

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

---



# “Estudio de riesgo de inundación fluvial en la subcuenca del Río Curanilahue”

Memoria para optar al  
Título de Geografía

TESISTA: CRISTIAN GAVILÁN GALLARDO  
PROFESOR GUÍA: MSC. OSCAR CIFUENTES ZAMBRANO

---

CURANILAHUE, 2025.

## **Agradecimientos**

*Al ingresar a la universidad solo pensaba en acabar rápido este proceso para cumplir con mi responsabilidad de hijo menor y obtener un título, creo haber llegado a esta altura no con las mejores, pero si con buenas calificaciones. Aun así me di el gusto de disfrutar a concho con los amigos que conforme durante este proceso, jugué fútbol representando a mi facultad en el torneo interfacultades, desarrollé habilidades, aprendí a compartir con gente muy distinta a mí. Entre todas las dificultades que representaba para mí el estar lejos de mi casa, puedo decir que fui feliz durante mi estancia universitaria. Este último año lo que en algún momento fue un día más de levantarse temprano, un día más de estudiar, de estar lejos de casa, de alimentarse mal, de sacrificios... repentinamente se convirtió en un día menos cerca de mis amigos, un día menos de paseos por Concepción, de actividades recreativas y de ser un estudiante universitario. Valoré el presente.*

*Quiero primeramente agradecer a Dios por brindarme las facultades para llegar hasta donde hoy estoy, y a mis padres por los valores y el apoyo constante.*

*Este logro lo dedico en particular a mi madre, la mujer que me crio educó y sembró en mi la semilla que inicio mi curiosidad por la geografía, agradezco por sus sacrificios para permitirme estudiar en otra ciudad, por cada comida que con amor me preparo para que me llevara los fines de semana que iba de visita, no tengo más que decir que infinitas gracias, amada madre.*

*Gracias a mi nano Danilo que me transportó desde Curanilahue a Concepción todas las veces que necesite, a mi hermana Thalia que me apoyó cada vez que lo necesite, a mi amigo Max que me permitió alojarme en su vivienda cada vez que tuve que viajar a Concepción por reuniones de tesis, gracias a todos los que han estado en este largo camino que ha sido mi carrera universitaria.*

*Finalmente agradecer a cada docente que deposito su grano de conocimiento en este gran cesto geográfico que he logrado conformar finalizando este recorrido.*

*Gracias a todos, en especial a los que siempre están*

*“Un día más o un día menos”*

*Cristian Gavilán Gallardo*

## Índice

### RESUMEN

CAPÍTULO I: Introducción .....	6
1.1. Contextualización territorial de Curanilahue .....	6
1.2. Justificación del estudio .....	7
1.3. Objetivo general.....	7
1.4. Hipótesis .....	7
CAPÍTULO II: Marco teórico .....	8
2.1. Definiciones clave.....	8
2.1.1. Riesgo. ....	8
2.1.2. Riesgo de inundación. ....	8
2.2. Construcción social del riesgo. ....	9
2.3. Prácticas forestales y su vínculo hidrológico.....	9
2.4. Análisis del riesgo.....	10
2.4.1. Amenaza: enfoque hidromorfológico.....	11
2.4.2. Vulnerabilidad: enfoque de vulnerabilidad global.....	12
2.5. Análisis multicriterio como herramienta metodológica .....	14
2.6. Uso de SIG en estudios de riesgo .....	15
CAPÍTULO III: Área de estudio.....	16
3.1. Ubicación geográfica y contexto espacial.....	16
3.2. Características morfológicas y climáticas.....	18
3.2.1. Características geológicas.....	18
3.2.2. Características edafológicas.....	18
3.2.3. Características climáticas .....	19
3.3. Usos del suelo y dinámicas antrópicas.....	19
3.3.1. Usos de suelo.....	19
3.3.2. Actividades productivas .....	19
3.4. Historial de eventos de inundación en la cuenca .....	20
CAPÍTULO IV: Metodología.....	26
4.1. Materiales y método: .....	27
4.1.1. Tipo de investigación .....	27
4.1.2. Materiales y fuentes de datos.....	28
4.1.3. Método general .....	28
4.1.4. Herramientas tecnológicas .....	29
4.2. Selección de variables: .....	30
4.2.1. Amenaza.....	30
4.2.2. Vulnerabilidad:.....	32
4.3. Asignación de ponderaciones. ....	35
4.4. Análisis SIG y multicriterio.....	37
4.5. Validación y limitaciones del modelo: .....	40
4.5.1. Validación .....	40
4.5.2. Limitaciones .....	42

CAPÍTULO V: Análisis y resultados.....	44
5.1. Análisis amenaza.....	45
5.1.1. Pendiente: .....	45
5.1.2. Uso de suelo: .....	45
5.1.3. Cercanía al cauce .....	45
5.1.4. Tipo de suelo:.....	46
5.1.5. Altura: .....	46
5.1.6. Amenaza de inundación área urbana:.....	54
5.2. Análisis de vulnerabilidad global .....	56
5.2.1. Vulnerabilidad física .....	56
5.2.2. Vulnerabilidad socioeconómica .....	62
5.2.3. Vulnerabilidad ecológica .....	70
5.2.4. Vulnerabilidad global:.....	77
5.3. Análisis de riesgo de inundación fluvial: .....	79
CAPÍTULO VI: Discusión .....	81
CAPÍTULO VII: Conclusiones.....	83
CAPÍTULO VIII: Referencias y Anexos .....	85
8.1. Bibliografía preliminar.....	85
8.2. Anexos .....	86



## índice de tablas

Tabla 1: Dimensiones de la vulnerabilidad global por Wilches-Chaux.....	12
Tabla 2: Historial de inundaciones.....	20
Tabla 3: Fuentes de información para variables.....	28
Tabla 4: Pesos y rangos de variables en tipo de suelo.....	31
Tabla 5: Pesos y rangos de variables hidromorfológicas.....	32
Tabla 6: Pesos y rangos de variables de material de vivienda.....	33
Tabla 7: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad física.....	33
Tabla 8: Pesos y rangos de variables en nivel de ingreso.....	34
Tabla 9: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad socioeconómica.....	35
Tabla 10: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad ecológica.....	35
Tabla 11: Matriz de Saaty para amenaza.....	36
Tabla 12: Matriz de Saaty para vulnerabilidad física.....	36
Tabla 13: Matriz de Saaty para vulnerabilidad socioeconómica.....	37
Tabla 14: Matriz de Saaty para vulnerabilidad ecológica.....	37
Tabla 15: Ponderación interna de cada variable.....	39

## índice de ilustraciones

Ilustración 1: Área urbana de la comuna Curanilahue, red hídrica y sectores principales.....	17
Ilustración 2: Crecida estero Plegarias, puente El Dos sector Javiera Carrera.....	22
Ilustración 3: Crecida río Ranas, puente Galvarino sector Galvarino.....	22
Ilustración 4: Crecida río Curanilahue, puente de la maquina sector Santa María.....	22
Ilustración 5: Crecida estero Plegarias, puente peatonal sector Ramon Rabal.....	23
Ilustración 6: Crecida río Ranas y anegamiento de calles sector Eleuterio Ramírez.....	23
Ilustración 7: Crecida río Curanilahue y anegamiento de calles en sector Bernardo O'Higgins.....	24
Ilustración 8: Crecida río Curanilahue y anegamiento de calles sector Balmaceda.....	24
Ilustración 9: Vivienda afectada por crecida del río Curanilahue y anegamiento de calles en sector Sargento Aldea.....	25
Ilustración 10: Esquema metodológico para el estudio de riesgo de inundación.....	29
Ilustración 11: Mapa de variable pendientes.....	46
Ilustración 12: Mapa de variable uso de suelo.....	47
Ilustración 13: Mapa de variable cercanía al cauce.....	48
Ilustración 14: Mapa de variable tipo de suelo.....	49
Ilustración 15: Mapa de variable altura.....	50
Ilustración 16: Mapa resultado de análisis multicriterio de todas las variables que componen "amenaza".....	51
Ilustración 17: Mapa resultado del análisis multicriterio de amenaza a escala del área urbana.....	53

Ilustración 18: Mapa de variable cercanía al cauce .....	55
Ilustración 19: Mapa de variable material de la vivienda .....	56
Ilustración 20: Mapa de variable altura .....	57
Ilustración 21: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad física .	59
Ilustración 22: Mapa de variable nivel socioeconómico.....	62
Ilustración 23: Mapa de variable años de escolaridad.....	63
Ilustración 24: Mapa de variable grupo etario .....	64
Ilustración 25: Mapa de variable densidad demográfica .....	65
Ilustración 26: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad socioeconómica.....	67
Ilustración 27: Mapa de variable uso de suelo.....	69
Ilustración 28: Mapa de variable tipo de suelo.....	70
Ilustración 29: Mapa de variable índice de fragmentación .....	71
Ilustración 30: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad ecológica .....	72
Ilustración 31: Mapa análisis multicriterio para vulnerabilidad ecológica a escala área urbana .....	74
Ilustración 32: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad global	76
Ilustración 33: Mapa resultado de análisis multicriterio para riesgo de inundación fluvial.....	78



## Resumen

Estudiamos el riesgo de inundación fluvial en la cuenca del Río Curanilahue, subcuenca del sistema fluvial Lebu, destacando el área urbana, esta se emplaza en la Comuna de Curanilahue, Provincia de Arauco, Región del Biobío. Para esto, se empleó la ecuación general del riesgo, en la que el factor amenaza está compuesto por variables de la hidromorfología de Tricart y el factor vulnerabilidad está compuesto por variables de la vulnerabilidad global de Wilches-Chaux. La integración de estas variables se desarrolló a través del software SIG QGIS Desktop 3.36.3, empleando una metodología de análisis multicriterio basada en el proceso de análisis jerárquico, en el que se utilizaron parámetros establecidos a través de la integración de literatura, criterio de experto y criterio propio como geógrafo y habitante local. Los resultados obtenidos corresponden a: (i) cartografías individuales de cada variable, (ii) la integración de estas variables en distintas categorías, y (iii) la superposición de vulnerabilidad y amenaza para obtener el riesgo de inundación fluvial.

Sostenemos que el escenario de exposición a riesgo de inundación en el que se encuentra el área urbana de la comuna responde a la toma de decisiones, por lo que afirmamos que este estudio inscribe en un caso de construcción social del riesgo, además, reconocemos el impacto sobre la ecología y el ciclo hidrológico que representan las prácticas forestales intensivas desarrolladas en la cuenca del Río Curanilahue.

Los resultados evidencian que la configuración espacial y propiedades propias de la cuenca favorecen el riesgo de inundación, sin embargo, estos factores se han visto altamente potenciados al integrarse factores de la construcción social del riesgo como lo son la edificación en terrazas fluviales y el alto grado de degradación ecosistémica a causa de las prácticas forestales intensivas. Los resultados, ponen en evidencia que la planificación territorial en esta comuna ha sido ineficiente y levanta argumentos para evaluar el rol de distintas variables en el aumento en la exposición al riesgo de inundación fluvial en el territorio. Lo anterior, aporta a la toma de decisiones informadas que reduzcan el impacto de cada variable en futuros eventos de crecida, por lo que el presente estudio tiene como finalidad establecer, con argumentos geográficos, parámetros para desarrollar un plan de gestión del riesgo enfocado en el riesgo de inundación fluvial para la comuna de Curanilahue.

## **Abstract**

We studied the risk of riverine flooding in the Curanilahue River basin, a sub-basin of the Lebu river system, focusing on the urban area. This area is located in the Curanilahue Commune, Arauco Province, Biobío Region. The general risk equation was used, where hazard was composed of Tricart hydromorphology variables and vulnerability of Wilches-Chaux global vulnerability variables. The integration of these variables was carried out using QGIS Desktop 3.36.3 GIS software, employing a multi-criteria analysis methodology based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). This methodology utilized parameters established through the integration of literature, expert opinion, and our own judgment as a geographer and local resident. The results obtained include individual maps of each variable, their integration into different categories, and finally, the overlay of vulnerability and hazard to determine the riverine flood risk.

We maintain that the flood risk scenario in which the urban area of the municipality finds itself is a result of decision-making. Therefore, we assert that this study constitutes a case of the social construction of risk. Furthermore, we recognize the impact on the ecology and hydrological cycle of extensive forestry practices carried out in the Curanilahue River basin.

The results demonstrate that the spatial configuration and inherent properties of the basin favor flood risk. However, these factors have been significantly enhanced by the integration of socially constructed risk factors, such as construction on river terraces and the high degree of ecosystem degradation caused by extensive forestry practices. These results highlight the inefficient territorial planning that has been carried out in this commune, and present arguments that point to those responsible for the increased exposure to the risk of river flooding. This facilitates identifying which variable behaves in which way in the territory, thus allowing for decisions to be made to reduce the impact of each variable in future events. Therefore, this study aims to establish, with geographical arguments, parameters to develop a risk management plan focused on the risk of river flooding for the commune of Curanilahue.

## **CAPÍTULO I: Introducción**

**1.1.** En eventos catastróficos principalmente de origen hidrológico, son múltiples los elementos y factores que inciden en la magnitud de este, y en la forma de afectar a la población ya sea por mayor o menor grado de exposición. La comuna de Curanilahue históricamente se ha visto afectado por este tipo de eventos, principalmente por su estrecha relación con la red hídrica que atraviesa el área urbana. Frente a este escenario se vuelve una necesidad identificar que elementos y factores son relevantes en la magnitud del evento, ya que esto permite generar previsiones para reducir o mitigar el impacto, y de esta forma se puede formular una estrategia o plan de gestión de riesgo de inundación fluvial.

En el marco del cambio climático, los desastres naturales específicamente de carácter hidrológico han aumentado considerablemente a nivel mundial. El sur de Chile presenta alta pluviosidad invernal debido a sistemas de bajas presiones, vientos húmedos del Océano Pacífico y el efecto Föhn asociado a las barreras orográficas de la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa. En este escenario, la Cordillera de Nahuelbuta cumple un rol clave como cabecera de múltiples cuencas en el territorio araucano.

El área urbana consolidada de Curanilahue, comuna ubicada en la Región del Biobío, provincia de Arauco, se origina a orillas de uno de estos ríos, el río Curanilahue para ser específicos, y delimita con las barreras montañosas generadas por las laderas que forman parte de la estructura de la cuenca misma. El nombre Curanilahue proviene del mapudungun *Kura* (piedra) y *Ngilawe* (atravesar el vado) y se traduce al español como “El vado pedregoso a cruzar”. El pueblo mapuche históricamente ha utilizado los *Ngilawe* para atravesar la cordillera con ganado, por lo que se refieren a un sector pantanoso a las orillas del río que les permitía atravesar la formación rocosa. Este nombre dice mucho de la geografía del sector cordillerano en donde se emplaza la comuna.

Por la escasa oferta espacial que presentaba el accidentado relieve no había más opción que utilizar las zonas más llanas disponibles, que eran las terrazas fluviales correspondientes al antiguo cauce del río Curanilahue. Estas zonas han sido ocupadas progresivamente por asentamientos urbanos, lo que ha incrementado la exposición a eventos de inundación. Se da lugar a un fenómeno denominado construcción social del riesgo, ya que son factores humanos los que han generado esta problemática; el crecimiento de la mancha urbana, la predominancia de un modelo de uso de suelo forestal intensivo, la alteración ecológica de la cuenca y otras prácticas a escala local han dado paso a este estado de exposición a riesgo de inundación en la comuna de Curanilahue, la cual se vio fuertemente afectada durante el invierno de 2023 y principalmente 2024 donde fue la comuna más afectada por los eventos climáticos del invierno, sumando más de 100 viviendas afectadas por inundación fluvial.

