



ESTUDIO DE RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

PLAN REGULADOR COMUNAL DE PURÉN

Localidad de Purén

Localidad de Caupolicán

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN ESTUDIOS DE RIESGOS PRC PURÉN.	3
2	ESTUDIO DE RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL PRC PURÉN.	5
2.1	INFORME DE ÁREAS POTENCIALES DE RIESGOS NATURALES	5
2.1.1	INTRODUCCIÓN	5
2.1.2	METODOLOGÍA	5
2.1.3	RESULTADOS	8
2.1.4	CONCLUSIONES PROPUESTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	17
2.2	ESTUDIOS TÉCNICOS EMPLEADOS EN LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO Y PROTECCIÓN	19
2.2.1	DEFINICIONES	19
2.2.2	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN	21
2.2.3	PROCESAMIENTO DIGITAL (MODELAMIENTO MATRICIAL)	23
2.2.4	VALIDACIÓN	24
2.2.5	ANTECEDENTES GENERALES	24
2.3	ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS LINEA DE BASE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO Y DRENAJE VALLE DE PUREN, LUMACO Y LOS SAUCES, IX REGIÓN	26
2.3.1	ANTECEDENTES CLIMÁTICOS REGIONALES	27
2.3.2	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	28
2.3.3	RESULTADOS	29
3	PLAN DE ACCIÓN PRC COMUNA DE PURÉN	33
3.1	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	34

1 INTRODUCCIÓN ESTUDIOS DE RIESGOS PRC PURÉN.

El pasado evento sísmico del 27 de febrero del 2010 dejó de manifiesto la necesidad de readecuar los instrumentos de planificación territorial a nivel local con el claro objetivo de establecer una adecuada gestión del riesgo. Es así como se ejecutó el estudio de la Universidad Austral de Chile (UACH)¹, el cual se basó en un análisis de los procesos de riesgo sísmico, tomando como base un área definida luego de observaciones realizadas por el SERNAGEOMIN. Los estudios especiales de riesgo sísmico tienen como objetivo mitigar los efectos frente a eventos futuros. En términos generales el estudio busca establecer la peligrosidad y vulnerabilidad de las zonas afectadas, como complemento a los estudios de riesgos existente. En el caso de la comuna de Purén, el estudio de riesgo realizado por la UACH localizó un área de estudio definida casi en su totalidad fuera del límite urbano propuesto en el sector aledaño al estero Boyeco, al norte del límite señalado entre los puntos 15 y 16 (coordenadas UTM 5791101N 668280E y 5790442N 670509E, respectivamente).

Al realizar un cruce de capas de información sobre los planos, entre la zonificación existente y el estudio de riesgo se produce una superposición de una faja asociada a riesgo de licuefacción. En esta se aprecia que las zonas que presentan riesgo corresponden a las Zonas Residenciales 2 y 3 (Z-Re2 y Z-Re3). Estas zonas habitacionales antes descritas presentan una baja densidad en comparación a las demás zonificaciones propuestas (120 hab/ha y 80 hab/ha respectivamente).

En el Plan se identificó la faja expuesta a riesgo de licuefacción, definiéndola en su totalidad como una zona de área verde (Z- AV) – donde antes existía un área de extensión urbana -. Esto se realiza con la finalidad de brindar mayor seguridad a la planificación territorial. Es importante mencionar que el riesgo de licuefacción es incorporado como riesgo de inundación, buscando una mayor coherencia respecto del marco legal existente, el cual determina las características para definir áreas de riesgo. Como bien indica la DDU N° 227, las áreas de riesgo serán determinadas en base a características presentes en el territorio, tales como: zonas inundables o potencialmente inundables, zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas, zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas y por último, zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana. Por último respecto del riesgo de inundación, cabe señalar que la zona de restricción por dicho riesgo fue identificada en el estudio de riesgo desarrollado en el anteproyecto PRC 2008.

Considerando lo acotada de la superficie definida como área de estudio, se contempló dentro del límite urbano propuesto el punto vital correspondiente al puente Viluco. También en el estudio de riesgos de la UACH se señala un tramo de la ruta R-60-P, no obstante esta se encuentra asociada a la zona de restricción por riesgo de inundación del estudio de riesgo del Anteproyecto del Plan Regulador Comunal (2008). Se determinó como punto vital el puente, ya que ante un probable evento sísmico el daño directo correspondería a una condición de colapso impidiendo la comunicación entre Purén y el sector de Boyeco. El puente se localiza entre dos zonas habitacionales que coincidentemente corresponden a las mencionadas anteriormente.

Por otro lado, debido a que el área de estudio que contempló el Estudio Antisísmico, se estimó conveniente considerar el estudio de riesgo desarrollado en el anteproyecto PRC 2008, donde las

¹ Estudio de Riesgos- Informe Antisísmico y Adecuación Estudio PRC, Purén, Región de la Araucanía. Diagnóstico y Modelación. Dir de Proyecto: Galo Valdevenito M. Valdivia, Marzo 2011.

áreas de riesgo constituyen una restricción para el desarrollo de actividades urbanas. En este sentido, es importante distinguir que existen dos categorías de situaciones que imponen riesgo a los asentamientos humanos: zonas de riesgo actual y zonas de riesgo potencial. En cada caso, las condicionantes de su presencia las áreas sujetas a riesgo de inundación, se han estimado en función de los siguientes criterios de análisis: áreas cercanas a cursos de agua permanentes, zonas con evidencias de inundación y áreas en zonas bajas de las cajas de ríos, estas áreas se localizan en la zona norte del área urbana, se definen como AR- 1 "Áreas de restricción por riesgo de inundación" afectando zonas habitacionales Z-Re3 con una densidad bruta de 80 habitantes por hectárea.

Asociadas al área de riesgo antes descrita se presenta: áreas AR- 2 de restricción por riesgo de anegamiento, se caracterizan y difieren de las inundadas porque sufren acumulación de un volumen de agua - lluvia sobre la superficie del suelo. Las áreas anegadas afectan una fracción de la zona habitacional Z-Re2. Además se presentan dos polígonos dispersos, el primero de ellos en el extremo oeste del polígono de la zona habitacional Z-Re1 ubicado al noreste de la imagen urbana de Purén. Cabe señalar que el potencial riesgo de anegamiento en esta zona afectaría a una zona que presenta una mayor densidad respecto a los asentamientos urbanos en Purén. La otra zona dispersa se localiza en el polígono Z- AP correspondiente a la zona de actividades productivas, en este caso el área de restricción por riesgo de anegamiento se presenta con una densidad bruta restringida.

Respecto al área de restricción por riesgo potencial de avalanchas y rodados, se encuentra condicionado fundamentalmente por la presencia de topografía irregular y de formaciones donde existen evidentes diferencias de pendiente. En este caso se identifica el área de riesgo en la localización del polígono Z- ECC, correspondiente a la zona de equipamiento científico cultural presentando una densidad bruta restringida.

2 ESTUDIO DE RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL PRC PURÉN.

2.1 INFORME DE ÁREAS POTENCIALES DE RIESGOS NATURALES

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Las áreas de riesgo son espacios territoriales en las cuales existe una exposición a riesgos de origen natural o antrópico. El enfoque utilizado en el análisis de áreas potenciales a ser afectadas por riesgos naturales en la comuna, se basa en dos aspectos relevantes para el análisis de la problemática:

- La conformación territorial, que dice relación con las características geográficas de las cuales está dotado el espacio comunal
- La localización de asentamientos y actividades humanas verificadas en la intervención y desarrollo antrópico del territorio.

El objetivo específico por el cual se ha desarrollado el presente estudio de áreas de riesgos fue identificar zonas en las cuales el plan regulador debe restringe y/o condicionar el desarrollo de asentamientos humanos permanentes o temporales, pudiendo exigir el desarrollo de estudios técnicos de detalle demuestren que las situaciones de riesgo potencial señaladas en dichos lugares pueden resolverse mediante la implementación de obras civiles, medidas de manejo y gestión.

Como regla general el plan propone que en las zonas de riesgo identificadas se priorizará el desarrollo de actividades y usos que no involucren asentamientos humanos y/o se condicionará su ocupación al desarrollo de los citados estudios de detalle o medidas tendientes a evitar riesgo para las construcciones, actividades y personas. Se han incluido al final del documento un Anexo con antecedentes geomorfológicos extraídos de la línea de base desarrollado en el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Sistema de Riego y Drenaje Valle de Purén, Lumaco y Los Sauces, IX Región².

2.1.2 METODOLOGÍA

Para el caso de estudio se han abordado tres tipos de problemáticas de riesgos naturales: inundaciones, eventos de remoción en masa y propagación de incendios forestales. A continuación, se explica la metodología utilizada para el análisis de cada una de estas dimensiones en el territorio comunal.

2.1.2.1 Inundaciones

El riesgo de inundación dice relación con crecidas y desbordes de cursos de agua natural, que pudiesen afectar zonas bajas. En la comuna de Purén este tipo de riesgo se presenta principalmente en zonas del valle del río Purén, entre el río del mismo nombre y los esteros Boyeco e Ipinco.

² Proyecto MOP, DOH. 2003.

Las zonas de riesgo de inundación corresponden a zonas en las cuales los lechos de ríos y cursos de agua son incapaces de contener las magnitudes de aguas que ciertos eventos episódicos concentran en ellos (Boyeco, Río Purén) junto a áreas bajas que sufren procesos de anegamiento generalmente asociadas a características deficientes de permeabilidad de suelos, ya sea por condiciones propias que dificultan la circulación de aguas (compactación, contenido arcilloso) o por el desarrollo de procesos de sedimentación y alteración de perfiles de los cursos.

Las áreas sujetas a riesgo de inundación se han considerado en función de los siguientes criterios de análisis:

- cercanía a cursos de agua permanentes
- altura, posición y altura relativa (serán las zonas deprimidas y las cajas de ríos donde se concentran las aguas de escorrentía).
- evidencias de inundación en superficie (textura de suelos, tipo de vegetación presente, uso de suelo)
- reportes de áreas inundadas
- identificación en estudios anteriores

La metodología llevada a cabo consistió en el análisis de la información de altura provenientes de las curvas de nivel de la carta IGM escala 1:50.000, cruzada con cursos de agua provenientes de la misma fuente y escala, visualizados con las fotografías aéreas provenientes del vuelo aerofotogramétrico realizado durante 1998 para el catastro de la vegetación nativa.

Se demarcaron en las fotos zonas con presencia de humedad, lo cual dice relación con ausencia de usos de suelo productivos, presencia de vegetación típica de zonas saturadas (textura y patrones de distribución). Dicha información fue analizada y cruzada con la información de altura y cercanía a cursos de agua.

Posteriormente se realizó una visita a terreno para verificar algunas de las zonas identificadas como potencialmente inundables. No obstante el control más importante estuvo dado por la presentación y corrección del mapa de inundación, realizada en los procesos de consulta ciudadana, así como en las reuniones técnicas con personeros del Municipio y organismos técnicos de la región (DOH IX Región).

