	-31.771204	-70.951881	Abandonado	Alta
20	PLANTA GUADALUPE	Choapa	Salamanca	-31.721056	-70.936953	Abandonado	Alta
21	PLANTA GUADALUPE	Choapa	Salamanca	-31.721056	-70.936953	Abandonado	Alta
22	PLANTA TRINCHERA	Choapa	Salamanca	-31.741732	-70.935641	Abandonado	Alta
23	JUAN UNO	Choapa	Salamanca	-31.789581	-70.928581	Abandonado	Alta
24	JUAN UNO	Choapa	Salamanca	-31.789581	-70.928581	Abandonado	Alta
25	PLANTA MERINO	Choapa	Salamanca	-31.973923	-70.914491	Abandonado	Alta
26	PLANTA LOS PELADEROS	Choapa	Salamanca	-31.974036	-70.912335	Abandonado	Alta
27	MARIA	Choapa	Salamanca	-31.736105	-70.903197	Abandonado	Alta
28	MARIA	Choapa	Salamanca	-31.736105	-70.903197	Abandonado	Alta
29	MINA CLEMENTINA	Choapa	Salamanca	-31.6976	-70.883694	Abandonado	Mediana
30	MINA CLEMENTINA	Choapa	Salamanca	-31.6976	-70.883694	Abandonado	Mediana
31	MINA BOLOCO	Choapa	Salamanca	-31.726759	-70.871641	Abandonado	Mediana
32	MINA	Choapa	Salamanca	-31.726759	-70.871641	Abandonado	Mediana
33	MINA LA MANGAITA	Choapa	Salamanca	-31.881494	-70.830863	Abandonado	Alta
34	MINA LA MANGAITA	Choapa	Salamanca	-31.881494	-70.830863	Abandonado	Alta

Fuente: Ministerio de Medioambiente, 2021.