**1.2.** Frente a esta situación adversa las autoridades deben gestionar el riesgo para reducir su impacto en la comunidad, para lo cual se hacen necesarios instrumentos de planificación territorial que estén vinculados al área de gestión de riesgos. A nivel comunal existen catastros que zonifican las áreas afectadas en eventos puntuales de inundación, sin embargo, estos datos no son más que catastros, por lo que no se puede determinar que zonas son más o menos vulnerables frente a una amenaza, ya que no existen estudios previos de riesgo fluvial en Curanilahue con enfoque AMC. Son múltiples los factores que inciden en la ocurrencia de un evento catastrófico, tal como se menciona anteriormente, son factores tanto sociales, económicos, políticos, etc. los que se suman a los factores ambientales que condicionan el territorio a situaciones de riesgo, por lo que, desarrollar una metodología que permita cuantificar estos factores, asignarle un peso y determinar su relevancia frente a eventos climáticos se vuelve indispensable a la hora de buscar reducir el impacto frente a emergencias.

El presente documento busca establecer un marco conceptual y metodológico para analizar el riesgo de inundación en la subcuenca del río Curanilahue, específicamente el área urbana consolidada, integrando herramientas de análisis multicriterio y Sistemas de Información Geográfica (SIG), bajo el enfoque de construcción social del riesgo, haciendo énfasis en los factores naturales de riesgo propios del territorio que configuran la amenaza.

### **1.3. Objetivo general**

Analizar el riesgo de inundación en la subcuenca del río Curanilahue mediante la identificación y jerarquización de variables territoriales relacionadas con la amenaza y la vulnerabilidad, utilizando análisis multicriterio y herramientas SIG.

### **Objetivos específicos**

- Identificar y jerarquizar las variables territoriales que inciden en la amenaza de inundación en la subcuenca del río Curanilahue, considerando aspectos geomorfológicos, hidrológicos y de uso del suelo.
- Analizar y jerarquizar las variables que configuran la vulnerabilidad global frente a inundaciones, incorporando dimensiones físicas, socioeconómicas y ecológicas del territorio.
- Modelar espacialmente el riesgo de inundación integrando amenaza y vulnerabilidad mediante análisis multicriterio y herramientas SIG.
- Delimitar zonas con distintos grados de riesgo para contribuir a la planificación territorial y la gestión del riesgo en la comuna de Curanilahue.

### **1.4. Hipótesis**

La combinación de baja altitud, alta proximidad a cauces y cobertura de plantaciones forestales en laderas incrementa la amenaza de inundación; la mejor materialidad de vivienda y menor vulnerabilidad socioeconómica atenúan el riesgo integrado en ciertos sectores de la comuna.

## **CAPÍTULO II: Marco teórico**

### **2.1. Definiciones clave.**

#### **2.1.1. Riesgo.**

El riesgo se concibe como la probabilidad de que un fenómeno potencialmente dañino produzca consecuencias adversas sobre las personas, los bienes y los sistemas socioambientales, en función de la interacción entre la amenaza y las condiciones de vulnerabilidad del territorio. Desde esta perspectiva, el riesgo no depende únicamente de la ocurrencia de un evento natural o antrópico, sino que se configura como un proceso dinámico, en el que las condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales juegan un papel central en la generación de susceptibilidad y exposición. En efecto, autores como Wisner et al. (2004) plantean que el riesgo surge de la combinación de la amenaza con los factores de vulnerabilidad construidos histórica y estructuralmente, por lo que comprenderlo implica reconocer que los desastres no son solo producto de fenómenos naturales, sino de la forma en que la sociedad organiza su territorio y distribuye los recursos. Bajo esta visión, el riesgo puede ser entendido como un resultado socialmente construido, que revela desigualdades y condiciona la capacidad de anticipación, respuesta y recuperación frente a los desastres.

#### **2.1.2. Riesgo de inundación.**

El riesgo de inundación es el resultado de la interacción entre una amenaza natural, en este caso, el aumento del caudal de un cuerpo de agua, y una condición de vulnerabilidad humana, social y territorial. Desde una perspectiva geográfica, el riesgo no puede entenderse únicamente como una probabilidad física, sino como el resultado de procesos históricos, ambientales y sociales que configuran la exposición de ciertos espacios y comunidades a eventos de riesgo de inundación.

Las inundaciones constituyen uno de los riesgos naturales más frecuentes en el sur de Chile, especialmente en zonas donde la morfología del relieve, las condiciones climáticas y los usos del suelo favorecen escorrentía superficial del agua y su acumulación. La amenaza de inundación se intensifica cuando existen transformaciones en el paisaje, como la deforestación, la expansión urbana desregulada o la forestación intensiva con especies exóticas que alteran los balances hidrológicos naturales.

El riesgo de inundación puede ser analizado separándolo en dos grandes grupos esenciales: la amenaza (probabilidad de ocurrencia del fenómeno físico), y la vulnerabilidad (condiciones físicas, socioeconómicas y ecológicas que afectan la capacidad de respuesta o resistencia). Estos grupos están compuestos por distintos elementos que configuran las condiciones espaciales del evento y el grado de exposición en este mismo.

## **2.2. Construcción social del riesgo.**

El enfoque de construcción social del riesgo surge como una crítica a las visiones tradicionalmente naturalistas del riesgo, que tienden a considerar los desastres como eventos inevitables provocados por fenómenos físicos externos. Se trata de una perspectiva crítica, desarrollada ampliamente por autores como Cardona (2001), Lavell (2003), pero esencialmente Maskrey (1993) el pionero en proponer que el riesgo no es algo “natural”, sino un producto de procesos sociales, históricos y territoriales que generan condiciones de exposición y vulnerabilidad frente a amenazas.

Bajo este enfoque, el riesgo de inundación en una determinada zona no se explica únicamente por la intensidad o frecuencia de las lluvias, ni por el comportamiento de los procesos hidrológicos en la cuenca, sino que está estrechamente ligado a decisiones humanas: modelos de uso del suelo, políticas de ocupación territorial, planificación urbana deficiente o actividades económicas que alteran los equilibrios ecológicos del entorno. En otras palabras, el riesgo es construido socialmente a través de las formas en que la sociedad se relaciona con el territorio y el medioambiente que los rodea.

En el caso de Curanilahue, este enfoque resulta especialmente pertinente, ya que la expansión del uso forestal ha transformado profundamente la dinámica ecológica de la cuenca. Estas prácticas han favorecido procesos de escorrentía superficial, disminución de la infiltración y cambios en la retención hídrica del suelo, aumentando así la amenaza de inundaciones fluviales. Además, la ocupación histórica de terrazas fluviales como espacio urbano ha incrementado la exposición de la población.

Por tanto, este estudio se inscribe dentro del enfoque de construcción social del riesgo, pero con un énfasis particular en el análisis de las condiciones territoriales y antrópicas que generan amenaza, destacando el papel central de las actividades forestales como configuradoras del riesgo hidrológico en la cuenca del río Curanilahue.

## **2.3. Prácticas forestales y su vínculo hidrológico.**

Las transformaciones en el uso del suelo son uno de los factores más determinantes en la configuración del riesgo hidrológico, especialmente en territorios donde las dinámicas de escorrentía, infiltración y retención de agua están altamente influenciadas por la cobertura vegetal. En este contexto, las plantaciones forestales de especies exóticas, como el *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus*, que dominan extensamente el paisaje productivo en el sur de Chile, han sido objeto de creciente atención debido a su impacto sobre el régimen hídrico de las cuencas.

Numerosos estudios (Oyarzún et al., 2005; Little et al., 2009; Lara et al., 2012) han documentado cómo las especies utilizadas en plantaciones forestales, al poseer altos requerimientos hídricos y generar cambios en la estructura del suelo (compactación, disminución de materia orgánica), reducen la tasa de infiltración, aumentan la escorrentía superficial y alteran la recarga de acuíferos. Además, estas especies generan alta competencia en el ecosistema, impidiendo el crecimiento de sotobosque rico en especies nativas, reduciendo la biodiversidad, degradando los suelos y por consiguiente impidiendo la retención del agua en el terreno, contribuyendo a una rápida respuesta de los cauces frente a eventos de precipitación intensa, es decir, un incremento significativo en el riesgo de inundación fluvial.

En cuencas de carácter montañoso o con relieve irregular, como ocurre en la cuenca del río Curanilahue, el impacto de las prácticas forestales intensivas y extensivas es aún más significativo, ya que la combinación entre pendientes pronunciadas, la vegetación homogénea, los suelos degradados y empobrecidos favorecen flujos concentrados de escorrentía superficial. Estas condiciones generan un aumento en la amenaza de inundaciones, particularmente en sectores bajos del relieve, ya que escurre más contenido hídrico hacia el cuerpo de agua aumentando su caudal, saturando las cotas bajas y acumulando agua en estos sectores de poca pendiente, donde la población ha asentado históricamente sus viviendas.

Así, en el marco del enfoque de construcción social del riesgo, las prácticas forestales no son simplemente un uso más del suelo, sino un factor estructurante de la amenaza, el cual responde a decisiones políticas que repercuten sobre un territorio en particular, por lo que si bien son actores sociales y políticos quienes toman estas decisiones, es el medio en el que se desarrollan estas actividades el cual ha sido históricamente afectado. Reconocer las actividades forestales como tal implica integrar el análisis ecológico territorial a la comprensión del riesgo, incorporando las características del paisaje, ya que son tan relevantes como los factores morfológicos o climáticos.

#### **2.4. Análisis del riesgo.**

Se entiende de riesgo a la posibilidad de que un evento físico como en este caso una inundación, cause pérdidas materiales o daño estructural a la población, bienes y ecosistemas. Citando textualmente al autor Benjamin Wisner, "El riesgo es la posibilidad de pérdida resultante de la interacción entre amenaza y vulnerabilidad" (Wisner et al., 2004, p. 11). Citamos también al autor Allan Lavell "El riesgo se genera socialmente, como el resultado de procesos históricos de construcción de vulnerabilidades frente a determinadas amenazas" (Lavell, 2003, p. 4). Por lo tanto, los factores serán analizados desde el enfoque de construcción social del riesgo considerando las propiedades territoriales locales.

### 2.4.1. Amenaza: enfoque hidromorfológico

En el contexto de las inundaciones, la amenaza hace referencia a la probabilidad de ocurrencia de un evento de carácter hidrometeorológico (precipitaciones intensas, crecidas súbitas, etc.) y su capacidad de afectar una determinada zona geográfica, en este caso la subcuenca del río Curanilahue.

Para el análisis de amenaza, se adoptará como base conceptual el enfoque hidromorfológico del relieve propuesto por Tricart (1977), ya que permite analizar las amenazas de inundación a partir de la interacción entre distintos elementos del relieve. Este modelo ha sido utilizado antes en estudios de cuencas chilenas, evidenciado en: Reconocimiento geomorfológico en la cuenca del río Maule: primera parte. Tricart (1991), ya que facilita delimitar unidades de análisis, siendo especialmente útil en contextos donde se evalúa el riesgo a escala territorial. Otro recurso bibliográfico empleado en la selección de factores de amenaza es la Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) – Colombia, que proponen una lectura integrada del relieve, la dinámica hídrica y los procesos de modelado del paisaje.

Existen variables a considerar como altura topográfica, cercanía a cursos de agua y usos de suelo para delimitar las zonas propensas o favorables a inundaciones debido a su influencia en el ciclo hídrico. Este enfoque permite caracterizar las zonas más susceptibles a ser afectadas por inundaciones considerando la interacción entre las formas del relieve, la cobertura del suelo y el comportamiento del escurrimiento superficial.

Los principales factores considerados en el análisis de amenaza son:

- Pendiente del terreno: superficies con mayores pendientes generan una mayor escorrentía superficial, reduciendo la infiltración y favoreciendo la acumulación rápida de agua en zonas con pendientes menos pronunciadas.
- Altura topográfica: las zonas situadas a menor altura en la cuenca suelen funcionar como áreas de acumulación, por lo que presentan mayor susceptibilidad a inundarse.
- Cercanía a cauces: la proximidad directa a los cuerpos de agua incrementa significativamente el riesgo ante aumentos del caudal.
- Uso de suelo y cobertura vegetal: coberturas como el suelo urbano o bosque de uso forestal (*eucalyptus globulus* y *pinus radiata*) disminuyen la capacidad de infiltración y pueden intensificar el aporte hídrico a los caudales, mientras que suelos con bosque nativo favorecen a la infiltración y retención de contenido hídrico en el terreno.
- Tipo de suelo: suelos con baja capacidad de infiltración, como los con alto contenido de arcilla o compactación, aumentan la escorrentía y favorecen las inundaciones.

## 2.4.2. Vulnerabilidad: enfoque de vulnerabilidad global

Por su parte, la vulnerabilidad es entendida como el grado de propensión o fragilidad de los sistemas humanos y ecológicos ante una amenaza, lo que incluye condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales que limitan la capacidad de resistir, afrontar o recuperarse de un evento físico que genere pérdidas para una población.

Autores como Cardona (1993) definen la vulnerabilidad como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad, Cardona menciona que la vulnerabilidad posee dos aspectos importantes, el aspecto físico que es cuantificables en términos materiales, y el aspecto social, que es calificable vinculándolo a aspectos económicos, educativos, culturales, etc. Cardona continuó desarrollando el concepto construcción social del riesgo acuñado por Maskrey, este concepto engloba todos los aspectos antes mencionados, los cuales son definidos de mejor manera por el enfoque de vulnerabilidad global de Wilches-Chaux (1993)

Este trabajo adopta el enfoque de la vulnerabilidad global propuesto por Gustavo Wilches-Chaux (1993), el cual considera que la vulnerabilidad no es una condición estática ni meramente física, sino que se configura a través de múltiples dimensiones interrelacionadas. Algunas de estas dimensiones son: física, social, económica, ecológica, institucional, entre otras.

Tabla 1: Dimensiones de la vulnerabilidad global por Wilches-Chaux.

Dimensión	Descripción breve
Vulnerabilidad física	Relacionada con las características del entorno construido y la exposición física directa a la amenaza. Incluye infraestructura, ubicación y materiales de construcción.
Vulnerabilidad social	Se refiere a las condiciones sociales que afectan la capacidad de respuesta y recuperación, como pobreza, desigualdad, acceso a servicios y redes comunitarias.
Vulnerabilidad económica	Capacidad financiera de una comunidad o individuo para enfrentar, resistir o recuperarse de un evento. Incluye ingresos, empleo y acceso a recursos.
Vulnerabilidad política	Limitaciones en la gobernanza, participación ciudadana, transparencia y capacidad institucional para gestionar riesgos.
Vulnerabilidad institucional	Deficiencia en la existencia y ejecución de políticas públicas, planes de emergencia y estructuras organizativas funcionales.
Vulnerabilidad ambiental o ecológica	Degradación de ecosistemas naturales que debilita su capacidad de amortiguar amenazas naturales. Incluye deforestación, pérdida de biodiversidad, uso del suelo.

Vulnerabilidad educativa	Nivel de formación y acceso al conocimiento que influye en la percepción del riesgo y capacidad de preparación.
Vulnerabilidad cultural	Prácticas, creencias o valores que pueden aumentar la exposición al riesgo o dificultar la respuesta.
Vulnerabilidad ideológica	Concepciones del mundo o del desarrollo que minimizan o niegan los riesgos existentes.
Vulnerabilidad técnica o científica	Carencia de estudios, datos o tecnologías adecuadas para prevenir o reducir riesgos.
Vulnerabilidad sanitaria	Debilidad en el sistema de salud o condiciones de salud de la población que aumentan el impacto de los desastres.
Vulnerabilidad geográfica	Ubicación en zonas expuestas por su naturaleza (pendientes, cercanía a ríos, fallas geológicas, etc.).

Fuente: elaboración propia

Para efectos operativos, se integrarán dos dimensiones en una: V. social y V. económica se unirán formando una V. socioeconómica, dimensión híbrida que será de gran utilidad para integrar variables de carácter social a un estudio con enfoque cuantitativo. Por consiguiente las dimensiones a trabajar en el enfoque de vulnerabilidad global son tres:

### 1) Vulnerabilidad física

Relacionada con las condiciones estructurales y espaciales que aumentan la exposición directa de la población al evento.