2.1.2.2 Remoción y derrumbes

El estudio y definición de áreas sujetas a riesgo de remoción en masa y derrumbes inicialmente se relaciona con los niveles de pendiente que posee el terreno. En rigor, la gravedad (presencia de pendientes, especialmente cuando ellas son acentuadas) es el factor clave que condiciona la presencia del riesgo potencial de fenómenos de remoción y también derrumbes, dado que por lo general, las condiciones de equilibrio en estos casos suele ser frágil.

No obstante lo anterior existe una serie de factores acompañantes, que acentúan la presencia del riesgo de remoción en masa y deslizamientos, entre los cuales se consideró:

- Ausencia de vegetación
- Desarrollo de construcciones y obras humanas en superficie

- Prácticas de uso de suelos

Existen otras variables como la erodabilidad de los suelos, que más bien corresponden a factores condicionados a los aspectos anteriores (los suelos suelen ser menos desarrollados a mayor pendiente, los procesos erosivos atacan más fuertemente a suelos con dicha condición).

Un último aspecto que no debe ser dejado fuera del análisis de esta temática es la intensidad y concentración de precipitaciones, sin embargo a la escala de trabajo (comunal) no se cuenta con datos que permitan observar variaciones, aunque dadas las diferencias de altura significativas derivadas de la presencia de la Cordillera de Nahuelbuta, es dable pensar que las condiciones microclimáticas pudiesen ser más extremas en las partes altas de la comuna.

La metodología de trabajo desarrollado consistió en la construcción de un modelo digital de terreno (DEM³), utilizando como información base curvas de nivel y cotas de cartografía IGM escala 1:50.000, la cual fue interpolada utilizando los procesos de interpolación de un sistema de información geográfica, con lo cual se obtuvo una grilla de alturas, información base para la creación de un mapa tridimensional.

Dicho mapa fue utilizado como base para la creación de superficies de pendientes, el cual también fue elaborado utilizando los procesos que provee el sistema de información geográfica, la cual realiza una análisis de vecindad y desnivel entre las celdas de la grilla, evaluando distancia y desnivel, a los cuales les asigna un valor de pendiente a cada punto del área considerada.

Dicho mapa de pendientes fue reclasificado, en diversos rangos de pendiente, adoptándose finalmente dos grandes agrupaciones: entre 0 y 20 grados y sobre 20 grados.

2.1.2.3 Incendios forestales

El riesgo de propagación de incendios fue abordado inicialmente en consideración de la presencia de plantaciones forestales y asentamientos humanos. Sin embargo sobre la base de una reunión de discusión CONAF IX Región, fue complementada la metodología inicial.

Para abordar la temática de riesgo por propagación de incendios forestales se consideraron tres conceptos básicos:

- *riesgo de incendio* (probabilidad de ocurrencia, riesgo histórico)
- *peligro de incendio* (presencia de material combustible)
- *daño* (aspectos o zonas especialmente afectadas por fuego tales como asentamientos humanos, áreas de interés o conservación, bosque nativo, cuencas de extracción de agua para consumo humano, etc.).

En cuanto a **Riesgo de Incendio** los antecedentes conocidos son relativamente generales para la escala de análisis utilizada.

El **Peligro de Incendio**, esto es las existencias de material combustible, fue analizado considerando que son principalmente las plantaciones forestales con especies exóticas el medio

³ Modelo de elevación digital, en inglés Digital Elevation Model (DEM).

fértil para la propagación de incendios forestales, a causa de características que les son propias al tipo de especies utilizadas (presencia de resina, contenido de humedad).

Inicialmente se consideró la información de vegetación proveniente del Atlas Ambiental, sin embargo dicha información fue luego complementada por una clasificación de presencia de bosque nativo y plantaciones forestales, realizada por el Consultor a cargo del estudio de elaboración del plan regulador, sobre la base de la interpretación de las fotografías aéreas provenientes del vuelo realizado en virtud del catastro de la vegetación nativa.

El tercer factor a considerar, **Daño**, fue abordado considerando los aspectos y zonas susceptibles de ser afectadas por fuego y que más se requiere proteger. Entre ellos se ha incluido asentamientos humanos, bosque nativo, comunidades indígenas, cuencas de extracción de agua para consumo humano.

La existencia de material combustible (plantaciones forestales) y los elementos sujetos más afecto a posibilidades de daño (casas y construcciones, bosque nativo, unidades de SNASPE, sitios de interés o importancia patrimonial, etc.) fueron graficados en un mapa, analizándose las zonas de traslape o cercanía, identificando a estas zonas como las áreas de riesgo. Sin embargo la problemática de inicio y propagación del fuego es lo suficientemente compleja como considerar que con la metodología antes expuesta se pueda tener altos niveles de certeza de que el fuego afectará primero o más recurrentemente a dichos sectores. Por lo tanto se considera el trabajo realizado y el resultado cartográfico como un antecedente analítico para la planificación territorial.

2.1.3 RESULTADOS

2.1.3.1 Riesgos por inundación

Las zonas de riesgo de inundación corresponden a las zonas bajas de la subcuenca del Río Purén, la cual por características de posición y permeabilidad de sus suelos, presenta problemas para la circulación de aguas y el consiguiente riesgo de inundación. En la figura adjunta se muestran las zonas potencialmente afectas a inundaciones, las cuales involucran poblados como Tranamán y casas en torno a ambos lados del eje del Río Purén (localidades de Tranamán, El Valle y Huitranlebu), secciones de la red vial que une Purén con Tranamán, áreas agrícolas.

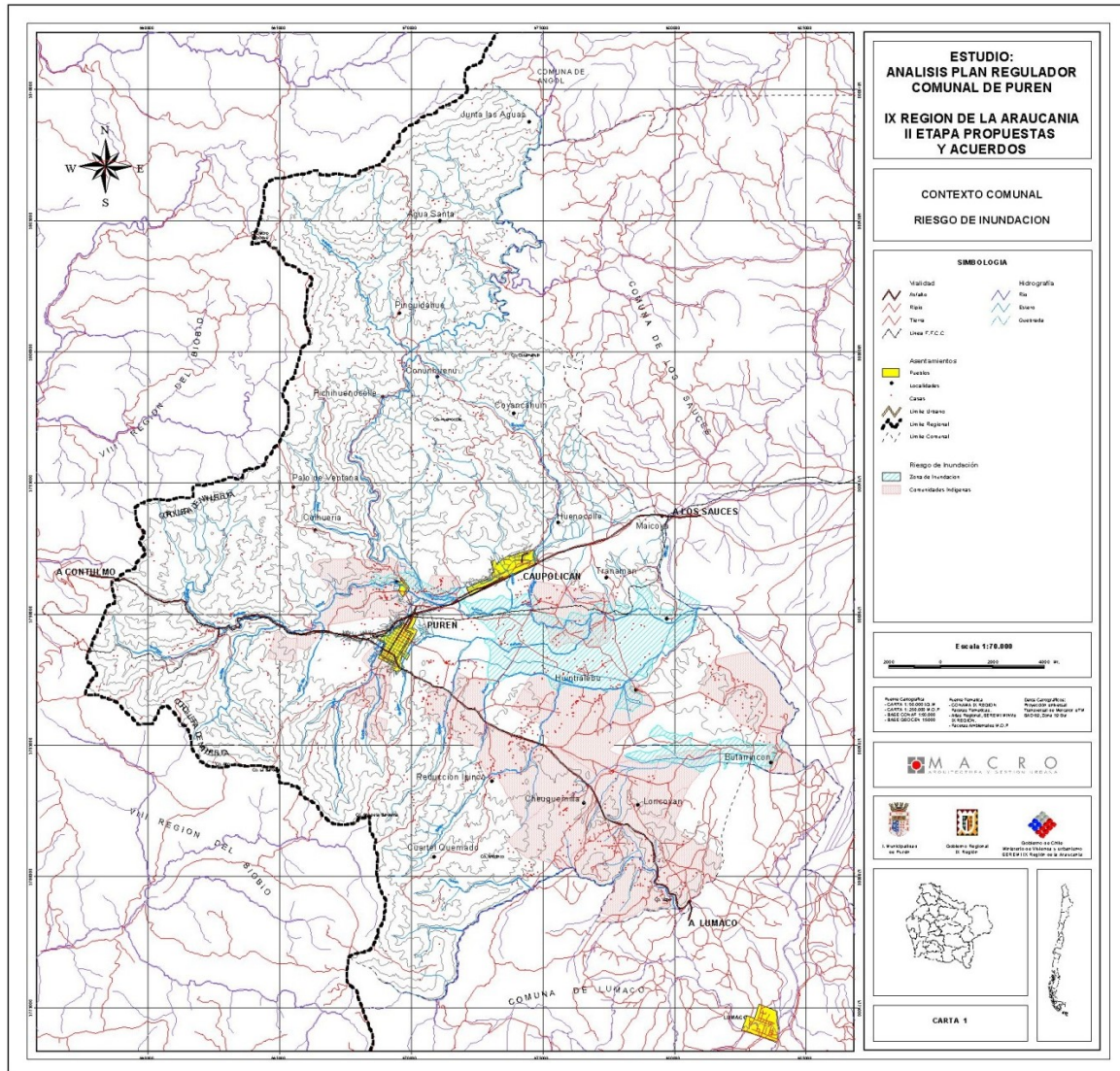
Las inundaciones que se presentan en la parte baja de la cuenca del Río Purén son históricas y se relacionan con la morfología y características del valle de Purén. Los sectores inundables se concentran en una extensa área del Valle de Purén, que se abre hacia el oriente desde la intersección del río Purén con la ruta R 60 y que abarca diversas localidades y zonas agrícolas, y que tiene su máxima expresión en cuanto a humedad y saturación de suelos en la zona de ciénagas ubicada antes de la confluencia del río Purén con el río Lumaco.

También es posible hacer una relación con la deforestación llevada a cabo en las zonas altas de la cuenca y sus consecuencias en cuanto a pérdida de la capacidad del terreno para retener e infiltrar aguas lluvias y, el aumento de la erosión y arrastre de sedimentos que se depositan en las zonas bajas de la cuenca, embancando los sistemas de drenaje y cubriendo extensas zonas agrícolas.

Otras aéreas inundables es la zona de contacto del estero Boyeco con las zonas de valle en la localidad del mismo nombre.