- Proximidad a cauces fluviales
- Tipo de construcción de viviendas
- Altura topográfica de las edificaciones

### 2) Vulnerabilidad socioeconómica

Constituida por las desigualdades sociales y económicas que condicionan la capacidad de respuesta y recuperación ante una emergencia.

- Nivel de ingresos del hogar
- Nivel educativo de la población
- Edad (presencia de niños o adultos mayores)
- Densidad demográfica (cantidad de población por manzana censal)

### 3) Vulnerabilidad ecológica

Refleja el grado de degradación del entorno natural, el cual limita la capacidad del ecosistema para regular o amortiguar los efectos de eventos extremos.

- Uso de suelo y cobertura vegetal predominante
- Tipo de suelo (escorrentía superficial)
- Grado de fragmentación del paisaje natural

Esta estructura teórica permite integrar el riesgo de inundación desde una mirada multifactorial e interdisciplinaria, integrando elementos físicos considerados desde enfoques clásicos como Tricart e incluyendo metodología actual como la de IGAC. Además, articula el enfoque de la construcción social del riesgo de Maskrey y Cardona al integrar la perspectiva de vulnerabilidad global propuesta por Wilches-Chaux.

## **2.5. Análisis multicriterio como herramienta metodológica**

El análisis multicriterio (AMC) es una metodología ampliamente utilizada en la toma de decisiones espaciales, particularmente útil en contextos donde se requiere integrar múltiples variables de distinta naturaleza para evaluar fenómenos territoriales complejos. En estudios de riesgo, el AMC permite combinar factores biofísicos, sociales y territoriales mediante criterios jerarquizados, generando representaciones espaciales que reflejan la distribución de amenazas o vulnerabilidades.

Como herramienta metodológica presenta gran utilidad debido a que permite considerar múltiples criterios, en este caso los correspondientes a vulnerabilidad y amenaza. Sin embargo, cada criterio está compuesto por distintas variables en su interior, las cuales poseen distinta relevancia e incidencia en los eventos catastróficos, por lo que, en busca de jerarquizar las variables, se ha integrado a la metodología la técnica conocida como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés). Esta herramienta es de suma utilidad en estos casos porque permite destacar factores que son clave dentro de los criterios para evaluar el riesgo.

El Proceso de Análisis Jerárquico se integra en este concepto del marco teórico ya que, si bien en la literatura se reconoce a este como otra metodología, para este caso en particular inscribe dentro del paraguas que comprende el análisis multicriterio, ya que en este estudio es integrado como una técnica específica que permite valorizar y jerarquizar las variables utilizadas.

Para el desarrollo del AHP se utiliza la matriz de Saaty, lo cual permite transformar un juicio de valor en escala numérica, permitiendo reconocer de forma argumentada que variables presentan mayor relevancia dentro de cada criterio. Los resultados obtenidos de la matriz se comparan con los estándares entregada en la literatura que se utilizó en este estudio, en consecuencia obtenemos una base teórica sólida con las ponderaciones internas que se asignan a cada variable. Con esto conseguimos resolver el problema de la jerarquía metodológica, primero determinando la ponderación interna de las variables en cada criterio, para luego combinarlas en un contexto más amplio, que es la integración de todas estas variables en el análisis multicriterio de riesgo de inundación.

La aplicación de los AMC en entornos geográficos se ha visto fortalecida por la integración con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permite no solo el procesamiento de grandes volúmenes de información espacial, sino también la construcción de modelos de riesgo precisos y visualmente interpretables como señala en sus escritos Malczewski (1999). En este contexto, el AMC facilita la identificación de zonas con mayor o menor nivel de amenaza según el peso asignado a cada variable y su distribución en el espacio.

## **2.6. Uso de SIG en estudios de riesgo**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han consolidado como herramientas fundamentales en el análisis de fenómenos espaciales complejos, especialmente en estudios ambientales y de gestión del riesgo. Su capacidad para integrar, procesar y representar información georreferenciada permite analizar patrones territoriales y dinámicas espaciales con un alto nivel de precisión y claridad, facilitando la toma de decisiones en planificación y prevención de desastres.

En el ámbito del riesgo de inundación, los SIG permiten modelar escenarios potenciales de amenaza mediante la combinación de variables como la morfología del terreno, el uso del suelo, la cercanía a cursos de agua y otros factores relevantes. La posibilidad de superponer capas de información y aplicar técnicas como el análisis de redes, modelado hidrológico y el análisis multicriterio espacial, otorgan a los SIG un carácter transversal y estratégico en la evaluación del riesgo. A modo de guía local para reconocer las variables significativas que se involucran en el evento de riesgo, se emplea la Guía de análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE).

Asimismo, el SIG permite zonificar espacios según su nivel de exposición, generando mapas temáticos que constituyen insumos clave para la planificación territorial y la gestión del riesgo. Esta visualización cartográfica no solo permite identificar áreas prioritarias de intervención, sino también comunicar los resultados de manera comprensible para autoridades y comunidades.

En el presente estudio, los SIG serán utilizados tanto para la sistematización de variables territoriales como para la implementación del análisis multicriterio, permitiendo construir una representación espacial de la amenaza de inundación en la cuenca del río Curanilahue. De esta forma, se busca aportar una mirada integrada del riesgo, en la que confluyan la dimensión física del territorio, las transformaciones antrópicas y la necesidad de una gestión basada en evidencia espacial.

## **CAPÍTULO III: Área de estudio**

### **3.1. Ubicación geográfica y contexto espacial**

La subcuenca del Río Curanilahue se encuentra emplazada entre las coordenadas geográficas 37°34'15"S 73°27'17"O y la distribución de la red hídrica que constituye la subcuenca es fundamental, puesto que varios de sus afluentes, como también su cauce principal atraviesan el área urbana de Curanilahue, esto se debe a que históricamente la población se ha asentado en las terrazas fluviales del cauce que presentan un perfil de valle fluvial, por lo que eran atractivos para poder edificar ya que el terreno era accidentado en su mayoría haciendo escasa la oferta espacial.

Las cuencas hidrográficas principales en las que se emplaza la comuna de Curanilahue corresponden a las cuencas de río Lebu y río Carampangue. El área urbana consolidada (Curanilahue y Plegarias) se encuentra inserta en la Cuenca del Río Lebu, en específico en la subcuenca del río Curanilahue, destacando en su interior el río que lleva el mismo nombre, además, el río Ranas, río Negro y río Descabezado, también se encuentra el estero Plegarias, estero Puente Diablo, estero El Lingue y quebrada Molino. La subcuenca del río Curanilahue nace de la Cordillera de Nahuelbuta y se dispone en dirección hacia el Océano Pacífico, tiene una extensión de 196,8 km<sup>2</sup> y sus ríos se caracterizan por tener un régimen pluvial. La precipitación media de la cuenca se acepta habitualmente en torno a 1400 a 1500 mm anuales con el 80% concentrado entre abril y septiembre, con esto contribuye el aporte hidrológico más importante del sistema fluvial Lebu.

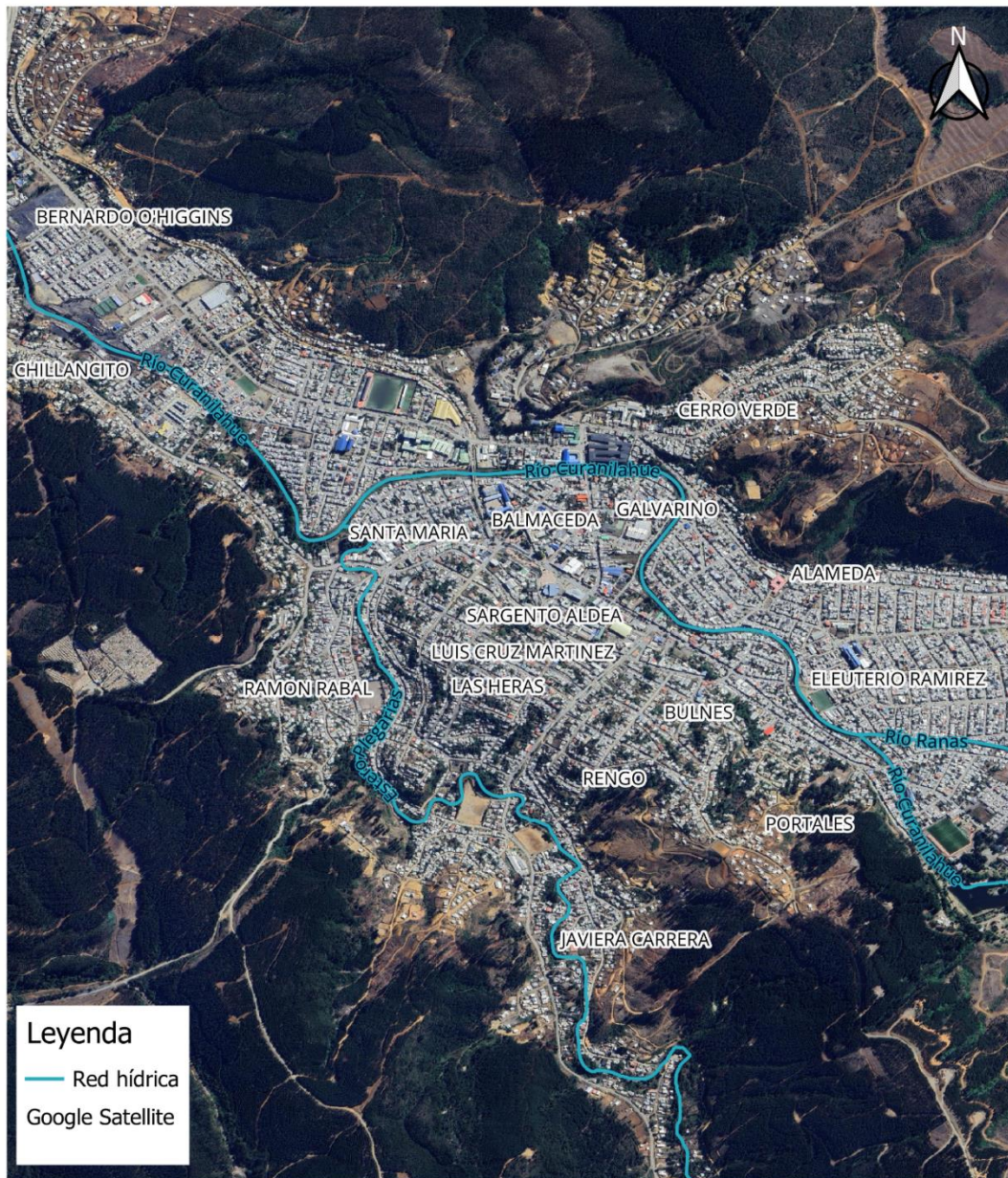
Un artículo publicado por Leonel Pérez y Felipe Pardo (anexo 1) permite entrever el crecimiento del área urbana de la comuna desde su origen. Se evidencia como paulatinamente se va recubriendo de viviendas las zonas llanas emplazadas en la convergencia de los ríos Ranas y Curanilahue con el estero Plegarias. De igual manera, permite reconocer y visualizar el patrón de crecimiento y distribución urbano asociado al cauce del río, tanto en los terrenos que se encuentran entre ríos, como también en aquellos terrenos en dirección a los corta aguas de la cuenca.

Curanilahue tiene sus orígenes como asentamiento minero, por lo que los trabajadores del carbón eran quienes podían optar a las mejores viviendas, en terrenos regulares y mejor ubicados, en consecuencia, los primeros proyectos inmobiliarios se desarrollan en las terrazas fluviales y las viviendas fueron repartidas principalmente entre trabajadores de ENACAR. Mientras que hacia las laderas o faldas de las montañas tenderían a acumularse habitantes que desarrollaban otras actividades productivas, y estos terrenos serían irregulares con características de tomas, hasta que en el futuro fueran reguladas bajo el proyecto Sitio.

En tal sentido, y sin alguna planificación territorial previa, se inicia a formar un patrón de distribución urbana, cargado de diferencias socioeconómicas y altos índices de exposición a riesgos de desastre vinculados a las dinámicas hidromorfológicas propias de la cuenca, es decir, un caso de construcción social del riesgo.



# Área urbana de la comuna Curanilahue - sectores principales




<p>Datos cartográficos: Escala 1:10.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
--	--	---

Ilustración 1: Área urbana de la comuna Curanilahue, red hídrica y sectores principales  
Fuente: elaboración propia

## **3.2. Características morfológicas y climáticas.**

**3.2.1. Características geológicas:** Específicamente en la provincia de Arauco y en el área de estudio, localizada al occidente de la Cordillera de Nahuelbuta, se observan rocas del Cretácico Superior- Pleistoceno, conformadas por sedimentos marinos y continentales alzados, los cuales se habrían depositado en una cuenca sedimentaria de régimen tectónico. Las unidades que componen esta cuenca depositacional son: Formación Quiriquina (72,1 a 66 millones de años) de conglomerados y areniscas marinas; y Formación Curanilahue (56 y 41,2 millones de años) de areniscas y arcillas con mantos de carbón.

A nivel local, el área urbanizada y sus alrededores se emplaza en sedimentos no consolidados contemporáneos, correspondientes a los valles fluviales donde se asientan las localidades de Curanilahue, San José de Colico y Plegarias. Por su parte los relieves altos se modelan por cordones de cerros de mediana altura, que corresponden a la Formación Curanilahue, caracterizada por una secuencia de rocas sedimentarias del tipo areniscas y lutitas, intercaladas con mantos de carbón. En superficie estas rocas muestran un alto grado de meteorización química que descompone las rocas originando suelos más bien arcillosos. La potencia de los suelos es variable entre 2 y 5 m, aumentando en los sectores deprimidos topográficamente por la acumulación de agua que acelera la descomposición química. Además, en el pie de los cerros, se acumulan depósitos que han sido arrastrados gravitacionalmente desde los sectores más altos por fenómenos de erosión y de remoción en masa, dando paso a depósitos fluvio-aluviales. Adicionalmente, la comuna cuenta con depósitos antrópicos no consolidados, producto del relave de la minería carbonífera, correspondiente a areniscas, limos y arcillas (UGRD Curanilahue, 2024)

**3.2.2. Características edafológicas:** En la comuna de Curanilahue, las características físicas del territorio están dominadas por dos tipos principales de formaciones de suelo. Por un lado, en la Cordillera de Nahuelbuta predominan los suelos graníticos asociados a lomajes y cerros, suelos donde predominan las prácticas forestales. Por otro lado, en ciertas zonas de las planicies litorales se encuentran suelos derivados de roca metamórfica. Los suelos aluviales, que poseen mayor potencial agrícola, son limitados y se restringen principalmente a depresiones intermontanas por donde fluyen los principales esteros y ríos de la comuna (Sánchez, 2003), en estos suelos se concentran los asentamientos humanos. Según la información proporcionada por CIREN sobre las clases de suelo, en la comuna de Curanilahue predominan los suelos de clase VII, caracterizados por limitaciones muy severas que los hacen inapropiados para la agricultura. Su principal uso se orienta hacia el pastoreo y la explotación forestal. En general, la capacidad de uso de la tierra está dominada por suelos clasificados como clase VI y VII, mientras que los suelos aptos para actividades agrícolas (clases I, II y III) son escasos, representando menos del 22% del territorio comunal.

**3.2.3. Características climáticas:** El clima en la comuna de Curanilahue corresponde a clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera (Csb(i)) y clima mediterráneo de lluvia Invernal (Csb) caracterizado por precipitaciones que fluctúan entre los 1.300 y 2.000 mm anuales, repartidos durante todo el año, con un período corto seco de tres meses en la estación de verano. En cuanto a las temperaturas, estas alcanzan un promedio anual de 16 °C, concentrándose las más altas en la estación de verano.

### **3.3. Usos del suelo y dinámicas antrópicas.**

**3.3.1. Usos de suelo:** Con relación al uso de suelo, la comuna de Curanilahue presenta una superficie total de 100.296 ha, de ellas, el uso áreas urbanas e industriales representan el 0,62% (620,12 ha), 0,38% de la comuna son terrenos agrícolas (377,92 ha), lo sigue el uso praderas y matorrales con 6,65% (6.671,19 ha) de la superficie, el uso bosque con 91,72% (91.995 ha), el 0,48% (479,87 ha) de áreas desprovistas de vegetación y finalmente el 0,05% (47,45 ha) con uso cuerpos de agua.

A partir del análisis del uso del suelo y la vegetación dominante se observa que el 91,72% de la superficie de la comuna está cubierto por bosques, los cuales corresponden en su mayoría a plantaciones forestales; ésta ha sido una condición que favorece la propagación de incendios forestales; en consecuencia, se estima que en los últimos 10 años la superficie afectada fue 1.007,95 hectáreas, siendo variable la superficie dañada cada año, en relación con la ocurrencia. La temporada con mayor área involucrada corresponde al periodo 2019-2020, la cual tuvo una incidencia de afectación en una superficie de 409,59 ha.

**3.3.2. Actividades productivas:** La actividad productiva principal de la comuna de Curanilahue corresponde al sector primario (extracción de materias primas) y secundario (transformación de materias primas) de la industria forestal, siendo la principal la explotación forestal de monocultivo y sus derivados, como la producción de astillas en aserraderos. Sin embargo, su lejanía de la Ruta 5 Sur, junto a la escasa diversificación de servicios y la notoria dependencia de la industria forestal, ha generado un entorno laboral limitado. Esta situación ha creado una dependencia significativa de empleos gestionados por el sector público, principalmente municipal y de los aserraderos más relevantes, como "ForAction Chili", tras el cierre de "El Colorado". Esta dependencia se extiende a otras comunas vecinas, como Cañete, Lebu y Arauco principalmente.

En cuanto a la estructura empresarial, entre 2019 y 2021, se observó que las microempresas representaban el 64% del total. Las pequeñas empresas aumentaron del 11% al 13%, mientras que las medianas y grandes empresas crecieron del 1,3% al 2%. Aunque el desempeño económico de la comuna muestra una leve mejora respecto a la región y el país, sigue siendo altamente dependiente de la industria forestal.

### 3.4. Historial de eventos de inundación en la cuenca

Las condiciones espaciales del territorio donde se emplaza esta subcuenca son propicias para escenarios de precipitación intensa; los sistemas de bajas presiones, los vientos húmedos del Océano Pacífico y el efecto Föhn asociado a las barreras orográficas de la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa. En este contexto es difícil evitar verse afectado por aumentos considerables en el caudal, especialmente teniendo en cuenta la intervención del ciclo hidrológico a causa de la práctica forestal intensiva llevada a cabo en el territorio. Anualmente se presentan eventos climáticos de alta pluviosidad, sin embargo, no siempre se ve saturado el sistema hidrológico que atraviesa la zona urbana. Algunos casos puntuales de resultados catastróficos son los que se presentan a continuación.

Tabla 2: Historial de inundaciones

Fecha	Descripción	Fuente
Junio 1986	Desborde que afectó considerablemente las viviendas ubicadas cercanas al río	Testimonio local
Julio 1992	Intensas lluvias provocaron anegamiento de varias zonas urbanas bajas, se registraron evacuaciones preventivas	Testimonio local
Mayo 1996	Nueva crecida del río generó daños estructurales en viviendas aledañas al río. Cobertura de medios regionales sirvió para planes de emergencia en años posteriores	Medios regionales
Junio 2006	Sistema frontal afecta fuertemente a la región, Curanilahue el mayor afectado por desbordes, provoca inundación de numerosas viviendas y daños de consideración en sus techumbres, son cerca de 40 las personas albergadas en recintos habilitados por el municipio	EMOL, 7 de junio de 2006
Abril 2012	Nuevas lluvias intensas provocaron el desborde del río en zonas urbanas y rurales. Evento documentado por el profesor Don Luis Flores Olave en su canal de YouTube bajo el título de "Lluvias en Curanilahue 2012"	Testimonio local y Luis Flores Olave en YouTube
Junio 2015	Las intensas lluvias provocaron calles anegadas y debilitamiento del terreno, causando caídas de árboles y deslizamientos de tierra, compleja situación: deslizamiento que expuso a riesgo de derrumbe una vivienda	SOYCHILE Arauco, 1 de junio de 2015
Agosto 2015	Inundaciones en sectores rurales. Las precipitaciones provocaron cortes de caminos, anegamientos de predios y complicaciones en el acceso a servicios básicos.	Testimonio local
Agosto 2017	Dirección general de aguas detecta un aumento en el caudal de los afluentes del río Curanilahue, por lo mismo se decretó alerta roja en la comuna de Curanilahue	EMOL, 13 de agosto de 2017

Junio 2019	Sergio Giacamán, Intendente Regional, expuso la comuna de Curanilahue en alerta amarilla por riesgo de desborde del estero Plegarias producto de intensas precipitaciones	EMOL, 27 de junio de 2019
Junio 2023	Intensas lluvias provocaron desborde del río y colapso del sistema de drenaje provocando el anegamiento de calles. Múltiples son las viviendas afectadas por el siniestro	EMOL, 24 de junio de 2023
Junio 2024	Evento reciente más significativo, las lluvias del sistema frontal provocaron una inundación masiva en la ciudad. Se decretó zona de catástrofe, con decenas de familias afectadas y graves daños a infraestructura pública	EMOL, Biobiochile, redes sociales locales.
Agosto 2024	Nuevamente, un sistema frontal afectó a la comuna. Se registraron inundaciones en sectores vulnerables como Javiera Carrera, Población Eleuterio Ramírez y zonas con baja altura del centro cívico. Las autoridades locales activaron protocolos de emergencia ante el riesgo de colapso del sistema de drenaje.	Redes sociales y medios locales

Fuente: elaboración propia

La base de datos de la Dirección General de Aguas perteneciente al Ministerio de Obras Públicas nos permite acceso limitado a los registros de las estaciones fluviométricas 08700002-8 Río Curanilahue (registros desde octubre del 2024) y 08700003-6 Estero Plegarias (registros desde marzo del 2024), por lo que se dificulta el corroborar que caudal alcanzaron los cuerpos de aguas en las fechas destacadas anteriormente, sin embargo, se pudo acceder al registro correspondiente al mes de junio de 2024 en la estación 08700003-6, donde se registra un aumento considerable en el caudal desde el 5 de junio hasta el 12, fecha donde se corta el registro hasta el mes siguiente. El caudal normal alcanza valores de entre 0,5 y 0,7 m<sup>3</sup>/s. El evento climático de junio 2024 provoco alzas normales en el caudal hasta el 10 de junio alcanzando valores de hasta 10 m<sup>3</sup>/s, de aquí en adelante los valores ascendieron considerablemente alcanzando hasta 74,1 m<sup>3</sup>/s. Sobrepasando su habitual altura de 0,9m llegando hasta 3,32m de altura según lo que se alcanza a registrar. Los caudales medios diarios se adjuntan en el anexo 2.

Si bien no se pudo acceder a los registros diarios de las otras estaciones, basta con extrapolar los datos del estero plegarias y hacer una pequeña estimación al caudal de 1 a 2 m<sup>3</sup>/s que transporta habitualmente el río Curanilahue, para hacerse una idea de la magnitud que alcanzo el caudal durante el temporal en la comuna. Lo mediático del caso permitió acceso a registro fotográfico tanto por parte de los medios tradicionales como a través de las redes sociales, donde medios locales cubrieron ampliamente la catástrofe. Por otra parte, habitantes de la comuna facilitaron sus propios registros fotográficos para ser aporte en esta investigación. A continuación, se presenta evidencia fotográfica de la magnitud del evento climático ocurrido durante junio del 2024.



Ilustración 2: Crecida estero Plegarias, puente El Dos sector Javiera Carrera  
Fuente: Red Curanilahue Noticias, 12 de junio del 2024



Ilustración 3: Crecida río Ranas, puente Galvarino sector Galvarino  
Fuente: Red Curanilahue Noticias, 12 de junio del 2024



Ilustración 4: Crecida río Curanilahue, puente de la maquina sector Santa María  
Fuente: Red Curanilahue Noticias, 12 de junio del 2024



Ilustración 5: crecida estero Plegarias, puente peatonal sector Ramon Rabal  
Fuente: Red Curanilahue Noticias, 12 de junio del 2024



Ilustración 6: crecida río Ranas y anegamiento de calles sector Eleuterio Ramírez  
Fuente: Alexis Fuentealba, 12 de junio de 2024, calle anegada [Fotografía]



Ilustración 7: crecida río Curanilahue y anegamiento de calles en sector Bernardo O'Higgins  
Fuente: Felipe Torres, 12 de junio de 2024, calle anegada [Fotografía]



Ilustración 8: crecida río Curanilahue y anegamiento de calles sector Balmaceda  
Fuente: Sandra Gallardo, 12 de junio de 2024, calle anegada [Fotografía]



Ilustración 9: vivienda afectada por crecida del río Curanilahue y anegamiento de calles en sector Sargento Aldea

Fuente: Renato Suazo, 12 de junio de 2024, vivienda inundada [Fotografía]

Estas fotografías permiten entrever un poco de lo que se vivió en el evento climático que azotó a la comuna de Curanilahue durante el invierno de 2024. Como se puede evidenciar, el río alcanzó un caudal exagerado, afectando múltiples propiedades y el interior de viviendas, significando importantes pérdidas para los habitantes que se vieron afectados por las inundaciones, lo que recalca la importancia de este estudio. Al final del documento en el anexo 3, se adjuntan distintas figuras que permiten identificar la diferencia del caudal en situaciones cotidianas, para que se contraste con las evidencias fotográficas adjuntadas anteriormente.

Así como existe registro de estos eventos de alto impacto, año tras año se viven situaciones de anegamientos, crecidas súbitas, remociones de masas, etc. Que no son registradas ni evidenciadas por la poca relevancia que han causado para la comunidad, sin embargo, se trata de una zona muy expuesta a situaciones de amenaza. Por lo que, aunque no es anual que ocurran eventos de esta magnitud, si existe cierta recurrencia asociada al medioambiente, a las prácticas productivas, y al grado de exposición de la población. De modo que se reitera la importancia que representa este estudio para enfrentar futuras situaciones de emergencia.

## CAPÍTULO IV: Metodología

### Esquema general metodológico

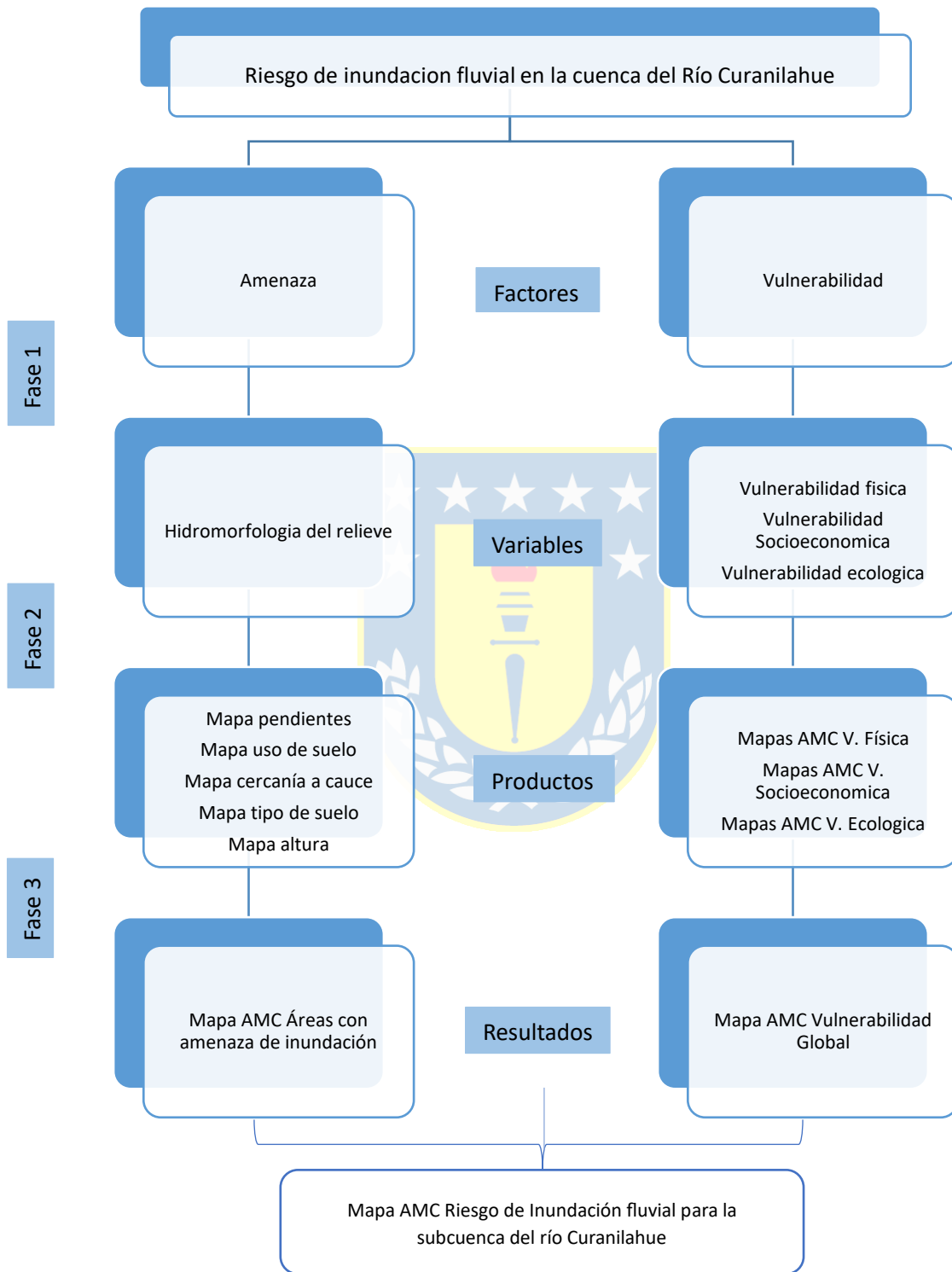


Ilustración 10: Esquema metodológico para el estudio de riesgo de inundación.  
Fuente: elaboración propia

## **4.1. Materiales y método:**

### **4.1.1. Tipo de investigación**

La presente investigación se enmarca en un enfoque de carácter cuantitativo, sustentado en el uso de información estadística y cartográfica que permite aproximarse a la comprensión de la dinámica del riesgo de inundación en la comuna de Curanilahue. Para ello, se desarrolla una metodología de tipo analítica-descriptiva que combina la identificación y posterior jerarquización espacial de las zonas más expuestas, junto con los factores que componen la exposición al riesgo de inundación fluvial. En este sentido, la aplicación de herramientas de análisis espacial basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), complementadas con técnicas de evaluación multicriterio, permite construir un marco metodológico robusto que posibilita no solo la visualización, sino también la interpretación de los territorios más susceptibles frente a este tipo de amenaza, consiguiendo así jerarquizar que variables afectan de forma más directa o significativa en el territorio, lo cual favorece a la planificación territorial y la gestión integrada del riesgo y desastre.

No obstante, es necesario reconocer ciertas limitaciones inherentes al proceso metodológico empleado. Al trabajar con información censal, y en particular con unidades espaciales de generalización como lo son las zonas censales, se corre el riesgo de simplificar o invisibilizar situaciones específicas que pueden resultar altamente relevantes. Esto significa que, en algunos casos, la metodología puede subestimar condiciones de vulnerabilidad muy localizadas dentro de determinados sectores de la comuna, las cuales quedan diluidas en las características predominantes que arrojan los promedios o valores generales de cada variable considerada. De igual manera, existe la posibilidad de que ciertas áreas que en la práctica poseen una baja exposición sean clasificadas como zonas de alta exposición, producto de la generalización de los datos en función de la escala trabajada.