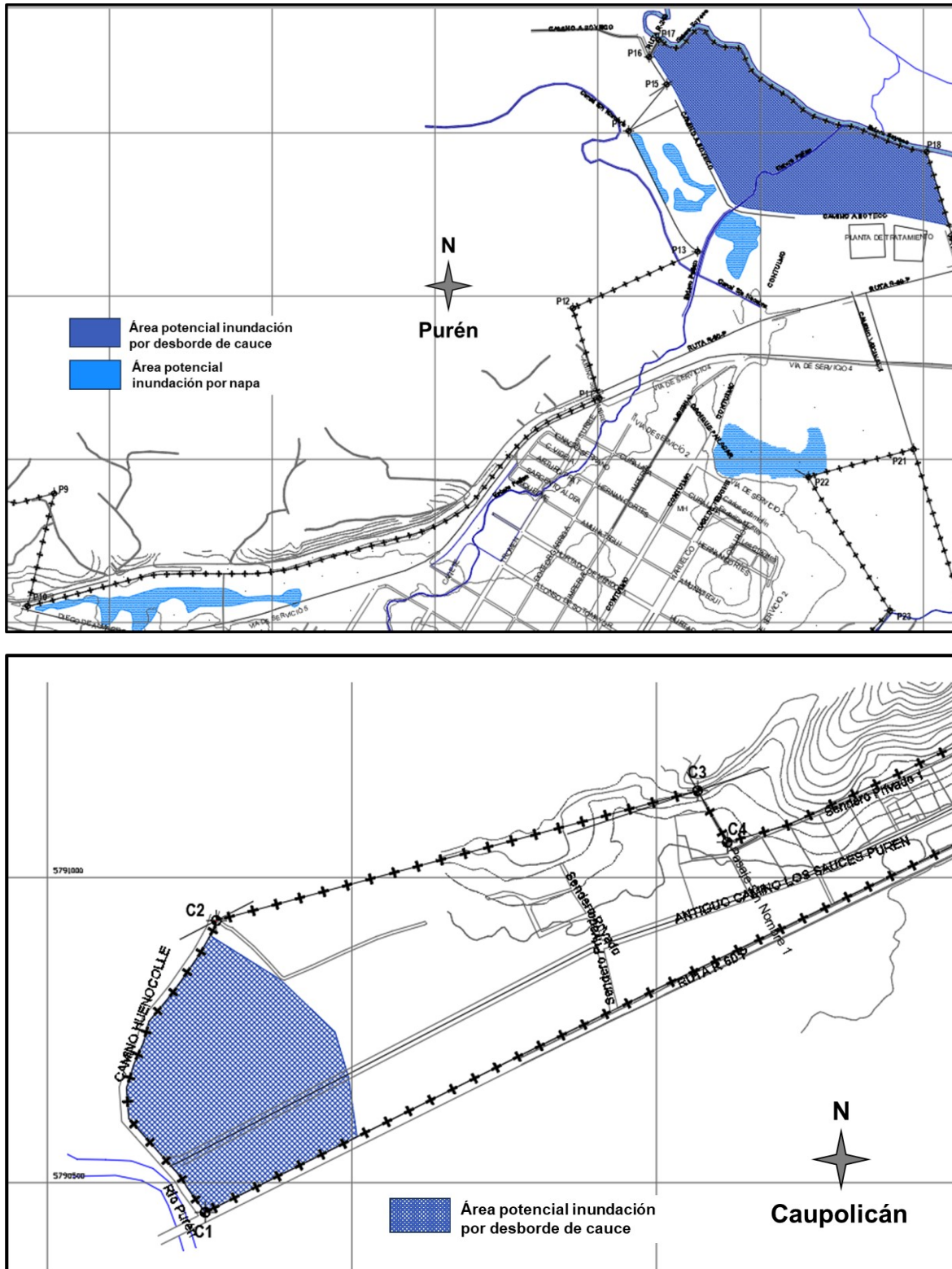
A continuación se presenta la cartografía realizada que espacializa la extensión del riesgo de inundación a escala comunal y urbana de los centros poblados objeto de este estudio.

Figura 1. Mapa Riesgo de inundación a nivel comunal.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Mapa Riesgo de inundación a nivel urbano de Purén y Caupolicán.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se revisan algunas fotografías representativas de sectores que presentan problemáticas relacionadas con inundaciones.

Foto 1. Áreas anegadas junto a ruta R-60



Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2003.

Foto 2. Áreas anegadas en zona Ciénaga de Purén



Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2003.

Foto 3. Áreas anegadas en zona Ciénaga de Purén



Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2003.

En las fotografías anteriores se muestran zonas con presencia de humedad en superficie. La vegetación existente denota la presencia regular de humedad.

Foto 4. Evidencias de presencia de humedad en el Valle de Purén



Fuente: Fuente: SINIA; CONAMA.

Foto 5. Detalle de evidencias de presencia de humedad en el Valle de Purén



Fuente: SINIA; CONAMA.

En las fotografías aéreas presentadas se pueden ver zonas de textura y tonalidad que reflejan una situación diferente del resto del territorio comunal. Los antecedentes y control de terreno realizados confirmaron la correspondencia de dichas zonas como áreas de inundación.

2.1.3.2 Riesgos de remoción en masa o derrumbes

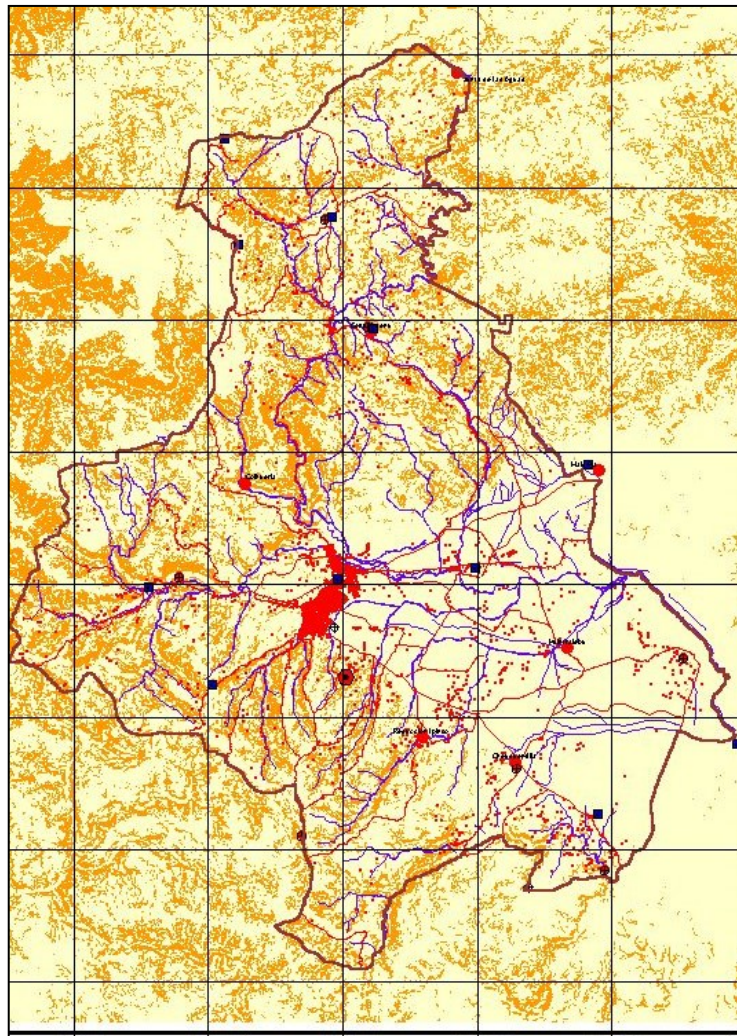
Los procesos de remoción en masa de suelos están relacionados con factores explicativos, que por separado o en combinación generan la ocurrencia de este tipo de fenómenos. No obstante la gran variabilidad de espacios, características y ambientes en los cuales se pueden presentar eventos de remoción en masa, en general están asociados a cuatro factores básicos: pendiente, suelo, cobertura vegetal y presencia de precipitaciones.

En la comuna de Purén la existencia de montañas es generalizada. No obstante las zonas de mayores pendientes en general poseen cobertura vegetal, ya sea por presencia de bosque nativo (principalmente en las zonas más altas de la comuna) o zonas forestadas con objetivos comerciales. Las situaciones de riesgo de remoción en masa se asocian en gran medida a la posibilidad de corta de bosque nativo o mal manejo de explotaciones forestales.

Respecto de riesgo de derrumbes, existen sectores de riesgo en áreas tales como la parte alta de la cuenca del río de Purén (zona montañosa más arriba de Boyeco) donde la litología presente (afloramientos rocosos de gran magnitud) y morfología de pendientes asociada a valles fluviales profundamente

incididos (orogénesis), pueden representar localizado potencial de riesgo para las zonas de ladera y fondo de valle⁴

⁴ Se debe aclarar que los fenómenos de remoción en masa en la Comuna de Purén no son frecuentes.

Figura 3. Riesgo de remoción en masa o derrumbes Comuna de Purén

Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2004.

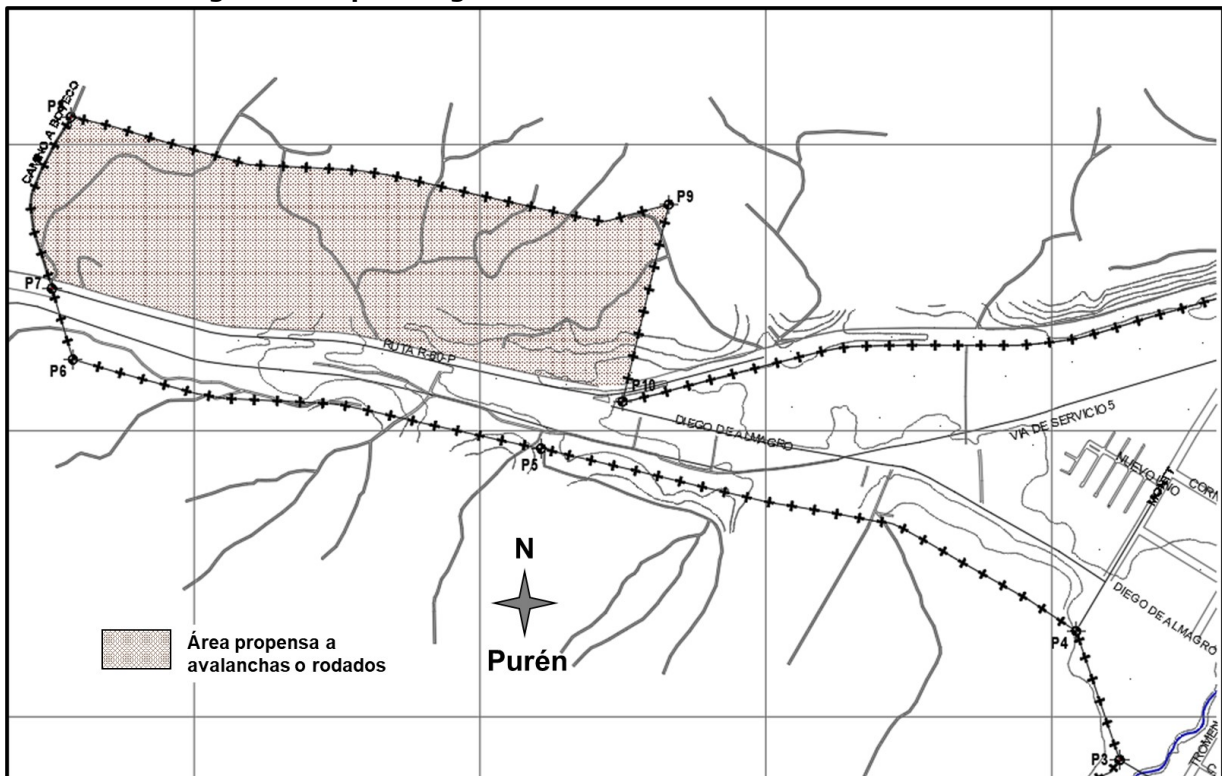
En la figura anterior se muestran en color café más oscuro áreas de pendiente mayor a 20 grados pintadas, correspondiente básicamente a zonas de montaña hacia el nor-poniente y sur-poniente de la comuna, principalmente en laderas junto a cursos de agua. Actividades como sobreexplotación de recursos forestales, malos manejos en la reposición de la cobertura vegetal, sobrepastoreo o el desarrollo de obras de infraestructura sin previsión de la dinámica geomorfológica y de suelos, pueden dar pie al desarrollo de procesos erosivos, con las consiguientes pérdidas de suelos, transporte de sedimentos y depósito de materiales en zonas bajas y eventualmente fenómenos masivos de remoción en masa y/o derrumbes.

Ladera activa y desprovista de vegetación como testimonio de situación de riesgo (Foto 7). Este riesgo se ve acentuado en combinación con eventos pluviométricos de importancia, donde se rompen las condiciones de equilibrio de las laderas.

Foto 7. Situación inminente riesgo de remoción en masa

Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A.

Solo se detecta un área de remoción en masa o propensa a avalanchas y rodados ubicada en el sector norponiente de la ciudad de Purén, en la ladera de cerro que enfrenta la Ruta R-60-P y que tiene como destino de uso de suelo la zona Z-ECC orientada a equipamiento científico y cultural.

Figura 4. Mapa Riesgo de remoción en masa localidad de Purén.

2.1.3.3 Riesgos asociados a incendios forestales

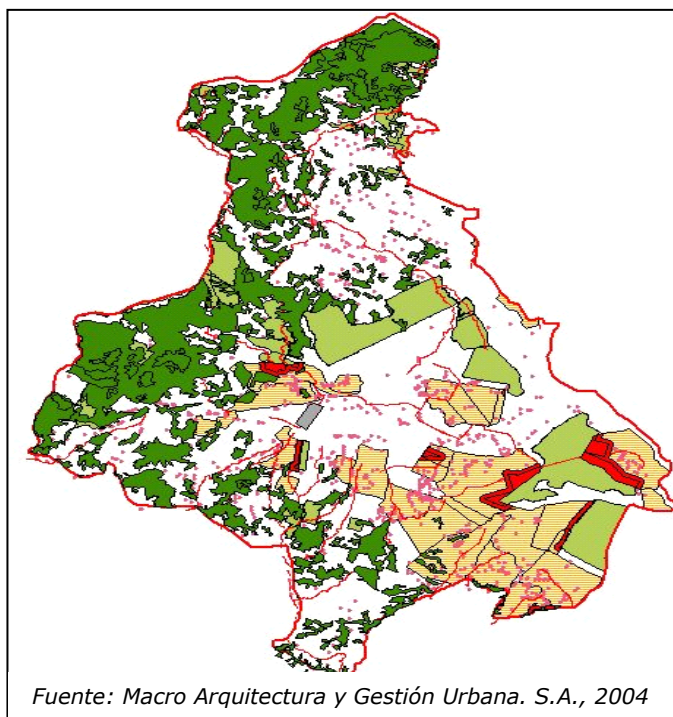
En cierta medida similar al caso anterior, existen características del territorio que hacen favorables algunas zonas para la propagación de incendios forestales. La diferencia la marca el hecho de que el inicio o desencadenamiento de un incendio forestal está más relacionado con causas antrópicas (descuidos en manejo de elementos combustibles o iniciadores, descontrol de quemas agrícolas o forestales, incendios intencionales) que con una suma de condicionantes naturales.

En la figura 5 se exponen las existencias de bosque nativo de la comuna (verde oscuro), las plantaciones forestales provenientes de antecedentes recolectados más la fotointerpretación de fotografías del vuelo aéreo Conaf-Conama 1998 (verde claro), centros poblados, territorio indígena, viviendas (polígono gris, polígonos café claro y puntos rojos respectivamente), junto a la red vial.

Se observan algunos puntos de gran cercanía entre zonas vegetadas y viviendas, las cuales se representan como áreas de posible riesgo (en rojo). Estas se obtuvieron del cruce entre la información de plantaciones forestales más una zona de buffer de 200 metros y la información de respecto de asentamientos humanos antes mencionada.

Especial atención merecen las plantaciones forestales, que por características propias, las hacen propicias para la acción del fuego. Del análisis de la información se aprecian ciertas áreas de riesgo tales como el predio Culapi Cayupán en el camino Purén-Huitranlebu-Butarrincón y el predio Marileo Colipi, dada la cercanía de ambos a plantaciones de Forestal Mininco (oriente de la comuna) o el predio El Litre de Forestal Tierra Chilena, donde existen viviendas asociadas al predio de Domingo Pillado cercanas a zonas plantadas y otros más que se muestran en la figura.

Figura 5. Riesgo de incendios forestales



Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2004

2.1.4 CONCLUSIONES PROPUESTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

A partir del análisis realizado se concluye que las temáticas de inundaciones y riesgo potencial de incendios forestales son las dimensiones de riesgo natural de presencia más clara y definitiva en la comuna y por tanto se incluyen en el plan propuesto (Ordenanza), para lo cual se ha definido un articulado que establece los canales, métodos y supuestos de la gestión comunal de estas materias.

En las zonas en las cuales se ha identificado riesgo potencial de inundación, se restringirá el desarrollo de asentamientos humanos y construcciones de todo tipo. No obstante estas áreas podrán ser desafectados mediante estudios específicos de riesgo, presentados a la Dirección de Obras Municipales y a la SEREMI de Vivienda y Urbanismo IX Región, que demuestre la inexistencia de riesgo real de inundaciones en el lugar. Dicho estudio deberá ser dirigido y firmado por un profesional calificado y tendrá los siguientes contenidos mínimos:

- Descripción del sitio, lo cual supone ubicación geográfica del sitio sobre base cartográfica IGM 1.50.000 y localización exacta (coordenadas UTM o demarcación en plano georreferenciado escala 1:5.000 o más detallada).
- Descripción de metodología de trabajo.
- Presentación de resultados y conclusiones, que incluyan una evaluación de la posibilidad de ocurrencia de inundaciones o anegamiento en el sitio evaluado.

En cuanto a las condiciones generales de ocupación, a continuación se detallan usos permitidos, prohibidos y normas de edificación:

- Usos de suelo permitidos: áreas verdes, paseos peatonales, ciclovías y similares
- Usos de suelo prohibidos: Todos los no mencionados como permitidos.
- Normas de Edificación: No se permite ningún tipo de edificación

Respecto de los riesgos de remoción en masa o derrumbes y riesgos asociados a incendios forestales, éstos presentan menor intensidad en la comuna, sin que se verifiquen actualmente situaciones de riesgo latente para las zonas urbanas y de concentración de población de la comuna, por lo cual se cree adecuado adoptar un enfoque de nivel comunal (indicativo) para la gestión territorial de dichas temáticas.

Respecto de Áreas de Riesgo de Incendio, se propone que las explotaciones forestales además de cumplir la legislación forestal vigente, deberán prever fajas de protección de propagación de incendios respecto ciertos elementos o componentes del espacio que más adelante se detallan.

Para eliminar la amenaza a bienes públicos y privados por la propagación de incendios forestales en el territorio comunal y periferias urbanas se propone que se generen "Líneas de Control de Incendios", en coordinación con el Municipio y organismos competentes y de acuerdo a la Informes Técnicos de la CONAF a través de la Unidad de Gestión de Manejo del Fuego (UGMF) quienes, en conjunto con la Gobernación de Malleco, deben: detectar, informar, coordinar y supervisar los trabajos de mitigación.

Para el caso de amenazas a centros poblados y según el grado de peligro, se propone generar "líneas de control de Incendios", de 2 a 6 metros de ancho desprovistas de vegetación; diseño de

caminos perimetrales urbanos complementados con fajas de amortiguación; eliminación de material combustible a través de adopción de medidas tales como: podas, raleos, silvopastoreo, aplicaciones químicas, entre otras, las que debiesen ser señaladas a través de un Informe técnico de CONAF.

Para evitar la propagación de incendios en las áreas rurales en zonas de plantaciones forestales y evitar la expansión hacia equipamientos, viviendas y centros poblados, se propone incorporar "Franjas de protección de Incendios" de 10 a 30 metros de ancho, según especies forestal, en las periferias de plantaciones forestales que colinden con infraestructura (principalmente vías de acceso) y grupos de viviendas, cuyo ancho debiese ser precisado a través de un Informe técnico de CONAF.

Asimismo, se propone establecer líneas de control (surcos, en zonas de mayor impacto o simples podas, raleos de vegetación y limpieza de material combustibles) en áreas periféricas o cercanas a zonas definidas como de riesgo por incendio.

Finalmente respecto de Áreas de Riesgo de Remoción en Masa, se propone restringir el desarrollo de asentamientos humanos y construcciones de todo tipo en áreas identificadas en el estudio de línea base ambiental del Plan Regulador Comunal como potencialmente riesgosas de sufrir procesos o efectos de eventos de remoción en masa y/o derrumbes, sobre la base de exigir a los Titulares que pretendan llevar a cabo dichos desarrollos, un estudio de riesgo el cual deberá ser presentado a la Dirección de Obras Municipales junto a la SEREMI de Vivienda y Urbanismo IX Región, y tendrá por objetivo demostrar la inexistencia de dichos riesgos en el lugar.

Dicho estudio debe contar con los siguientes contenidos mínimos:

- Descripción del sitio, la cual supone ubicación geográfica del sitio sobre base cartográfica IGM 1:50.000 y localización exacta (coordenadas UTM o demarcación en plano georreferenciado escala 1:5.000 o más detallada).
- Descripción de metodología de trabajo.
- Presentación de resultados y conclusiones, que incluyan una evaluación de la posibilidad de ocurrencia de remoción en masa y/o derrumbes.

No obstante, si el Titular del desarrollo planteado estima factible realizar obras que posibiliten eliminar el potencial de riesgo detectado en el estudio de riesgo para el sitio evaluado, podría agregar un estudio de factibilidad en el cual, en consideración de los antecedentes existentes, deberá plantear soluciones posibles, demostrar la factibilidad de realizar obras para evitar riesgos y describir claramente dichas obras.

2.2 ESTUDIOS TÉCNICOS EMPLEADOS EN LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO Y PROTECCIÓN

2.2.1 DEFINICIONES

Riesgo

Los Factores del Riesgo son tres: la Peligrosidad, la Exposición y la Vulnerabilidad (Ayala-Carcedo, F.J., 1990). La Peligrosidad, hace referencia al conjunto de características que hacen más peligroso a un fenómeno potencialmente dañino, un Peligro; así, pueden ser la profundidad y la velocidad en una inundación, el caudal de gas y la dirección de los vientos dominantes en un escape químico, etc. La Peligrosidad se compone de dos aspectos, la Severidad o Intensidad y la Probabilidad, ambas relacionadas (cuanto más intenso o severo es un peligro, afortunadamente, es tanto menos frecuente). La Exposición es el conjunto de personas y bienes potencialmente expuestos a la acción de un Peligro. La Vulnerabilidad, es el tanto por uno de pérdida que puede producir un Peligro de una determinada Severidad o Intensidad. Sin que se den los tres, no existe Riesgo, es decir, una pérdida esperada. Por lo tanto, un terremoto en un desierto donde no hay Exposición, personas o bienes, no supone Riesgo.