Pese a estas limitaciones, se estima que la aproximación utilizada constituye una herramienta válida y pertinente para el análisis territorial a nivel comunal. La disponibilidad de información y los recursos técnicos condicionan en gran medida la profundidad del estudio, por lo que el diseño metodológico se orienta a sacar el máximo provecho de los insumos existentes. En ese marco, los resultados obtenidos permiten disponer de una representación espacial clara y fundamentada sobre las áreas que presentan mayor susceptibilidad frente al riesgo de inundación. Esto, a su vez, constituye un aporte relevante tanto para la gestión del territorio como para la toma de decisiones en materia de planificación local y en la gestión integrada del riesgo, ya que entrega una base de información que puede ser enriquecida y perfeccionada en futuras investigaciones o mediante la incorporación de nuevas fuentes de datos.

#### 4.1.2. Materiales y fuentes de datos

Para el desarrollo del estudio, se utilizarán las siguientes fuentes de información:

Tabla 3: Fuentes de información para variables.

Material/Dato	Fuente	Escala o Resolución aproximada
Modelo de Elevación Digital	SRTM downloader	12.5 – 30 m
Cobertura y uso del suelo	CIREN	1:150.000
Características edafológicas	SoilGrids (ISRIC)	~250 m
Red hidrográfica	BCN	1:150.000
Límites administrativos y cuencas	BCN, SIMBIO	1:150.000
Datos socioeconómicos	I. Municipalidad de Curanilahue, CENSO	1:50.000
Imágenes satelitales	Google Earth Pro	10 m

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.3. Método general

El análisis de riesgo se realizará mediante la combinación de los factores que componen amenaza y vulnerabilidad global, empleando técnicas de análisis multicriterio en SIG, esto a través de modelos ráster, los cuales son integrados bajo distintas ponderaciones y en distintos conjuntos al análisis multicriterio realizado con la calculadora ráster de QGIS.

El procedimiento metodológico se estructura en tres fases principales:

Fase 1: Selección de factores relevantes

Una vez delimitada la subcuenca del río Curanilahue mediante documentación oficial y análisis SIG, se procede a seleccionar que variables son más incidentes en la ocurrencia de una inundación fluvial.

Análisis de amenaza (enfoque hidromorfológico)

- Factores: pendiente, altura, cercanía a cauces, tipo de suelo, cobertura vegetal.

Análisis de vulnerabilidad global (enfoque de Wilches-Chaux y adaptación de Cardona)

Se dividirá en tres conjuntos o dimensiones:

- Vulnerabilidad física: cercanía a cauces, altura, tipo de edificación.
- Vulnerabilidad socioeconómica: nivel de ingreso, años académicos, edad, densidad demográfica.
- Vulnerabilidad ecológica: tipo de suelo, cobertura vegetal, fragmentación del paisaje.

Cada dimensión será evaluada por separado mediante análisis multicriterio (AHP) y luego integradas para obtener un índice compuesto de vulnerabilidad global.

## Fase 2: Evaluación de variables

- Caracterización físico-ambiental y socioeconómica del territorio: cobertura vegetal, topografía, usos del suelo, red hidrográfica, densidad poblacional, nivel socioeconómico, etc.
- Elaboración de modelos ráster de la caracterización de la cuenca, es decir: generar shapefiles con la información espacial de los factores utilizados para analizar amenaza y vulnerabilidad global, y luego transfórmalos a modelos ráster.
- Reclasificación de modelos ráster a modo de trabajar bajo tres umbrales: bajo riesgo, mediano riesgo y alto riesgo. Los cuales se establecen mediante apoyo bibliográfico, criterio experto y criterio propio.

Para los shapefiles ya existente se utilizaron umbrales recomendados por la literatura, como la guía de análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial de SUBDERE. Así también, se modelaron los factores relevantes en el SIG y se hicieron los ajustes pertinentes para que el umbral fuera adecuado a las situaciones reales que ocurren en la comuna. Por otro lado, para los shapefiles generados mediante la mezcla de manzanas censales con datos censales extraídos de Redatam7, se generaron indicadores a través de Excel para establecer valores de 1 a 3 a los píxeles que componen cada ráster generado.

## Fase 3: Integración de productos

- Se aplicará el método de ponderación jerárquica analítica (AHP) con la matriz de Saaty para asignar pesos a cada criterio que compone amenaza y vulnerabilidad, construyendo una matriz de comparación por pares que servirá para generar los productos.
- Los productos serán combinados mediante superposición ponderada utilizando los pesos anteriormente asignados para construir los mapas de amenaza, vulnerabilidad global y el mapa de riesgo de inundación fluvial.

Para la elaboración de la matriz de Saaty se procedió de igual manera que con la asignación de umbrales, esto quiere decir que se empleó apoyo bibliográfico, criterio experto y criterio propio, obteniendo así los distintos grados de relevancia que representa cada variable para su conjunto, asignando distintos porcentajes tanto internos como externos, los cuales son aproximados y utilizados para realizar la superposición de los modelos en la calculadora ráster de QGIS.

### 4.1.4. Herramientas tecnológicas

- Software GIS: QGIS 3.36.3
- Herramientas de procesamiento: Excel, Redatam7 proces, GRASS, complementos QGIS
- Edición y manejo de datos vectoriales y ráster
- Fuentes de datos abiertas y gratuitas

## 4.2. Selección de variables:

**4.2.1. Amenaza:** para seleccionar las variables que constituyen la amenaza se deben considerar aquellos factores naturales que forman parte del territorio e influyen directamente en el ciclo hidrológico y el comportamiento del caudal. La selección de variables fue realizada en base a la estructura conceptual del método hidromorfológico de Tricart (1997) y el Manual técnico para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masas del IGAC. En estos documentos resaltan como factores físicos condicionantes útiles para nuestro caso: pendiente, uso de suelo, cercanía a cauces, tipo de suelo y altura.

**4.2.1.1. Pendiente:** En el ciclo hidrológico gran parte del agua precipitada es reingresada a los cauces a través de la escorrentía superficial, para este proceso la presencia de pendientes es fundamental, en consecuencia, a mayor pendiente mayor será el efecto de escorrentía. Por consiguiente, basado en ponderaciones propuestas por bibliografía (Malczewski, Flores Gonzales, IGAC) se comprende que pendientes pronunciadas favorecen al aporte hídrico al caudal, mientras que pendientes suaves favorecen la acumulación de agua. En el contexto geográfico de Curanilahue urbano, que se encuentra emplazado en las terrazas fluviales de un sistema fluvial montañoso, comprendemos que la pendiente pronunciada contribuye de forma activa al caudal, y las zonas urbanas se encuentran afectadas significativamente por la inundación de las terrazas. Literaturas recomiendan para esta variable utilizar el peso de 30% en la ecuación del AMC de amenaza, sin embargo, entendiéndose como intervienen en el sistema hidrológico otras variables como usos de suelo y tipo de suelo, se optó por aumentar el peso de estas variables y disminuir pendiente a 20%

**4.2.1.2. Uso de suelo:** La densidad de plantaciones forestales alrededor de la mancha urbana de Curanilahue es crucial para el AMC de amenaza, por el rol del monocultivo en la degradación de los suelos en que se desarrollan estas plantaciones, lo que interviene en el proceso de infiltración causando aumento en la escorrentía superficial que alimenta el caudal del río. En este caso, el suelo de la cuenca del río Curanilahue se encuentra altamente ocupado por plantaciones forestales, lo que genera un aumento considerable en el caudal de los ríos que existen dentro de la cuenca. Los suelos utilizados por zonas urbanas son los mayores condicionantes de la amenaza, ya que intervienen en el ciclo hidrológico. En el caso de Curanilahue, la zona urbana está localizada sobre las terrazas fluviales de los ríos Curanilahue, Ranas y estero Plegarias, por lo que además de acumular en la superficie agua que no es infiltrada, se encuentra propensa a ser inundada por alguna eventual crecida del río. En otras bibliografías se propone a esta variable el peso de 20%, sin embargo, por su importancia en el proceso hidrológico de la zona geográfica donde se emplaza la cuenca del río Curanilahue, se ha decidido aumentar el peso a 30%.

**4.2.1.3. Cercanía a cauces:** Históricamente los grupos humanos se han asentado próximos a cuerpos de agua, Curanilahue no fue la excepción. Desde siempre la población ha ocupado estos espacios anexos al río, lo cual ha sido crucial en estos procesos de inundación. En el contexto de amenaza de inundación fluvial la proximidad al cauce implica una exposición directa frente a un desborde de río, por lo que, basado en la bibliografía se optó que esta variable no se debe modificar, por lo que conservara el peso de 25% propuesto por académicos y autores.

**4.2.1.4. Tipo de suelo:** Compréndase tipo de suelo como perfil edafológico, es fundamental, ya que la capacidad de infiltración del suelo radica en su textura. Los suelos más arenosos permiten mayor infiltración, mientras que los suelos más arcillosos favorecen la escorrentía superficial. Para este estudio, que comprende un aspecto ecológico, se ahondó un poco más en la variable tipo de suelo; gracias a la utilización de SoilGrids se desarrolló un AMC de riesgo de escorrentía, el cual comprende tres variables edáficas: contenido de arcilla, densidad aparente y fragmentos gruesos. Con estas variables podremos establecer un aproximado adecuada del perfil edafológico existente en la cuenca del río Curanilahue. Para la elaboración de este AMC se consultó literatura científica y criterios técnicos comunes en hidrología y edafología, principalmente Saxton y Rawls. El contenido de arcilla es la variable más relevante, con un peso de 50%, ya que los suelos más arcillosos tienden a tener baja permeabilidad, lo cual es el factor más determinante en la escorrentía superficial. Para la densidad aparente se estableció un peso medio de 30%, ya que una alta densidad aparente implica suelos más compactados, lo que refleja menor porosidad y, por consiguiente, menor infiltración, lo que aumenta la escorrentía superficial. Los fragmentos gruesos presentan el menor peso con 20%, ya que son los que representan el menor impacto para los procesos de escorrentía, esto porque según el contexto puede favorecer a la infiltración o perjudicar, actuando como barrera física que impide la capacidad de infiltración, ya que depende mucho de la disposición y tamaño del fragmento, además de otros factores del suelo como los anteriores mencionados. La bibliografía empleada propone para tipo de suelo el peso de 10% en la ponderación de variables en el AMC de amenaza, sin embargo, por su importancia en el proceso hidrológico de la cuenca se decidió incrementar su peso a 15%.

Tabla 4: Pesos y rangos de variables en tipo de suelo

Tipo de suelo			
Variable		Alternativas	
Fragmentos gruesos	0 a 40 cm/dm	41 a 100 cm/dm	101 a 153 cm/dm
Peso	3	2	1
Densidad aparente	86 a 107 g/cm <sup>3</sup>	66 a 85 g/cm <sup>3</sup>	0 a 65 g/cm <sup>3</sup>
Peso	3	2	1
Contenido de arcilla	321 a 485 g/kg	161 a 320 g/kg	0 a 160 g/kg
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Infiltración escasa	Infiltración media	Infiltración eficiente

Fuente: elaboración propia

**4.1.2.5. Altura:** Entendiendo que las cotas bajas siempre acumularan el agua precipitada que no es infiltrada, o sea que escurre superficialmente. Comprendemos que las zonas de mayor altura estarán menos expuestas a amenaza de inundación, mientras que zonas de menor altura estarán más expuestas, por lo que las menores alturas tenderán a acumular precipitación e inundarse. Si bien es una variable importante, la literatura le asigna un peso de 10% el cual se conservará ya que es adecuado para el caso de estudio.

Finalmente, para conseguir el Mapa AMC de amenaza se deben asignar a las variables antes mencionadas los pesos y establecer rangos a considerar.

Tabla 5: Pesos y rangos de variables hidromorfológicas

Variables hidromorfológicas			
Variable		Alternativas	
Pendiente	0° a 0,9°	1° a 4,9°	5° o más
Peso	3	2	1
Uso de suelo	Urbano e Industrial y desprovisto de vegetación	Plantación	Otros
Peso	3	2	1
Cercanía a cauce	0 a 150 metros	151 a 500 metros	501 o más metros
Peso	3	2	1
Tipo de suelo	Infiltración escasa	Infiltración media	Infiltración eficiente
Peso	3	2	1
Altura	130 msnm o menos	131 a 150 msnm	151 msnm o más
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja

Fuente: elaboración propia

**4.2.2. Vulnerabilidad:** para la selección de variables que constituyen la vulnerabilidad se implementó el concepto “vulnerabilidad global” (Wilches-Chaux 1997) donde se interpretó que los ángulos de la vulnerabilidad más pertinentes al caso eran: vulnerabilidad física, vulnerabilidad social y vulnerabilidad ecológica. Para seleccionar las variables a considerar en cada ángulo de la vulnerabilidad se revisaron las dimensiones de vulnerabilidad mencionadas por Carreño (2004).

**4.2.2.1. Vulnerabilidad física:** Se refiere al grado en que los elementos materiales y estructurales presentes en un territorio como edificaciones, infraestructura vial, redes de servicios básicos, etc. pueden ser afectados negativamente por un fenómeno natural. Esta dimensión considera tanto la exposición física al evento como las características infraestructurales que determinan la resistencia de estos elementos. En Curanilahue, muchas viviendas se ubican sobre terrazas fluviales, cerca del cauce del río o en zonas con baja pendiente, lo que aumenta su exposición física a las inundaciones. La infraestructura vial y de las viviendas es frágil frente a eventos de inundación, principalmente ya que al ocurrir un desborde los desagües quedan inoperativos

causando la inundación de las calles y por consiguiente las viviendas, de las cuales un bajo porcentaje es de hormigón, concentrando mayoría de madera o mixta. Por lo que las variables a considerar en el AMC de vulnerabilidad física son: cercanía a cauce, altura y material de vivienda. Para la variable material de vivienda se genera un ráster que mezcle tres variables correspondientes a las características de las viviendas: material del suelo, material del muro exterior y material del techo, con lo que obtendremos los parámetros para evaluar.

A) No resistente constituido por las viviendas cuyas características son: material de cubierta de techo contendrá sin cubierta solida de techo y materiales precarios (lata, cartón, plástico, etc.). En el material de los muros exteriores se consideran materiales precarios y adobe, barro, pirca, etc. Material de suelo constituido por cemento sobre tierra y tierra

B) Parcialmente resistente constituido por las viviendas cuyas características son: material de cubierta de techo contendrá planchas metálicas (zinc, cobre, etc.) fibrocemento y teja asfáltica. En el material de los muros exteriores se consideran tabique sin forro interior y tabique forrado por ambas caras. Material de suelo constituido por baldosa de cemento y radier sin revestimiento

C) Resistente constituido por las viviendas cuyas características son: material de cubierta de techo contendrá tejas de arcilla, metálica, cemento, etc. Y losa de hormigón. En el material de los muros exteriores se consideran albañilería y hormigón armado. Material de suelo constituido por parquet, piso flotante, cerámica, etc.