Restricción

Condición que disminuye la posibilidad de un uso determinado, pero que no lo impide. Está dada por factores como geomorfología, geología, pendiente, exposición, clima, entre otros.

Inundación

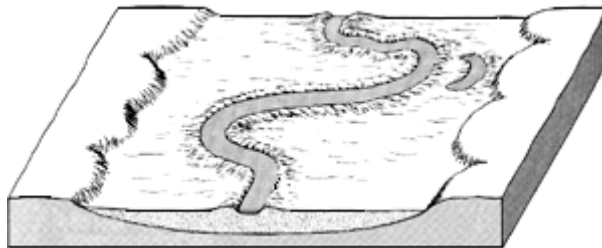
Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río. Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual, cada 2,33 años (Leopold et al., 1984). Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebalse su cauce e inunde tierras adyacentes. Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, y ubicados en zonas adyacentes a los ríos y cursos de agua. Las llanuras de inundación son, por tanto, "propensas a inundación" y un peligro para las actividades de desarrollo si la vulnerabilidad de éstas excede un nivel aceptable.

Se pueden considerar las llanuras de inundación desde varias perspectivas diferentes: "La definición de llanuras de inundación depende algo de las metas que se tenga en mente. Como categoría topográfica es plana y se encuentra al lado un río; geomorfológicamente, es una forma de terreno compuesto primariamente de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos transportados por el río en cuestión; hidrológicamente, está mejor definida como una forma de terreno sujeta a inundaciones periódicas por un río. Una combinación de estas características posiblemente cubre los criterios esenciales para definir una llanura de inundaciones" (Schmudde, 1968). Más sencillamente, una llanura de inundación se define como "una franja de tierra relativamente plana, junto a un río y que sufre desborde de las aguas durante las crecidas" (Leopold et al., 1964).

Las inundaciones suelen ser descritas en términos de su frecuencia estadística. Una "inundación de 100 años*" o "una llanura de inundación de 100 años" se refiere a un evento o una área

expuesta a un 1 % de probabilidad que ocurra una inundación de un determinado volumen en cualquier año dado. Este concepto no significa que una inundación ocurrirá sólo una vez cada 100 años. Si es que ocurre o no en un determinado año no cambia el hecho de que siempre hay una probabilidad del 1 % de que ocurra algo similar al año siguiente. Dado que las llanuras de inundación pueden ser cartografiadas, los límites de una inundación de 100 años se utilizan comúnmente en programas de mitigación de llanuras de inundación, para identificar las áreas donde el riesgo es significativo (Figura N° 6).

Figura 6. Llanura de Inundación



La frecuencia de inundaciones depende del clima, del material de las riberas del río y la pendiente del canal. Cuando ocurre una copiosa precipitación en una determinada estación del año, o la inundación anual es resultado del deshielo, las llanuras de inundación pueden ser inundadas casi todos los años, aún a lo largo de grandes ríos con muy poca pendiente de canal. En las regiones que no sufren extensos períodos con temperaturas bajo cero, las inundaciones generalmente ocurren en la época de mayor precipitación. Cuando el mayor número de inundaciones son resultado del deshielo, frecuentemente acompañado por precipitación, la época de inundaciones es la primavera o el inicio del verano.

Anegamiento

Se define como el proceso de acumulación de un volumen de agua - lluvia sobre la superficie del suelo. Este proceso obedece a una serie de factores naturales y antrópicos entre los que destacan: las características pluviométricas (intensidad de lluvia diaria) y las características físicas del suelo y subsuelo (presencia de sedimentos impermeables que limitan la capacidad del suelo para infiltrar con la debida velocidad el agua de la lluvia y sectores morfológicamente deprimidos con pendientes débiles o nulas). Dependiendo si el fenómeno se manifiesta durante todo el año o temporalmente en épocas invernales se le clasifica como estacional o permanente, siendo estos últimos los más difíciles de mitigar.

Materiales como limo, arena, arcilla, grava o material suelto depositado por corrientes de agua lluvias son comunes en los procesos aluviales. El aluvión aparece normalmente en cualquier punto en el que la velocidad de las aguas torrenciales se reduce, así como la capacidad de transporte de la corriente hasta que el traslado de sedimentos ya no es posible, siendo en estos últimos más recurrente la manifestación de procesos de anegamiento.

De esta manera unidades como las llanuras aluviales y fluviales asociadas no son estáticas ni estables, están compuestas de sedimentos no consolidados, se erosionan rápidamente durante inundaciones y son más propensa a verse afectadas por procesos de anegamiento y/o crecidas de agua, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos estratos de lodo, arena y limo, facilitando con ello la ocurrencia de procesos de anegamiento.

Las construcciones, rellenos de tierra y otras intrusiones en la llanura fluvial y/o aluvial ocupan espacio que se necesita para el paso de los flujos y regulación de las crecidas. Esto puede resultar en dañar las actividades de desarrollo así como en una inundación más extensa, río arriba y junto al desarrollo

Procesos de Remoción en Masa

Las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando de nuevo el equilibrio.

En este contexto, los movimientos de ladera pueden entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones.

Las áreas más propensas a la inestabilidad, bajo el punto de vista global, corresponden a zonas montañosas, escarpadas, relieves con procesos erosivos, de meteorización intensa, laderas de valles fluviales, acantilados costeros, zonas con materiales blandos y sueltos, macizos rocosos arcillosos, esquistosos y alterables, zonas sísmicas, de precipitación elevada, etc.

Las inestabilidades en las laderas se debe al desequilibrio entre las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, de tal forma que las fuerzas desestabilizadoras superan a las fuerzas estabilizadoras o resistentes. Este desequilibrio puede ser debido a una modificación de las fuerzas existentes o a la aplicación de nuevas fuerzas externas estáticas o dinámicas.

La clasificación de los movimientos de ladera suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, y al mecanismo y tipo de la rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido de agua del terreno, la velocidad y magnitud del movimiento.

2.2.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

2.2.2.1 Evaluación Geomorfológica

Se debe considerar que el mapa geomorfológico es una herramienta de apoyo que permite la representación gráfica y analítica de los procesos morfogenético y su forma resultante. En este sentido, su levantamiento es una labor de campo, observación directa de los fenómenos, análisis de los mismos y análisis de las fotografías aéreas.

El análisis de las fotografías aéreas multitemporales resulta un medio de apoyo para reconocer el sector, localizar fenómenos y sectores donde se deberá concentrar la atención en virtud los fenómenos identificados. Por otra parte, sobre la base de los levantamientos topográficos existentes, escala 1:5.000, se complementó el reconocimiento y predicción de fenómenos geodinámicos de ocurrencia reciente a través del modelamiento tridimensional de dichos terrenos, obteniendo con ello una carta de peligrosidad de procesos geomorfológicos (anegamiento, inundación y remoción en masa).

2.2.2.2 Reconocimiento en Terreno

Sobre la base del trabajo de reconocimiento de laboratorio de los procesos definidos multitemporalmente en las fotografías aéreas, escala 1:5.000, se procedió a su reconocimiento de terreno a través de la completación de una ficha técnica, la que se adjunta a continuación:

Tabla 1. Ficha Técnica de Reconocimiento en Terreno.

FICHA EVALUACION			(Foto terreno en evaluación)		
Descripción terreno:					
Nombre Proyecto					
Comuna		Provincia			
TIPO DE PROCESOS	SIGLA	REG	TIPO DE LADERA	SIGLA	REG
Inundación	IN		Regular	RE	
Anegamiento Permanente	ANP		Convexa	CX	
Anegamiento Estacional	ANE		Cóncava	CC	
Derrumbe	DE		Aterrazada	AT	
Deslizamientos	DEL		Mixta	MX	
Flujos	FL				
Solifluxión en Terracetas	ST		FORMA RELIEVE	SIGLA	REG
Reptación	RE		Ondulado (suave /fuerte)	OS / OF	
Erosión	ER		Plana	PL	
COBERTURA VEGETAL	SIGLA	REG	TIPO DE EXPOSICION	SIGLA	REG
0 – 25 %	A		Norte	N	
25 – 50 %	B		Sur	S	
50 – 75 %	C		Este	E	
> 75%	D		Oeste	O	
RELIEVE	SIGLA	REG	TIPOS DE DRENAJES	SIGLA	REG
Cordón montañoso	CD		PERMANENTE	PE	
Plataforma de erosión	PL		ESTACIONAL	ES	
Plataforma Abrasión Marina	PLA				
Domo	DO		TIPO DE SUELO	SIGLA	REG
Llanura Fluvial	LF		Arcilloso 1	ARC	
Llanura Aluvial	LA		Arenoso 2	ARE	
Terrazas (I, M, S)	T		Limoso 3	LI	
			Franco	FR	
			Franco.....	FRC 1, 2 , 3	

Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2008

Posteriormente, esta se complementó con entrevista a lugareños y personal municipal.

2.2.3 PROCESAMIENTO DIGITAL (MODELAMIENTO MATRICIAL)

La obtención de la zonificación de riesgos se realizó a través de la agregación de las cartas síntesis para cada tipo de riesgo evaluado, en este caso: remoción en masa, inundación y anegamiento.

La zonificación de síntesis de riesgos representa las áreas por cada tipo de proceso. Para el estudio de esta variable se elaboraron matrices de evaluación de riesgo, por cada uno de los tipos de riesgo a evaluar. Cada una de estas contempló, además, la elaboración por separado de matrices de evaluación de vulnerabilidad, exposición y peligrosidad, de manera de determinar las áreas de Nulo, Mínimo, Medio y Máximo riesgo. A continuación se adjunta modelo de las matrices empleadas.

Matrices de evaluación de exposición.

Variables	EVALUACIÓN DE EXPOSICION			
	1- Nula	2 - Mínima	3 - Media	4 - Máxima
.	Clase del Factor	...	...	...
..				

Matrices de evaluación de vulnerabilidad.

Variables	EVALUACIÓN DE EXPOSICION			
	1- Nula	2 - Mínima	3 - Media	4 - Máxima
.	Clase del Factor	...	...	...
..				

Matrices de evaluación de peligrosidad.

Variables	EVALUACIÓN DE EXPOSICION			
	1- Nula	2 - Mínima	3 - Media	4 - Máxima
.	Clase del Factor	...	...	...
..				

Una vez definidos los tres factores de riesgo (exposición, vulnerabilidad y peligrosidad) con su respectiva valoración (nula, mínima, media y máxima) se procedió a ponderarlos cartográficamente a través del Sistema de Información Geográfica (SIG) Arcview 3.2, con ello se obtuvieron zonas por cada tipo de riesgo.

De igual manera, se ponderaron aquellas áreas que dada su caracterización vegetal, biodiversidad, pendiente, procesos actuales y morfología requerían de protección.

2.2.4 VALIDACIÓN

Finalmente, a través de la Evaluación del Plan Regulador en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se evaluó y validó la zonificación de áreas de restricción (riesgos) y protección con cada Servicio Público, según pertinencia.

Tabla 2. Matriz de Evaluación

Tipo de Area (Protección / restricción)	Institución Revisora (Validación)
Restricción por Anegamiento	Dirección de Obras Hidráulicas - MOP
Restricción por Inundación	Dirección de Obras Hidráulicas – MOP
Restricción por Procesos de Remoción en Masa	Servicio Nacional de Geología y Minería
Protección Borde Fluvial	Corporación Nacional Forestal y Servicio Agrícola y Ganadero
Protección Captación Agua Potable	SEREMI de Salud
Protección de Quebradas	Corporación Nacional Forestal y Servicio Agrícola y Ganadero
Protección Cauces Naturales	Corporación Nacional Forestal y Servicio Agrícola y Ganadero
Protección Terrenos Bajos (Humedales)	Corporación Nacional Forestal, Servicio Agrícola y Ganadero y Comisión Nacional del Medio Ambiente

Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2008

2.2.5 ANTECEDENTES GENERALES

Las zonas de riesgo de inundación corresponden a las zonas bajas (llanuras fluviales) de la subcuenca del río Purén, la cual por características de posición, acumulación de sedimentos, orden y permeabilidad de sus suelos, presenta problemas para la circulación de aguas y el consiguiente riesgo de inundación. En la figura adjunta se muestran las zonas potencialmente afectas a inundaciones, las cuales involucran casas en torno a ambos lados del eje del río Purén y secciones de la red vial que une Purén con Tranamán, áreas agrícolas fuera del límite urbano propuesto.

Figura N° 7. Ilustra los sectores que históricamente se han visto afectados por procesos de inundación (flechas). Lo anterior por la morfología, orden del cauce y proceso de sedimentación actual

Figura 7. Registro de inundación sector Boyeco, Purén.

Fuente: Macro Arquitectura y Gestión Urbana. S.A., 2004

Al situarnos en la totalidad de la comuna es necesario destacar que los sectores inundables se concentran en una extensa área del Valle de Purén, que se abre hacia el oriente desde la intersección del río Purén con la ruta R 60 y que abarca diversas localidades y zonas agrícolas, y que tiene su máxima expresión en cuanto a humedad y saturación de suelos en la zona de ciénagas ubicada antes de la confluencia del río Purén con el río Lumaco, comúnmente conocido como Las Vegas de Purén.

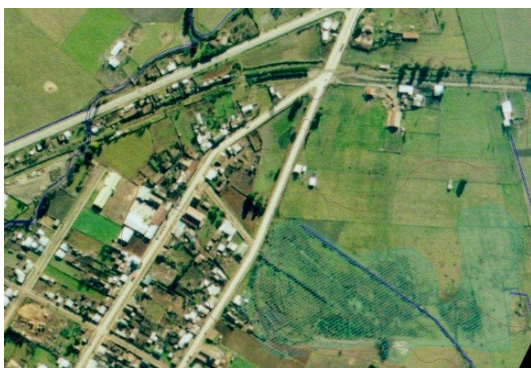
También es posible hacer una relación con la deforestación llevada a cabo en las zonas altas de la cuenca y sus consecuencias en cuanto a la pérdida de la capacidad del terreno para retener e infiltrar aguas lluvias y, el aumento de la erosión y arrastre de sedimentos que se depositan en las zonas bajas de la cuenca, embancando los sistemas de drenaje y cubriendo extensas zonas agrícolas.

Por otra parte, tanto a nivel rural como urbano los suelos se ven afectados por marcados procesos de anegamiento permanente, lo anterior, dado que los procesos de erosión y acumulación de material fino (arcillas) han generado extensas áreas con pendientes entre 0 - 2° y las redes de drenaje generadas para desarrollar la actividad agrícola (canales) lo que ha potenciado procesos de infiltración, variando en épocas invernales los niveles freáticos de dichas zonas (Fotos N° 7, 8, 9 y 10).

Foto N° 7 y 8. Se observa en las fotografías adjuntas extensas áreas con procesos de anegamiento permanente, comúnmente denominadas vegas y/o humedales



Figura N° 9 y 10. En las fotografías aéreas expuestas se ilustra la red de canales y áreas de infiltración generadas por la pérdida de infiltración, saturación de suelos y variaciones de niveles freáticos en el radio urbano de la localidad de Purén



Por otra parte, la comuna de Purén, se emplaza sobre cordones montañosos de la Cordillera de La Costa y zonas depositacionales, estas últimas corresponden a llanuras aluviales y fluviales. No obstante las zonas de mayores pendiente y susceptibilidad presenta cobertura vegetal sobre el 75%, ya sea por presencia de bosque nativo (principalmente en las zonas más altas de la comuna) o forestadas. La susceptibilidad de verse afectada a la ocurrencia de procesos de remoción en masa (derrumbes, deslizamientos, flujos, solifluxión, erosión, entre otros) obedece a las pendientes del terreno, morfología de la ladera, procesos de erosión, tipo de suelo (alta presencia de arcillas), estratigrafía, litología y roca madre.

2.3 ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS LINEA DE BASE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO Y DRENAJE VALLE DE PURÉN, LUMACO Y LOS SAUCES, IX REGIÓN

Geomorfológicamente se describe el área de estudio y sus unidades desde el punto de vista de su origen, composición, grado de meteorización, de bases rocosas y características estructurales que las afectan. Se caracterizan y discriminan además los procesos de corte erosivo y acumulativo que conforman la morfología del terreno.

2.3.1 ANTECEDENTES CLIMÁTICOS REGIONALES

Los procesos morfodinámicos tienen lugar mediante tres grupos de mecanismos: físicos, químicos y biológicos, que en general se combinan en función de un factor primordial: el clima, el cual condiciona la disponibilidad de agua, de vegetación y las oscilaciones térmicas. Es dable entonces, describir las características climáticas que actualmente ejercen influencia en el modelamiento morfológico del sector:

Según la clasificación genética de los climas chilenos de Endlicher y Weischet (1985), el área de estudio queda inserta en un clima Ciclonal-Extratropical de la circulación del Oeste, con un máximo de precipitaciones en el invierno y un verano episódicamente seco.

Humberto Fuenzalida (en Devynck, 1970), según la clasificación climática de Köeppen, distingue para la zona comprendida entre el río Biobío y el Toltén un clima del tipo templado cálido con menos de cuatro meses secos (Clasificación Csb3).

La zona presenta un régimen anual de precipitaciones con 0 a 1 mes árido y 4 a 5 meses húmedos.

Tabla 3. Temperaturas

T° MEDIA ANUAL	12°C – 13°C
T° Media Enero	17°C – 18°C
T° Media Julio	8°C – 9°C
T° Máxima	39.8°C
T° Mínima	4.2°C

Fuente: DGA .MOP.

Tabla 4. Precipitaciones para el Período 1931-1960 (30 años)

PURÉN	PP. ANUAL MM.	CONC. EN 4 MESES % (MAYO – AGOSTO)	MÁXIMA PP. MM.	MÍNIMA PP. MM.
	1412.6	67.4	2150	758

Fuente: Devynck (1970)

Las condiciones climáticas a las cuales está sujeta el área de estudio nos indican que esta zona se distingue principalmente por sus altas tasas de precipitaciones anuales y mensuales, y además, que cuando cesan las precipitaciones y se disipa la nubosidad, el sol brilla con una intensidad y energía que puede considerarse un clima de radiación subtropical. Esta conjunción de alta radiación solar y humedad permanente genera dos consecuencias directas:

- 1.- Alta producción vegetal, por consiguiente, es una región de bosques siempre verdes comparable a los bosques tropicales lluviosos. En esta zona se encuentran además el bosque caducifolio de robles y la especie introducida: *Pinus radiata*, ambos considerados como los más productivos de la tierra.
- 2.- Rápido lavado de los suelos, esto producto de la meteorización química intensa que permite la formación de suelos lateríticos pardo rojizos que son típicos de zonas tropicales húmedas.

2.3.2 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Otro de los factores condicionantes de los mecanismos que actúan para producir la meteorización es la litología, cuya estructura y composición influyen decisivamente sobre estos mecanismos.

Se procede entonces a la descripción geológica del área de estudio, cuyos antecedentes están basados principalmente por la clasificación hecha por Hervé (1974) para el área de Purén – Contulmo.

En forma general se puede señalar que existen dos grandes unidades, una correspondiente al rasgo geomorfológico de la Cordillera de la Costa que se correlaciona con la unidad geológica denominada Basamento Metamórfico y otra correspondiente a una cuenca sedimentaria principalmente de edad terciaria perteneciente a la Depresión intermedia.

2.3.2.1 Basamento Metamórfico

La Cordillera de Nahuelbuta está compuesta principalmente por rocas graníticas y metamórficas con diversos grados de deformación y que en su conjunto son parte del denominado Basamento Cristalino de Chile.

Aguirre et. al. (1972) divide el Basamento Cristalino en dos series, una Occidental compuesta por esquistos micáceos, metabasitas, serpentinitas, cuarcitas, y mantos ferruginosos y otra Oriental constituida por metagrauvas, metapelitas y rocas córneas asociadas a granitoides.

Hervé (1974) mantiene la designación de Aguirre et. al. (1972) y atribuye a la serie oriental condiciones de intermedia a baja presión, mientras que a la serie Occidental, condiciones de presión alta e intermedia. Ambas series se encuentran en contacto en el área de Purén – Contulmo según una dirección NW (Línea Purén). Hervé (1974) además establece que el contacto entre ambas series es transicional, pero con bruscos cambios estructurales, mineralógicos y texturales.

Serie Oriental: está conformada por metagrauvas, metapelitas y rocas córneas asociadas a granitoides. Las facies metamórficas varían desde esquistos verdes a anfibolitas o granulitas. Esta asociación representa condiciones de metamorfismo de alta temperatura e intermedia a baja presión.

2.3.2.2 Depresión Central, Cuencas Sedimentarias Terciarias

Las rocas sedimentarias del Terciario se encuentran asociadas a determinadas cuencas de extensión variable, las que han sido reconocidas en diversos sectores a lo largo de la Depresión Central o próximos a la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, al sur de los 36° de Latitud.

Cuenca de Los Sauces – Purén – Lumaco – Capitán Pastene: Esta cuenca presenta una secuencia Terciaria compuesta esencialmente de conglomerados, areniscas y arcillas limosas de color gris medio, con intercalaciones de carbón del tipo subituminoso. El espesor máximo de esta secuencia ha sido encontrado en el Cerro Pilhue (al sur de Los Sauces) alcanzando los 60 metros aproximadamente (Valenzuela, 1964).

Los estratos se hallan poco deformados, presentando manteos de bajo ángulo 10° en el Cerro Pilhue (Valenzuela, 1964).