Tabla 6: Pesos y rangos de variables de material de vivienda

Material de vivienda			
Variable	Alternativas		
Techo	A	B	C
Peso	3	2	1
Piso	A	B	C
Peso	3	2	1
Muro	A	B	C
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	No resistente	Parcialmente resistente	Resistente

Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad física

Variables vulnerabilidad física			
Variable	Alternativas		
Cercanía a cauce	0 a 150 metros	151 a 500 metros	501 o más metros
Peso	3	2	1
Material de vivienda	No resistente	Parcialmente resistente	Resistente
Peso	3	2	1
Altura de cota	130 msnm o menos	131 a 150 msnm	151 msnm o más
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Alto riesgo	Mediano riesgo	Bajo riesgo

Fuente: elaboración propia

**4.2.2.2. Vulnerabilidad socioeconómica:** Esta dimensión hace referencia a las condiciones sociales y económicas que limitan la capacidad de las personas y comunidades para prepararse, enfrentar y recuperarse de un desastre. Incluye aspectos como nivel de ingresos, educación, acceso a servicios básicos, y organización comunitaria. La comuna presenta altos índices de pobreza multidimensional y dependencia económica del rubro forestal. Además, existen sectores con acceso limitado a servicios públicos y con bajo nivel de escolaridad, lo cual reduce significativamente la capacidad de respuesta y recuperación frente a una inundación. Por lo que las variables a considerar en el AMC de vulnerabilidad socioeconómica son: nivel de ingreso, años de escolaridad, edad y densidad demográfica. Algunas de las variables a utilizar no se encuentran en los datos censales por lo que se deben mezclar criterios para establecer sus valores. En el caso de nivel de ingreso se integrarán en un AMC variables como nivel de hacinamiento y materiales de la vivienda, con el fin de establecer una aproximación del nivel socioeconómico por zona censal. Para esto se establecerán tres alternativas que serán: nivel bajo, medio y alto.

A) Bajo constituido por viviendas que contengan de 0 a 1 piezas utilizadas exclusivamente como dormitorio. En el material de cubierta de techo contendrá sin cubierta sólida de techo y materiales precarios (lata, cartón, etc.). En el material de los muros exteriores se consideran materiales precarios y adobe, barro, pirca, etc. Material de suelo constituido por cemento sobre tierra y tierra

B) Medio constituido por viviendas que contengan de 2 a 3 piezas utilizadas exclusivamente como dormitorio. En el material de cubierta de techo contendrá planchas metálicas (zinc, cobre, etc.) fibrocemento y teja asfáltica. En el material de los muros exteriores se consideran tabique sin forro interior y tabique forrado por ambas caras. Material de suelo constituido por baldosa de cemento y radier sin revestimiento

C) Alto constituido por las viviendas que contengan de 4 o más piezas utilizadas exclusivamente como dormitorio. En el material de cubierta de techo contendrá tejas de arcilla, metálica, cemento, etc. Y losa de hormigón. En el material de los muros exteriores se consideran albañilería y hormigón armado. Material de suelo constituido por parquet, piso flotante, cerámica, etc.

Tabla 8: Pesos y rangos de variables en nivel de ingreso

Nivel de ingreso			
Variable	Alternativas		
Techo	A	B	C
Peso	3	2	1
Piso	A	B	C
Peso	3	2	1
Muro	A	B	C
Peso	3	2	1
Hacinamiento	A	B	C
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad socioeconómica.

Variables vulnerabilidad socioeconómica			
Variable	Alternativas		
Nivel de ingreso	Bajo	Medio	Alto
Peso	3	2	1
Años de escolaridad	0 a 4	5 a 12	13 a 21
Peso	3	2	1
Edad	0 a 7 y 70 o más	8 a 17 y 50 a 69	18 a 49
Peso	3	2	1
Densidad demográfica	250 o más	100 a 249	0 a 99
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Alto riesgo	Mediano riesgo	Bajo riesgo

Fuente: elaboración propia

**4.2.2.3. Vulnerabilidad ecológica:** Se refiere a la degradación ambiental de un territorio, entendida como la pérdida de capacidad de los ecosistemas para cumplir funciones de regulación, protección y amortiguación frente a fenómenos naturales. Incluye la presencia de cobertura vegetal protectora, la calidad del suelo, y la fragmentación del paisaje. Debido al uso intensivo del suelo para plantaciones forestales se ha reducido la cobertura vegetal nativa, disminuyendo la infiltración y aumentando el escurrimiento superficial. Esto genera una pérdida en la capacidad del ecosistema para absorber y regular eventos de alta pluviosidad, incrementando así el riesgo de inundación. Por lo que las variables a considerar en el AMC de vulnerabilidad ecológica son: cobertura vegetal, tipo de suelo e índice de fragmentación, el cual indica si el paisaje se ha roto o dividido, y se obtiene del área total dividida por la cantidad de parches, que es una unidad espacial de cobertura de suelo homogénea distinta a su entorno adyacente.

Tabla 10: Pesos y rangos de variables para vulnerabilidad ecológica

Variables vulnerabilidad ecológica			
Variable	Alternativas		
Cobertura vegetal	Urbano e Industrial y desprovisto de vegetación	Plantación	Bosque mixto y nativo
Peso	3	2	1
Índice de fragmentación	Fragmentado	Semi fragmentado	Poco fragmentado
Peso	3	2	1
Tipo de suelo	Infiltración escasa	Infiltración media	Infiltración eficiente
Peso	3	2	1
<b>Evaluación final</b>	Alto riesgo	Mediano riesgo	Bajo riesgo

Fuente: elaboración propia

### 4.3. Asignación de ponderaciones.

El método de Saaty denominado proceso de jerarquización analítica (AHP) exige que cada criterio y alternativa se pondere en relación con los otros criterios, de modo que se establecen valores del 1-9 para cada criterio según su relevancia, y calculándose variable a variable en la matriz, así, las variables de mayor importancia se determinaran con valor 9, y las de menor relevancia con 1/9.

El valor 1 significa igual importancia, 3 ligeramente más importante, 5 notablemente más, 7 demostrablemente más y 9 absolutamente más. 2,4,6 y 8 son valores intermedios. Y 1/x refleja menor importancia según indique el dígito.

Para la asignación de peso AHP se utilizó la fórmula de Excel =POTENCIA, y se multiplicaron las variables de forma horizontal, para posteriormente ser dividido por el total de variables.

Este valor establecido en el campo peso AHP será adaptado según se requiera. Hay casos puntuales como el de amenaza, en el que al trabajar con tantas variantes complica asignar un peso adecuado que refleje la importancia de cada variable, por lo que, para funcionamiento práctico y el correcto análisis multicriterio, es que se realizaron estimaciones a los pesos, a modo de obtener ponderaciones similares a la recomendada por otros investigadores y literatura de apoyo.

Tabla 11: Matriz de Saaty para amenaza

	Pendiente	Uso de suelo	Proximidad a cauces	Tipo de suelo	Altura	Peso AHP
Pendiente	1	1/3	1/2	2	3	0,17
Uso de suelo	3	1	2	3	4	0,40
Proximidad a cauces	2	1/2	1	2	2	0,23
Tipo de suelo	1/2	1/3	1/2	1	2	0,12
Altura	1/3	1/4	1/2	1/2	1	0,08

Fuente: elaboración propia

Tabla 12: Matriz de Saaty para vulnerabilidad física

	Proximidad a cauces	Tipo de construcción	Altura	Peso AHP
Cercanía a cauces	1	3	3	0,50
Tipo de construcción	1/3	1	1	0,25
Altura	1/3	1	1	0,25

Fuente: elaboración propia

Tabla 13: Matriz de Saaty para vulnerabilidad socioeconómica

	Ingresos	Educación	Edad	Densidad	Peso AHP
Ingresos	1	1	1	1	0,25
Educación	1	1	1	1	0,25
Edad	1	1	1	1	0,25
Densidad	1	1	1	1	0,25

Fuente: elaboración propia

Tabla 14: Matriz de Saaty para vulnerabilidad ecológica

	Cobertura	Tipo de suelo	Fragmentación	Peso AHP
Cobertura	1	2	2	0,49
Tipo de suelo	1/2	1	2	0,31
Fragmentación	1/2	1/2	1	0,20

Fuente: elaboración propia

#### 4.4. Análisis SIG y multicriterio

Para estos estudios son fundamentales los softwares de tipo SIG. Todos los datos entregados en las tablas anteriores tienen como finalidad establecer los parámetros a considerar dentro del software. Por esta razón se asignó pesos del 1-3 a cada variable trabajada, para establecer una nomenclatura correspondiente al nivel de influencia de cada variable. Así al utilizar la calculadora ráster no existieran errores asociados a trabajar con valores fuera de este rango.

Para conseguir esto fue necesario someter a análisis y edición la totalidad de información espacial conseguida. Estas tareas se tratan principalmente de unir archivos de texto a capas vectoriales, rasterizar capas vectoriales, y reclasificar por tabla los ráster para asignar los pesos correspondidos.

Algunas capas por trabajar son fáciles de conseguir ya que existen en plataformas estatales o en organizaciones globales, y solo se debía realizar un corte para delimitar el área de trabajo. Sin embargo, otras capas son inexistentes, principalmente las asociadas a variables socioeconómicas, por lo que se debe emplear un método para poder reflejar estos factores en el estudio.

Se puede acceder a datos socioeconómicos a través de los resultados del CENSO, sin embargo, estos datos están ingresados en formato tabla y carecen de coordenadas. La solución a esto es utilizar un shapefile que contenga los códigos de las manzanas censales. Esta capa fue conseguida de los Datos Censales

2017, facilitada por la Ilustre Municipalidad de Curanilahue. Lo siguiente es descargar las tablas con los datos que utilizaremos, depurar, por consiguiente resulten solo los datos que son relevantes para el estudio, es decir, los datos que se solicitaron y el código de la manzana censal al que corresponde este dato.

Para esto se trabajó en Excel, se crearon 3 nuevos campos en los cuales se agruparon los datos correspondientes al nivel de riesgo asociados, por ejemplo: para el caso de edades se crearon 3 campos donde el primero corresponde a alto riesgo y contenía la suma de todos los valores de los campos correspondientes a las edades 0 a 7 y la totalidad sobre 70. Lo siguiente fue establecer un índice para cada nivel de riesgo asociado, que se consigue dividiendo el resultado de la suma de campos por el total de datos. De este modo se generaron 3 nuevos campos con los índices de alto, mediano y bajo riesgo. Lo siguiente es multiplicar cada índice por su respectivo peso, es decir,  $(\text{alto} * 3) + (\text{medio} * 2) + (\text{bajo} * 1)$  y esto nos arrojará un valor entre 1 y 3, el cual corresponde al valor del píxel según los datos agrupados con relación al umbral establecido para cada variante.

En este estudio los datos fueron conseguidos desde Redatam7 proces, el diccionario utilizado corresponde al de los datos del CENSO 2017, y se extrajo información en dos escalas censales: vivienda y persona. Para la escala de vivienda se extrajo: muro vivienda, suelo vivienda, techo vivienda y hacinamiento; para la escala de persona se extrajo: años de escolaridad y edad.

Una vez descargados los datos y depurados se procede a unir la tabla con los datos al shapefile de los datos censales donde se encuentra en código de la manzana censal. Lamentablemente, para el caso de Curanilahue, la precisión de los datos se ve fuertemente degradada, ya que los datos que nos entrega redatam están a escala de zona censal en vez de manzana censal, por lo que el polígono abarcará mayor área, y por consiguiente mayor cantidad de habitantes y viviendas. Esto significa que el resultado ráster de la información socioeconómica alterará la realidad; a causa de la gran cantidad de población integrada en cada zona censal, casos puntuales de vivienda precaria serán invisibilizados debido a la predominancia de viviendas en mejores condiciones. Sin embargo, al no existir datos actuales con mayor calidad y precisión, no queda más opción que trabajar con los disponibles.

Para realizar el análisis multicriterio se debe trabajar con calculadora ráster, por lo que todos los archivos a utilizar deben estar en formato ráster, para esto se deben convertir las capas con datos censales que se trabajaron anteriormente. La capa de la red hídrica también se transformó a ráster para utilizar la herramienta distancia y de esta manera calcular la cercanía al cauce.

Una vez generados todos los ráster correspondientes, se prosigue a normalizar los datos a valores entre 0-1 para utilizar la herramienta reclasificar. Posteriormente se podrán generar tres campos del uno al tres, donde se agrupan los rangos correspondientes asignados a cada peso en la selección de variables.

Formula:

```
WHEN "raster@1" <= 0.33 THEN 1    -- Bajo riesgo
WHEN "raster@1" > 0.33 AND "raster@1" <= 0.66 THEN 2  -- Riesgo medio
ELSE 3                               -- Alto riesgo      END
```

Teniendo todos los ráster estandarizados con rangos de uno a tres, se procede a generar los productos, es decir, los mapas de v. física, v. socioeconómica, v. ecológica y amenaza (variables hidromorfológicas). Para esto se requiere utilizar la herramienta calculadora ráster, aquí se ingresa una formula en la cual se asigna el porcentaje de relevancia correspondiente a la ponderación interna de la variable en su respectivo mapa, esta ponderación se obtuvo a través de las matrices de Saaty que se generaron anteriormente. Una vez generados los productos se deben integrar para generar los resultados.

Para el mapa AMC de amenaza se utilizará algebra ráster y se sumaran todas las variables hidromorfológicas multiplicadas por su ponderación interna y divididas por la totalidad de variantes. Mientras que para el mapa AMC de vulnerabilidad global se realizará el mismo calculo, pero con los tres mapas del producto, es decir: v. física v. socioeconómica y v. ecológica.

Finalmente, se realiza el último calculo, que suma los dos mapas de los resultados: amenaza y vulnerabilidad global, y se divide por dos, ya que ambos poseen la misma ponderación, es decir que comparten igual importancia. Obteniendo así el mapa AMC de riesgo de inundación.

Tabla 15: Ponderación interna de cada variable

Componente	Factor	Ponderación interna	Descripción
<b>Amenaza (50%)</b>	Pendiente	20%	Menor pendiente = mayor acumulación
	Uso de suelo / Cobertura	30%	Forestal/urbano influye en escorrentía
	Cercanía a cauces	25%	Proximidad directa aumenta riesgo
	Tipo de suelo (infiltración)	15%	Basado en contenido de arcilla, densidad y fragmentos
	Altura (msnm)	10%	Altura baja = áreas de acumulación de agua
<b>Subtotal</b>		<b>100% (50% del total)</b>	
<b>Vulnerabilidad (50%)</b>			

→ Física	Proximidad a cauces	40%	Edificaciones en zonas de riesgo directo
	Tipo de construcción	30%	Materiales precarios = mayor vulnerabilidad
	Altura topográfica	30%	Edificaciones en cotas bajas son más expuestas
→ Socioeconómica	Nivel de ingresos	25%	Menor ingreso = menor capacidad de respuesta
	Nivel educativo	25%	Influye en la preparación y percepción del riesgo
	Edad (niños/ancianos)	25%	Grupos más vulnerables ante emergencias
	Densidad demográfica	25%	Número de habitantes por manzana censal
→ Ecológica	Cobertura vegetal	45%	Forestación homogénea = mayor riesgo
	Tipo de suelo (escorrentía y retención)	30%	Basado en contenido de arcilla, densidad y fragmentos
	Índice de fragmentación	25%	Ecosistemas degradados tienen menor capacidad de amortiguación
<b>Subtotales</b>	Física: 33% / Socio: 33% / Eco: 33%	<b>100% (50% del total)</b>	

Fuente: elaboración propia

## 4.5. Validación y limitaciones del modelo:

### 4.5.1. Validación

Para corroborar si los resultados arrojados del análisis multicriterio condicen con la realidad se han revisado distintos datos espaciales, información territorial, documentos oficiales y registros históricos sobre inundaciones en la comuna.

Uno de los documentos con los que se comparó los resultados fue “mapa 3-3: Peligro de inundación por desborde de cauces y anegamiento” de la subdirección general de minería (visualización en anexo 4), que se elaboró en el marco de la evaluación preliminar de peligros geográficos: área de Curanilahue. En este se destaca como zona de riesgo hasta la cota 135 msnm aproximadamente, comprendiendo en la zona norte o ingreso de la comuna que el área expuesta considera desde el río Curanilahue hasta las avenidas O’Higgins y Eduardo Frei, para posteriormente, en el sector céntrico impactar desde la Avenida Pratt hasta el

borde del río en el sector Cerro Verde. En general, el mapa de riesgo entregado por la subdirección general de minería considera como área expuesta a riesgo de inundación a la extensión que representa la primera y segunda terraza fluvial de los ríos Curanilahue y Rana, además de la terraza fluvial del estero plegarias.