Cobertura Cuaternaria: En el sector entre Lumaco y los Sauces está compuesto por material detrítico proveniente de la erosión de pizarras, en su mayoría, rodados y fragmentos angulosos de cuarzo, areniscas finas hasta muy gruesas con alto contenido en cuarzo. Existen además conglomerados con material de matriz alterado, arena, arcilla y clastos de pizarras y cuarzo de 1 a 10 cm (Talavera, 1960). El origen del cuarzo, presente en abundancia en el material rodado y anguloso, se explica cómo procedente de los lentes y vetas de cuarzo contenidos en las rocas metamórficas de las partes altas de los cerros, los que han sido removidos, transportados y retransportados.

2.3.3 RESULTADOS

2.3.3.1 Identificación de Unidades Geomorfológicas

En términos generales, y de acuerdo a lo observado en terreno, se pueden caracterizar tres grandes unidades geomorfológicas, dos pertenecientes a la Cordillera de Nahuelbuta (Unidad Valle Intermontano y Unidad Valle Encajonado) y una tercera perteneciente a la Llanura de la Depresión Central (Unidad Llanura), las cuales se describen a continuación (ver láminas 3.1, 3.2, 3.3, y 3.4):

Las unidades de valle están insertas en el extremo sur de la Cordillera de Nahuelbuta siendo parte de la cuenca del río Purén, las cuales están constituidas como un valle fluvial cuya estructura hidrográfica de carácter dendrítica está organizada de acuerdo al sustrato granítico basal.

Unidad Valle Intermontano:

El relieve, presenta una conformación desigualmente desarrollada donde podemos diferenciar el tramo superior de la cuenca, desde la confluencia del río Purén y el estero Pinguidague aguas arriba, cuya conformación es más amplia y con dominio de colinas cuyas pendientes fluctúan entre los 10 y 20 grados. Esta es el área donde se ubicará la presa y se extiende el área de inundación, este valle de carácter intermontano presenta una superficie aproximada de 50 km².

Unidad Valle Encajonado:

Esta unidad se encuentra fuertemente determinada por las características orográficas de montaña presentando un comportamiento diferencial de la antecesora en su trayecto.

El tramo correspondiente va desde 1,5 kilómetros aguas abajo de la confluencia del río Purén y el estero Pinguidague –lugar de inicio del encajonamiento del río– y se desarrolla en sentido Norte-Sur hacia el sector de Boyeco, en este tramo se conforma un valle encajonado de laderas con fuertes pendientes –cuyos valores fluctúan a los 30 grados– y su desarrollo alcanza hasta la confluencia del estero Mora, donde se produce un ensanche del cajón dando paso a la formación de una terraza fluvial cuya presencia se mantiene hasta el sector de Boyeco. Sobre esta terraza y antes de llegar al estero Mora se localizará la bocatoma y aguas abajo de esta confluencia –500 metros aproximadamente– se ubicará la zona de extracción de áridos.

Unidad Llanura:

Esta unidad está conformada principalmente por la terraza fluvial modelada por el río Purén y sus afluentes – Estero Boyeco, Estero Pailán, Estero Boyanco, Estero El Molino, Estero Chapecuicui – hasta la confluencia de los esteros Ipinco y Guadaba.

Esta unidad se encuentra flanqueada por el norte y el oeste con las serranías pertenecientes a la Cordillera de Nahuelbuta, y por el sur y el este por una morfología acolinada correspondiente a una secuencia Terciaria compuesta esencialmente de conglomerados, los que conforman una barrera en el sector de Huintranlebu dando origen a las Vegas de Ipinco.

Procesos Morfodinámicos

Para la identificación de los procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio se procedió a elaborar una cartografía geomorfológica que nos muestra la zonificación de los distintos procesos encontrados, ya sean de orden erosivo u/o acumulativo.

Unidad Valle Intermontano - Sector Área de Inundación y Presa

Procesos de Ladera:

Esta unidad presenta un relieve de pendientes medias y superficies despejadas de vegetación mayor, las cuales se encuentran cubiertas principalmente de pastizales.

Esta condición, sumado al hecho de que el sustrato rocoso se presenta altamente meteorizado es condición suficiente para la manifestación localizada de procesos de remoción en masa tales como el aterrazamiento⁵ de las laderas y de procesos erosivos tales como cárcavas⁶, éstos ubicados en sectores de pendientes altas, escasa vegetación y en mayor medida de orientación Nor-Noroeste (NNO).

Procesos Fluviales:

Esta unidad, presenta en el área donde se ubicará la presa un cambio estructural determinado por el encajonamiento del río. Se observa así que aguas arriba se encuentra un ascenso en el nivel de base, una disminución en la pendiente del perfil de equilibrio, lo que asociado a las condiciones del relieve, cuyo espacio de acomodación es mayor, permite vincular este comportamiento a un sistema fluvio-lacustre, con desarrollo de terrazas fluviales y en mayor medida, presencia de glaciares de derrame en el contacto de la superficie estructural superior con el sistema derivado.

Unidad Valle Encajonado - Sector Área de Bocatoma y Extracción de Áridos

Procesos de Ladera:

Esta unidad presenta un relieve de altas pendientes y cuyas superficies se encuentran menos intervenidas y cubiertas en gran medida por vegetación mayor. Existe además un menor grado de meteorización del sustrato rocoso que la unidad anterior lo que se traduce en una situación de mayor equilibrio en los sistemas de vertientes y laderas, no obstante, se localizaron algunos

⁵ Aterrazamiento: Laderas con pendientes escalonadas, cuyo suelo queda desnudo frente al impacto físico de la lluvia, El peligro de erosión en estos suelos así denudados y con grandes pendientes es muy elevado, al ser arrastrados los elementos finos del suelo y los horizontes superiores, los más adecuados para la nutrición y crecimiento vegetal.

⁶ Cárcava: excavación, o socavación de materiales blandos, poco consistentes, en general constituidos de grano fino: arcillas, limos, arenas (aunque también gravas y fragmentos de roca), produciendo incisiones en el terreno, que dan lugar a morfologías en forma de estrechos vallecitos, cortos y profundos. La socavación es producida por el agua que circula sólo en épocas de lluvias copiosas y el proceso se produce especialmente en zonas desprovistas de vegetación y con tendencia al abarrancamiento

eventos de remoción en masa (actuales y subactuales) asociados principalmente a condiciones naturales del sector.

Sin embargo, cabe señalar, que existen grandes sectores intervenidos, especialmente para faenas forestales, que presentan altos grados de alteración tendientes a desestabilizar los materiales fragmentarios de las laderas, activando mecanismos de remoción en masa, los que se manifiestan en la formación de aterrazamientos de estas laderas siendo potenciales generadores de remociones en masa de origen gravitacional.

Procesos Fluviales:

Esta unidad, que corresponde a un valle encajonado, presenta un origen correspondiente a la transición de un sistema fluvio-lacustre a un sistema fluvial, lo que se traduce en un incremento en la pendiente del perfil de equilibrio manteniendo así una situación de arrastre de su carga sedimentaria quedando la base del valle limitada sólo al lecho del río.

Sólo en el tramo final del río en esta unidad se observa una disminución en la pendiente del perfil de equilibrio, permitiendo procesos de acumulación asociados a la formación de terrazas fluviales.

Sin embargo, se ha observado en terreno, que en los sectores cóncavos del río existen procesos de ablación de estas terrazas, socavando lateralmente y por consiguiente, disminuyendo su superficie.

Unidad Llanura – Área de Canales

Procesos de Ladera:

Esta unidad presenta un relieve de pendientes suaves, asociadas principalmente al lomaje anteriormente descrito que la conforma.

Existe un alto grado de antropización de estas superficies, donde se observa un escaso desarrollo de vegetación nativa, sin embargo no se observan procesos erosivos, ya sean de origen gravitatorio o laminar.

Procesos Fluviales:

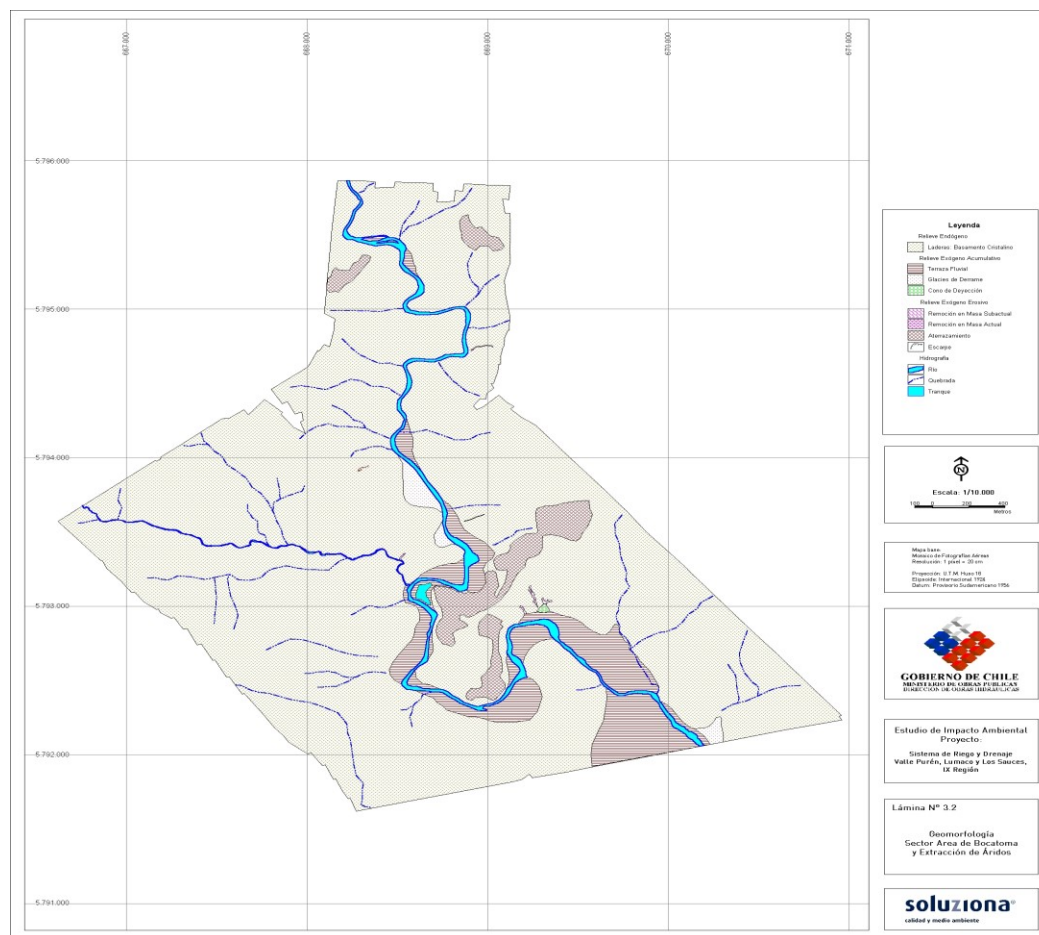
Esta unidad, correspondiente al sector de canales del proyecto, presenta también una condición fluvio-lacustre como la unidad Valle Intermontano, sin embargo, existe una diferencia en términos de volumen que la distingue.

Se observa el desarrollo de una terraza fluvial de mayores dimensiones –30 km² aprox. – asociada al río Purén y sus afluentes.