Lo que da lugar a la segunda fuente de información con la que se ha validado el estudio, que son dos capas de información espacial en formato shapefile facilitadas por la Ilustre Municipalidad de Curanilahue, que corresponden a las terrazas fluviales de los ríos antes mencionados. Estas capas son elaboradas por la consultora CRC en el marco de la elaboración del nuevo plan regulador comunal de Curanilahue, los metadatos mencionan que estas capas se originan de ortofotografías y modelos de elevación de terreno, y que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo es conocedor de la existencia y utilización de estas capas, por lo que resultan una fuente viable y de bastante utilidad para corroborar los resultados del estudio. Vista previa de las terrazas en anexo 5.

Como se menciona anteriormente y a lo largo del documento, las zonas con mayor exposición en la comuna son las terrazas fluviales en donde se asienta gran porción de la población, por lo que es de esperar que tanto los mapas de SENAPRED ex ONEMI, como otras entidades vinculadas a la gestión del riesgo destaquen estas zonas en cuestión, ya que, tal como se afirma en el documento, los elementos naturales condicionan de gran manera las zonas que presentan exposición a inundación, tanto por la irregularidad del terreno como por las dinámicas hidrológicas que ocurren en el territorio, por lo que es de esperarse que las terrazas fluviales sean las primeras zonas en inundarse y que por lo tal, los documentos oficiales coincidan en establecer esta zona como la de mayor riesgo de inundación.

Sin embargo, aún existen más documentos que permiten comparar y validar los resultados obtenidos, ya que la unidad de gestión de riesgos y desastres (UGRD) de la Ilustre Municipalidad de Curanilahue ha realizado, con esfuerzo de sus funcionarios, ya que estos registros son resultado de trabajo autónomo de ciertos integrantes, levantar catastros de distintos eventos catastróficos de origen variado en los últimos años. Gracias a la colaboración del señor Gabriel Alarcón, funcionario del departamento de gestión de riesgos, he podido acceder al catastro de inundación del año 2017, de junio del 2024 y de agosto del mismo año, y en cada uno de estos registros coincide en gran porcentaje el área establecida por el análisis multicriterio desarrollado en este estudio. Vista previa de archivos en anexo 6.

¿Por qué coinciden tan exactamente los resultados del estudio con la información existente con anterioridad?

La respuesta más sensata y acertada es por la relevancia del entorno geográfico y sus dinámicas naturales, sin embargo, y es importante destacar lo siguiente, existe poca influencia del criterio vulnerabilidad global en los resultados del análisis

multicriterio, principalmente porque arrojo resultados casi homogéneos, es decir, no existe gran varianza entre los pesos de los pixeles que conforman cada variable del criterio vulnerabilidad, causando que tuviera mayor impacto la varianza de pesos entre los pixeles que conforman las variables de amenaza, que precisamente corresponden a los elementos del entorno geográfico y sus dinámicas naturales.

#### **4.5.2. Limitaciones**

Con esto es que encontramos la primera limitación de este estudio, que tiene que ver con la inexistencia de varianza en los pesos. Esto no ocurre porque no exista información del territorio, sino más bien, que responde a la ausencia de datos a una escala local. Tal como se menciona en el punto 4.4 de la metodología, se tuvo que trabajar con datos en escala zona censal que aborda un área considerablemente mayor al que corresponde una manzana censal. Datos como la densidad demográfica o densidad de viviendas existían a escala de manzana censal, sin embargo, los extraídos de redatam no, y esto presentó grandes dificultades a la hora de realizar las fórmulas en la calculadora ráster.

Principalmente, en variables de vulnerabilidad socioeconómica, encontramos casi uniformidad en los colores del mapa AMC, esto porque al integrar tanta información en un solo polígono, aunque fueran 100 viviendas precarias, no serían lo suficiente relevante para significar una varianza en el peso comparada con otras 500 viviendas de clase media o alta. Por lo que se considera que en este aspecto el estudio ha flaqueado, sin embargo, si existieran estos datos a escala de manzana censal, empleando estos mismos métodos se pueden obtener resultados muchos más profundos vinculados no solo a elementos de la amenaza, sino también de la exposición y vulnerabilidad.

Teniendo en cuenta que el CENSO 2024 será liberado en un futuro no muy lejano, esta misma metodología podría ser de suma utilidad y reflejar un resultado de mayor calidad si es que existiesen datos a una escala local, ya que este problema de escala provoca que se invisibilicen casos puntuales de extrema pobreza distribuidos por la comuna.

Otra gran limitación, vinculada al mismo tema anterior, es la ausencia de datos socioeconómicos. Es imposible encontrar archivos que establezcan que grupo socioeconómico predomina en cada sector, por lo que desarrollar estudios que integran otras disciplinas se vuelve un desafío. El hecho de tener que inventar capas de información basado en aproximaciones y estimaciones le quita credibilidad al estudio, sin embargo, y como se menciona en el escrito, se hace caso omiso de estas limitaciones ya que no representan gran influencia en los resultados, porque como podemos observar, bajo las condiciones de exposición que presenta la comuna no se puede aseverar que viviendas y pobladores no estén en riesgo de inundación, aunque su situación económica y arquitectura de la vivienda sean las mejores. Por otro lado, si bien el criterio para establecer los

niveles socioeconómicos es poco representativo, los datos utilizados corresponden a información publicada en el CENSO de 2017 y en el documento se justifica el porqué de su selección y utilización.

Al igual que los datos socioeconómicos tampoco existen archivos oficiales que documenten el acceso a servicios básicos, por lo que en lo que a estudios de riesgo y desastre refiere, se presenta una gran limitación al no poder identificar que zonas afectadas tienen acceso a servicios básicos y cuales no, de igual modo, se dificulta la elaboración de un plan de emergencias para llevar a cabo en estas situaciones.

Otra limitación se encuentra en la dificultad para acceder a información que respalde estos estudios. La ausencia del registro de caudal en las dos estaciones presentes en la subcuenca evidencia un trabajo ineficiente por parte del Ministerio de Obras Públicas, ya que solo existen registros desde el año 2024 siendo estaciones que existen desde el año 2009. Esto representa un obstáculo importante ya que se trabajan con datos artificiales y rangos inventados debido a la ausencia de información real. Si se pudiese conocer el caudal real que transportaba el río en los momentos de mayor intensidad de precipitación se pudiese haber dado otra orientación a este estudio, integrar modelos hidráulicos, entre otros tantos resultados que se pudiesen haber generado si no existiese esta limitación para acceder a los registros de las estaciones fluviométricas.

También se considera un limitante el hecho de tener que trabajar con capas en distintas escalas, ya que, como se verá en los resultados, hay información que termina siendo representada de forma distinta a la que se representa la demás, y genera lecturas confusas de los resultados. Sin embargo, para este caso en puntualidad se logra ajustar a las necesidades. De todas maneras, lo óptimo sería poder trabajar con información estandarizada en las mismas escalas.

Se considera que el estado presenta dificultades en facilitar la información espacial, debido a lo engorroso de sus plataformas y lo complicado de poder acceder a las capas. Buscando adaptaciones para la metodología llegue a artículos de países como Perú o Colombia donde estos estudios se detallaban paso a paso incluyendo la descarga de la información, lo cual es inimaginable de desarrollar en el caso de Chile por la gran distribución que existen de los datos entre distintas plataformas.

En fin, el estudio presenta limitaciones vinculadas principalmente a la inexistencia de datos o la dificultad para acceder a estos mismos, Curanilahue al ser una pequeña comuna con pocos años de existencia y relevancia posee muy poca información espacial. De todas maneras, esta metodología es sólida y argumentada por lo que puede resultar de suma utilidad en el futuro, haciendo los respectivos ajustes a los parámetros y trabajando con capas de información espacial en las escalas adecuadas.

## **CAPÍTULO V: Análisis y resultados**

Los resultados presentados se generaron en función de los objetivos y la metodología descrita, y corresponden al análisis del riesgo de inundación en la subcuenca del río Curanilahue, mediante la identificación y jerarquización de variables territoriales relacionadas con la amenaza y la vulnerabilidad, utilizando el método de análisis multicriterio y herramientas SIG.

Primero se presentarán y analizarán los factores hidromorfológicos que constituyen la amenaza, esto a través de distintas cartografías que permitan visualizar el comportamiento independiente de cada variable en la cuenca, así también una cartografía final que integre la suma de estas, y por consiguiente se zonifique el área urbana en zonas de mayor y menor riesgo.

Posteriormente se presentarán las tres variantes que constituyen la vulnerabilidad global. Procediendo del mismo modo que con los factores hidromorfológicos, primero se presentarán las distintas variables que constituyen cada variante de vulnerabilidad, es decir, las variables correspondientes a vulnerabilidad física, las variables de vulnerabilidad socioeconómica, y las variables de vulnerabilidad ecológica. Para finalmente obtener cartografías de cada variante de la vulnerabilidad, las cuales se sumarán a través de la calculadora ráster de QGIS obteniendo como resultado la distribución espacial de la vulnerabilidad global, zonificando el área urbana en zonas de mayor y menor riesgo.

Finalmente, teniendo los productos cartográficos de amenaza y vulnerabilidad global, se integran estas dos para obtener la zonificación de riesgo de inundación fluvial en la zona urbana de Curanilahue, con lo cual se podrá dar lugar a la discusión y plantear propuestas que aporten a la comuna.

Entre lo esperado como resultado de esta investigación no solo está la zonificación de riesgo de inundación, sino también comprender como es que se comportan en el territorio tanto variables de amenaza como de vulnerabilidad, a sentido de identificar que elementos del entorno condicionan la exposición al riesgo. En esta búsqueda se consiguió cartografiar cada una de las variables utilizadas y descritas anteriormente en el subcapítulo de selección de variables, y a continuación se presenta un análisis de cada una de estas, las cuales luego estarán integradas en la cartografía final correspondiente a su categoría, que son: amenaza, vulnerabilidad física, vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidad ecológica y vulnerabilidad global.

Si bien esto extiende más la investigación, es necesario para superar nuestros objetivos secundarios, ya que cartografías de las zonas de riesgo existen varias, antiguas y actualizadas, pero poder trabajar con una metodología que nos entrega parámetros y permite visualizar cada variante de manera aislada y luego integradas, nos brinda un análisis territorial completo y efectivo, orientado a la prevención y gestión del riesgo integrado.

## 5.1. Análisis amenaza

**5.1.1. Pendiente:** Por las dinámicas hidromorfológicas el sector inmediato al cauce tiende a presentar un perfil de valle fluvial, esto por los depósitos fluviales de sedimento particulado arrastrado desde la cordillera. El mapa de pendientes refleja fidedignamente esta dinámica al presentarnos en tono rojo el área urbana ubicada en la inmediatez del cauce, que representa pendientes de  $0^{\circ}$ - $1^{\circ}$ , Mientras que hacia la periferia principalmente dirección oeste, apuntando hacia la Cordillera de Nahuelbuta, se presentan pendientes mucho más pronunciadas evidenciando lo antes mencionado asociado a las dinámicas hidromorfológicas. La zona roja se extiende a lo largo del área urbana precisamente porque este es el recorrido que realiza el cuerpo de agua con sus distintos cauces; teniendo en cuenta la ocupación urbana en el territorio, la disponibilidad de suelos, y la toma de decisiones históricas, podemos previsualizar posibles zonas de crecimiento urbano, ubicadas principalmente cercanas a la ruta 160. El conocer la incidencia de esta variable en la exposición al riesgo de inundación nos puede permitir tomar mejores decisiones previo a que ocurra una expansión urbana, de modo que se evite aumentar la construcción social del riesgo en la comuna, y la exposición a riesgos de desastre. Por otro lado, se puede observar que una proporción muy grande de la comuna presenta pendientes mayores a los  $5^{\circ}$ , lo que nos indica un terreno muy irregular con grandes dificultades para edificar en el mismo, este es uno de los grandes motores que ha sostenido el modelo económico enfocado a la producción forestal que se ha desarrollado extensivamente en la comuna, ya que tanto las pendientes pronunciadas como la predominancia de suelos clase VI y VII limitan las actividades a desarrollar en la comuna, como así también dificulta desarrollar proyectos inmobiliarios por lo costoso que resulta adaptar el terreno para desarrollarlo, haciendo obligatorio ocupar los valles fluviales.

**5.1.2. Uso de suelo:** El uso urbano obviamente va a reflejar el nivel 3 de riesgo de inundación (mayor riesgo) ya que al cubrir el suelo natural impide el proceso de infiltración. En el caso de Curanilahue, este se ubica en cotas bajas y zonas de escasa pendiente favoreciendo la acumulación de líquido y por consiguiente la inundación. Pero esta cartografía nos permite también reconocer la expansión del uso de suelo forestal que rodea nuestro territorio, validando un concepto mencionado en el marco teórico: “prácticas forestales y su vínculo hidrológico”. Se puede observar como todo el territorio urbano, que de por sí ya tiene un gran índice de riesgo asociado, se ve fuertemente afectado por estar totalmente rodeado de nivel 2 de riesgo. Las escasas zonas verdes se asocian a quebradas donde existe mayor riqueza vegetal debido a los procesos de descomposición, lo que favorece la infiltración la cual actúa como mitigante de inundaciones. Por lo que identificar esta variable puede permitir recuperar márgenes de transición urbano-rural, adaptándolas a nuevos usos de suelos que sean amigables con las dinámicas del territorio y reduzcan el riesgo hidrológico asociado a la intensa práctica forestal que ocurren en este sistema hídrico altamente intervenido.

**5.1.3. Cercanía al cauce:** Más allá de ser una variable de suma relevancia frente a la ocurrencia de eventos de inundación fluvial, debido a que evidentemente, frente a una crecida del río, este tenderá a ocupar dimensiones mayores, de modo que ocupara progresivamente territorio que se consideró borde de río y afectará todo aquello ubicado aledaño a este borde de río. Es de suma utilidad poder reconocer y visualizar la expansión urbana edificada a las orillas del río, áreas ocupadas por vivienda las cuales la normativa y buenas prácticas desaconsejan, nos demuestra el serio problema que ocurre respecto a la construcción social del riesgo en la comuna, ya que gran parte del área urbana se encuentra entre los tonos rojos y naranjos. Sin embargo, y casi excusando a quienes decidieron edificar en estas zonas; teniendo en cuenta la escasa oferta espacial y la necesidad de incrementar el tamaño del asentamiento minero, era, es y será un verdadero desafío poder decidir correctamente hacia donde expandirse debido a la presencia de estos cuerpos de agua que atraviesan las escasas zonas llanas favorables para la edificación extensiva. Sin embargo, poder identificar hasta que distancia del río existen altos índices de riesgo permite formular planes de gestión de riesgo que proyecten la recuperación de estos espacios en búsqueda de generar barreras naturales o bordes de mitigación frente a crecidas repentinas. Y, por otro lado, permite distinguir y diferenciar valles fluviales asociados a cursos de agua aun existentes de cursos donde ya no fluye nada, lo cual es de gran utilidad para la planificación urbana estratégica, ya que se realiza la búsqueda de zonas adecuadas para la construcción partiendo desde este límite de inundación asociado a la cercanía a cauces, evitando de esta forma la futura exposición a riesgos de inundación fluvial.