El decrecimiento de las pendientes en el perfil de equilibrio permite un comportamiento meandrítico del río, donde ocurre una alta depositación sedimentaria para posteriormente seguir su curso con una baja carga sedimentaria en su cauce.

Por otra parte, se destaca la barrera acolinada de conglomerados del sector de Huintranlebu que da origen a planicies fluvio-lacustres conformando vegas, cuya amplitud está condicionada a las condiciones estacionales del clima, lo que en términos prácticos indica la presencia de zonas de inundación episódicas.

Figura 8. Procesos Fluviales, plano geomorfología



Fuente: Elaboración propia.

3 PLAN DE ACCIÓN PRC COMUNA DE PURÉN

Para la identificación de las medidas orientadas a mitigar los riesgos propios del área de estudio comprendida por la Adecuación de PRC Purén 2011, se utilizaron, principalmente, los resultados del estudio “Estudio de Riesgo e Informe Antisísmico Etapa Ia, Ib y Etapa II” de la UACH, como también la complementación de la información con aquellos informes de Sernageomin y la información levantada por equipo consultor en el proceso de actualización del instrumento normativo (2008). Estas medidas serán contrastadas con la cartera de proyectos existentes en la localidad y que permitan alcanzar tales objetivos, de forma de configurar un plan de acción asociado a un cronograma de inversiones considerando la etapa de desarrollo en que se encuentre, utilizando las distintas tipologías según a la etapa del ciclo de vida, tanto para estudios básicos, programas y proyectos, que definen el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNI) de Mideplan. Estas son:

Tabla 5. Tipologías de Iniciativas según etapa

ESTUDIO BÁSICO	PROGRAMA	PROYECTO
Ejecución	Diseño	Pre Factibilidad
	Ejecución	Factibilidad
		Diseño
		Ejecución

Fuente: Mideplan (2010). Normas, instrucciones y procedimientos de inversión pública – NIP 2011.

En el estudio elaborado por la UACH, se definen dos tipos de acciones para el control de los riesgos identificados. En el caso que se observen riesgos relevantes en zonas consolidadas se establecen medidas de mitigación, y en aquellas zonas no consolidadas afectadas por riesgos se propone definir medidas de restricción.

Adicionalmente, el equipo consultor ha identificado tres categorías de medidas que tienen distintas implicancias administrativas. A saber estas son:

Normativas: Son aquellas medidas de carácter normativo que se encuentran expresada en la ordenanza del PRC.

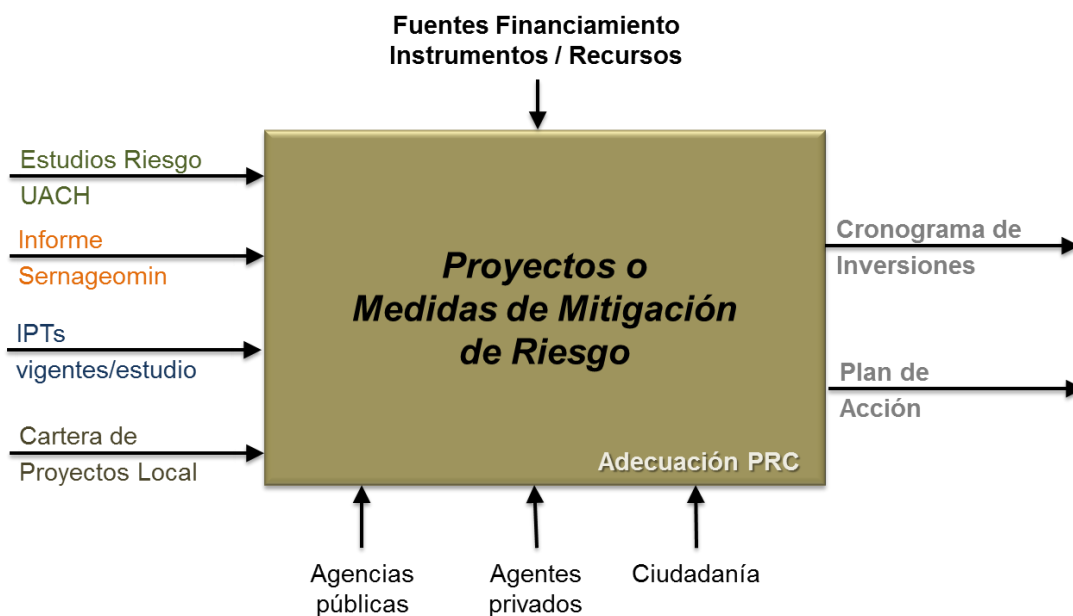
Gestión: Son aquellas medidas que pueden ser llevadas a cabo por acciones asociadas a capacidades de gestión propias del Municipio, y que no conllevan la formulación de nuevas medidas normativas y/o proyectos.

Proyecto: Son los gastos por concepto de estudios pre-inversionales de prefactibilidad, factibilidad y diseño, destinados a generar información que sirva para decidir y llevar a cabo la ejecución futura de proyectos. Asimismo, considera los gastos de inversión que realizan los organismos del sector público para inicio de ejecución de obras y/o la continuación de las obras

iniciadas en años anteriores, con el fin de incrementar, mantener, o mejorar la producción de bienes o prestación de servicios.

Para la generación de una propuesta de modelo de gestión se analizarán los distintos proyectos para las medidas de mitigación identificados en conjunto con las distintas fuentes de financiamiento factibles a aplicar, como son instrumentos sectoriales del MINVU, SUBDERE, MOP, entre otros, como también los fondos regionales (FNDR) u otros. Resultado de dicho análisis se identificarán las instituciones involucradas considerando las dimensiones normativas, administrativas y de gestión. Lo anterior será expresado en un plan de acción asociado a una propuesta de cronograma de inversiones. En el siguiente esquema se sintetizan los distintos insumos para la construcción de la propuesta de plan de acción.

Figura 9. Insumos Propuesta Plan de Acción



Fuente: Elaboración propia.

3.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Como resultado de la adecuación del Plan Regulador Comunal de Purén, se han identificado nuevas áreas de zonificación, los cuales contrastados con las áreas de riesgo identificado en el estudio dan como resultado nuevas medidas de mitigación y que han sido definidas en base a las categorías de normativa, gestión y proyecto como se describiera anteriormente. En el siguiente cuadro se expresan las medidas de mitigación asociadas a riesgos y las zonas de la PRC Purén.

Tabla 7. Medidas de Mitigación, según Riesgo

TIPO DE RIESGO	ZONA ADEC. PRC 2011	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Inundabilidad y Anegamiento: Borde Estero Boyeco	Z-Re3	Normativa: Aumento de superficie predial mínima y disminución de densidad poblacional. Tanto para equipamiento y residencial en zonas habitacional mixtas. Gestión. Aplicación de Plan de Limpieza de cauce. Como medida de prevención para desborde de cauce Para Estero Boyeco y Pailán. Proyecto: Entubamiento Estero Pailán.
Líneas Vitales: Ruta R-60, Puentes: Viluco y Boyeco	Z-Re3	Gestión: Aplicación de Plan de Señalética y mantención. Proyecto: Reforzamiento de estructura, mediante estudio fundado.
Licuefacción	Z-Re3	Normativa: Aumento de superficie predial mínima y disminución de densidad poblacional. Tanto para equipamiento y residencial en zonas habitacional mixtas. Proyecto: de acuerdo a lo estipulado en estudio fundado. En cumplimiento con lo establecido en la normativa, es decir para Infra de baja densidad

Fuente: Elaboración propia.

Como se señalara anteriormente, las medidas que recaen en normativa se encuentran expresadas en la ordenanza asociada a la adecuación del PRC.

Por el lado de las medidas de gestión, estas corresponden a medidas que pueden ser realizadas por el Municipio en base a sus capacidades y competencias actuales. En general corresponden a medidas temporales de mitigación, toda vez que puedan ser ejecutadas a estar asociadas a un proyecto, ya sean las mismas actividades u otro proyecto que sea sustituto a dichas labores. Lo anterior implica el ingreso de la iniciativa al S.N.I. condicionado los plazos de ejecución, difiriendo a los periodos de manifestación de los riesgos identificado.

De esta forma, ante el riesgo de **Inundabilidad y Anegamiento: Borde Estero Boyeco**, se propone como medida la gestión Municipal (con recursos propios, como son los planes de empleo de la OMIL) para un **Plan de Limpieza de Cauce**, como medida de prevención del desborde de cauce de los esteros Boyeco y Pailán, previo a la próxima temporada de crecidas de los mismos.

Esta iniciativa, en la medida que por su envergadura como de recursos, producto de la limpieza y mejoramiento del cauce por medio de maquinaria pesada, comprende arranque de árboles y matorrales, retiro de basuras puede ser ingresada como proyectos al S.N.I., y a ser financiada a Fondo Común Municipal de Emergencia y Programa de Mejoramiento Urbano (Subdere), FNDR, entre otros. Este tipo de proyectos generalmente son presentados en el sector/sub sector Multisectorial/Recursos Hídricos.

Ante el riesgo de **Líneas Vitales: Ruta R-60, Puentes Viluco y Boyeco**, se considera pertinente la realización de un **plan de señalética y mantención** que sea gestionado con recursos propios de la Municipalidad. De forma similar, puede ser ingresada como proyectos al S.N.I., propuestos a ser financiado por Fondo Compensación Regional, Programa de Mejoramiento Urbano (Subdere),

FNDR, entre otros. Este tipo de proyectos generalmente son presentados en el sector/sub sector Transporte / Transporte Urbano, Vialidad Peatonal o Multisectorial / Desarrollo Urbano.

Analizando la cartera de proyectos vigente en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del S.N.I. no es posible identificar iniciativas concordantes con las iniciativas de mitigación propuestas, de forma que se tratarían de iniciativas nuevas a ingresar, estas son las siguientes:

Tabla 8. Medidas de Mitigación, según cartera de proyectos BIP

TIPO DE RIESGO (Estudio UACH)	ZONA ADEC. PRC 2011	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Inundabilidad y Anegamiento: Borde Estero Boyeco	Z-Re3	Proyecto: Entubamiento Estero Pailán.
Líneas Vitales: Ruta R-60, Puentes: Viluco y Boyeco	Z-Re3	Proyecto: Reforzamiento de estructura, mediante estudio fundado.

Fuente: Elaboración propia..

En ambos casos, por las características de los proyectos requerirían ser ingresados a la etapa de pre-factibilidad de forma que se realicen los estudios de alternativas de soluciones técnicas y económicas, levantamiento de la información base y pre-diseño de ingeniería de aquellas obras que presenten la mejor opción de solución. Para el plan de implementación de las medidas de mitigación se recomienda la realización de todas aquellas actividades en que cuente capacidades el Municipio por lo que permita su implementación en el corto plazo. No obstante, medidas de más largo plazo involucren mayores costos de inversión que implican la evaluación de alternativas técnico/económicas y necesariamente su ingreso al S.N.I., de igual forma con los proyectos propuestos.

De esta forma, en consideración de los antecedentes anteriormente expuestos se esquematiza el plan de acción e inversión asociado a las medidas de mitigación propuestas.

BRUNO SALDIAS RIVAS
GEOGRAFO