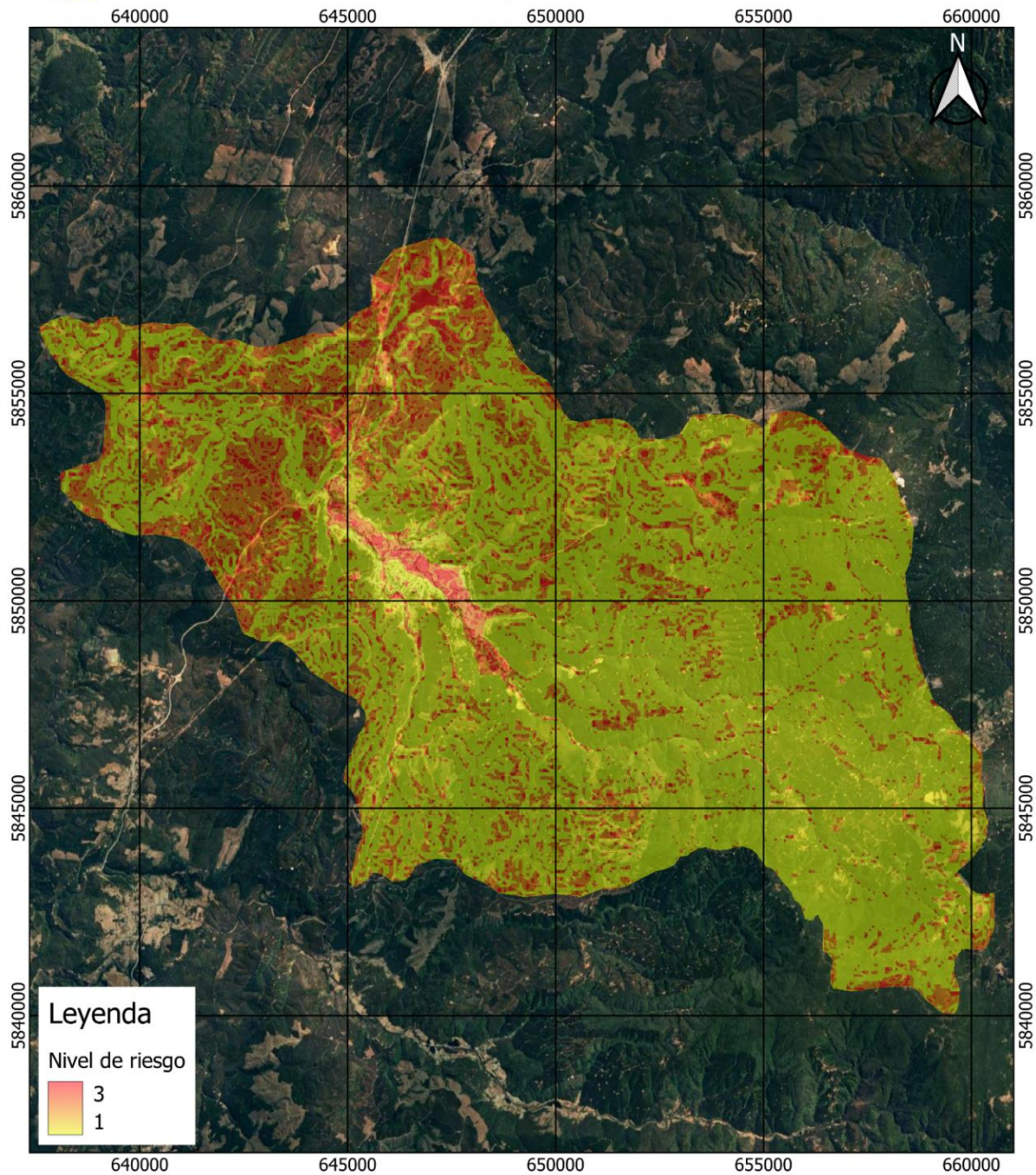
**5.1.4. Tipo de suelo:** Esta capa generada principalmente para identificar la vulnerabilidad ecológica cumple un rol fundamental, ya que suma distintas variables del perfil edafológico de la cuenca, para así establecer más o menos cual es la capacidad de infiltración siendo de color rojo las áreas que menos filtran y de color verde las que más. Partiendo por la zona verde, si bien el uso de suelo urbano es el que más afecta en las inundaciones, para efecto de infiltración es favorable en este caso, ya que como se menciona en el apartado de pendientes, el área urbana está consolidada sobre suelos con perfil de valle fluvial, por lo que son ricos en arcilla y con gran porosidad, permitiendo absorber y acumular grandes cantidades de agua. Por otro lado, y asociado precisamente a las practicas forestales antes mencionadas, las zonas rojas comprenden casi en su mayoría áreas ocupadas por plantaciones de monocultivo, lo cual hace más latente el riesgo hidrológico asociado a las practicas forestales intensivas, debido a que estas especies: *eucalyptus globulus* y *pinus radiata*, absorben cantidades significativas del contenido liquido del suelo, perjudicando de esta manera la generación de sotobosques, afectando fuertemente la biodiversidad, lo que repercute en empobrecimiento de los suelos y déficit de infiltración, y esto condiciona fuertemente el territorio a exposición de riesgo, ya que si se tiene en cuenta el funcionamiento de las cuencas, las zonas con menor infiltración

corresponden también a las zonas con mayor pendiente, por lo que no solo son perjudiciales al no ser mitigantes, si no que favorecen el aporte hídrico al cauce en eventos de alta precipitación. El conocer el estado del suelo del sistema cuenca que habitamos es fundamental, más bien en este caso donde prever el comportamiento del caudal es clave por lo inevitable de verse afectado por eventos de intensa pluviosidad. La existencia de esta cartografía es crucial como argumento ratificante sobre cómo afecta el modelo forestal en la exposición al riesgo de inundación. Tanto esta variable como la de uso de suelo llevan por título AMC vulnerabilidad ecológica, ya que en ambos casos se utilizaron los mismos ráster generados desde los mismos shapefiles, con la única diferencia que para vulnerabilidad ecológica se redujo la extensión del ráster hasta únicamente el área urbana con existencia de manzanas censales.

**5.1.5. Altura:** El agua tiende a dirigirse hacia las cotas más bajas por lo que identificar que zonas son las de menor altura en la cuenca es clave para prever que área se inundará. En este caso, la cuenca del río Curanilahue es bastante profunda y con pendientes muy pronunciadas, por lo que las zonas con real riesgo de inundación a causa de estar en cotas bajas son reducidas. Las cotas menores se ubican hacia la salida sur de la comuna y responden al descenso natural del cauce desde su origen en la montaña hacia la desembocadura. Las zonas de mayor riesgo se encuentran fuera del límite urbano, sin embargo, hay una parte de la mancha roja que cubre área urbana consolidada. En este sector año tras año se puede evidenciar sus calles cubiertas de agua en la temporada de invierno, si ocurre un evento climático de grandes magnitudes es seguro que las viviendas se verán afectadas. Esto ocurre ya que este sector tiene más de una variable en tono rojo: para empezar, se encuentra a la inmediatez del río por consiguiente es un terreno con carácter de valle fluvial, lo que quiere decir que sus pendientes son casi nulas, a esto se le suma la altura reducida y tenemos el destino perfecto para que se acumulen las precipitaciones, además de que se verá afectado por alguna eventual crecida del río que acabe en desborde. Bajo este funcionamiento del río se hace de mucha utilidad conocer donde se concentran las menores alturas, ya que servirá para predecir hacia donde se acumulará y depositaran las precipitaciones, por lo que esta cartografía adquiere gran utilidad a la hora de planificar donde desarrollar proyectos de gestión de riesgo, evidenciando que se deberían concentrar aguas abajo ya que esta zona será más propensa a acumular precipitaciones. Probablemente deba realizarse un ajuste a los parámetros de altura si se trabaja únicamente en la zona urbana, así mismo deberá ocurrir con otros parámetros de variables, ya que algunos sectores de alto riesgo se encuentran fuera del sector urbano y vuelven difuso el análisis integrado del riesgo, de todas maneras para estos primeros resultados funcionaron correctamente los parámetros establecidos, permitiendo analizar individualmente cada variable y su influencia en el territorio.



# AMC amenaza variable: pendientes



Datos cartográficos:  
Escala 1:120.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA  
RÍO CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

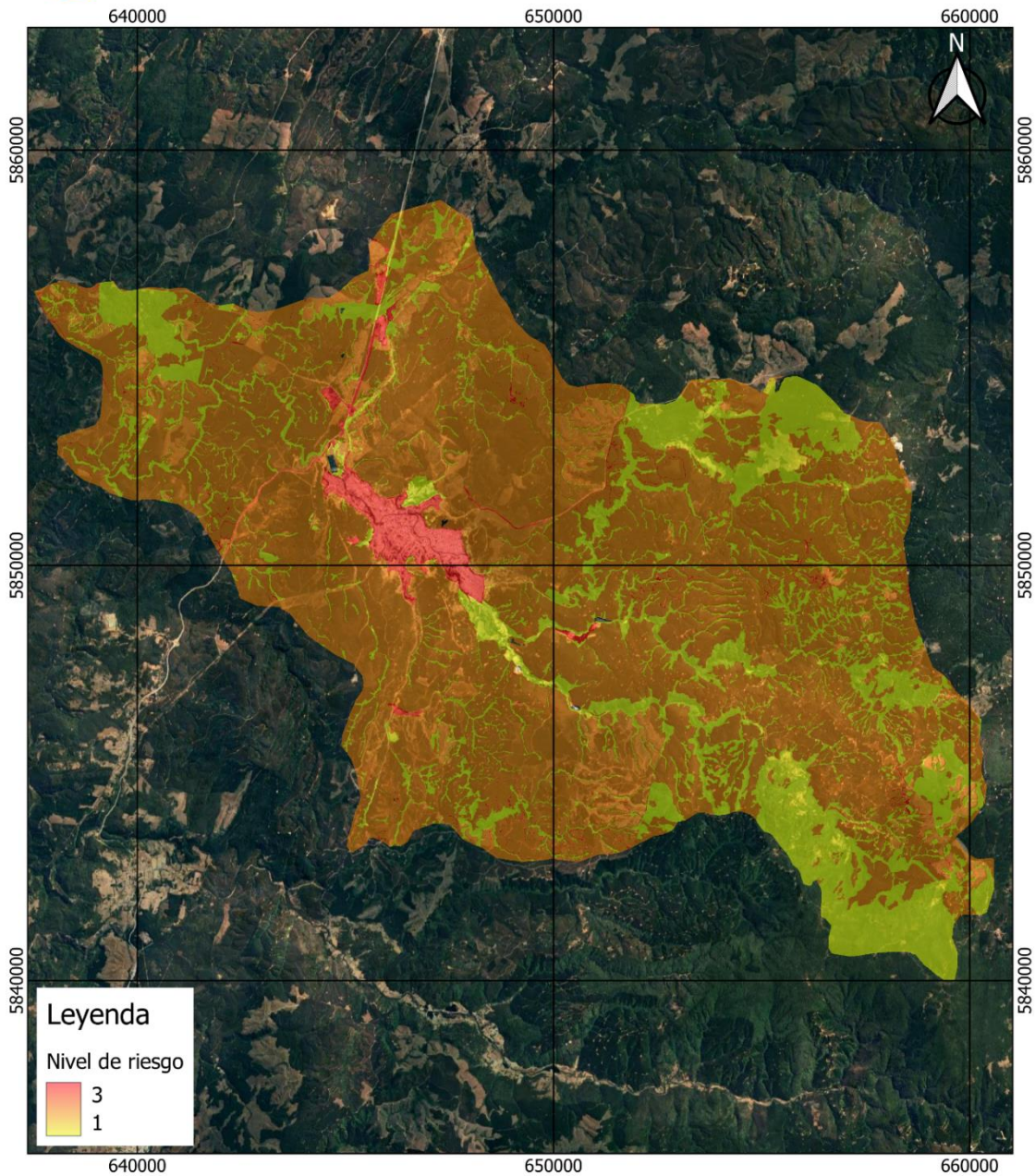
Cuadro de ubicación regional  
comuna de Curanilahue



Ilustración 11: Mapa de variable pendientes  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad ecológica variable: uso de suelo



**Leyenda**

Nivel de riesgo

3
1

Datos cartográficos:  
Escala 1:120.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

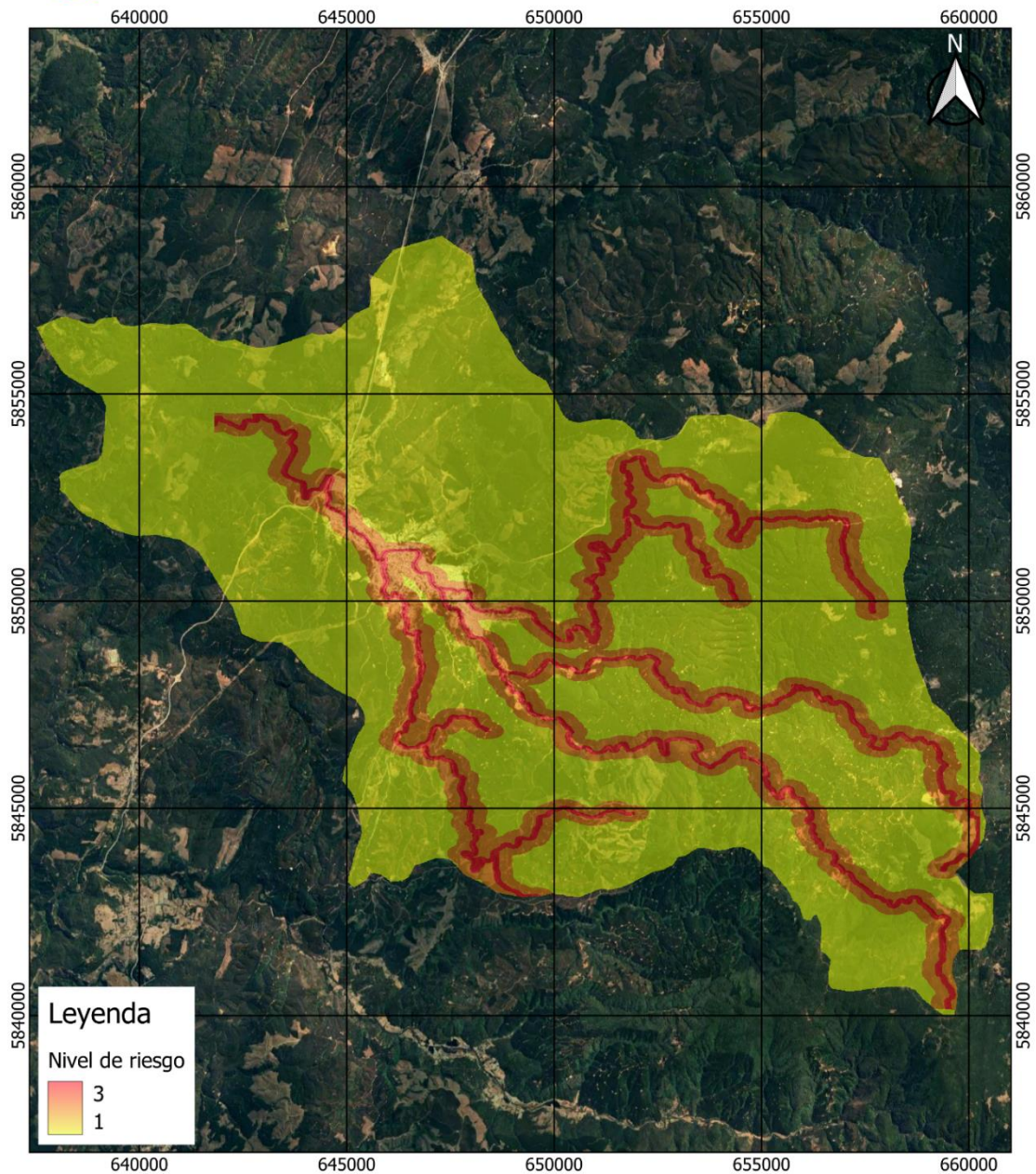
CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA  
RÍO CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional  
comuna de Curanilahue

Ilustración 12: Mapa de variable uso de suelo  
Fuente: elaboración propia



# AMC amenaza variable: cercanía al cauce



**Leyenda**

Nivel de riesgo

3
1

Datos cartográficos:  
Escala 1:120.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

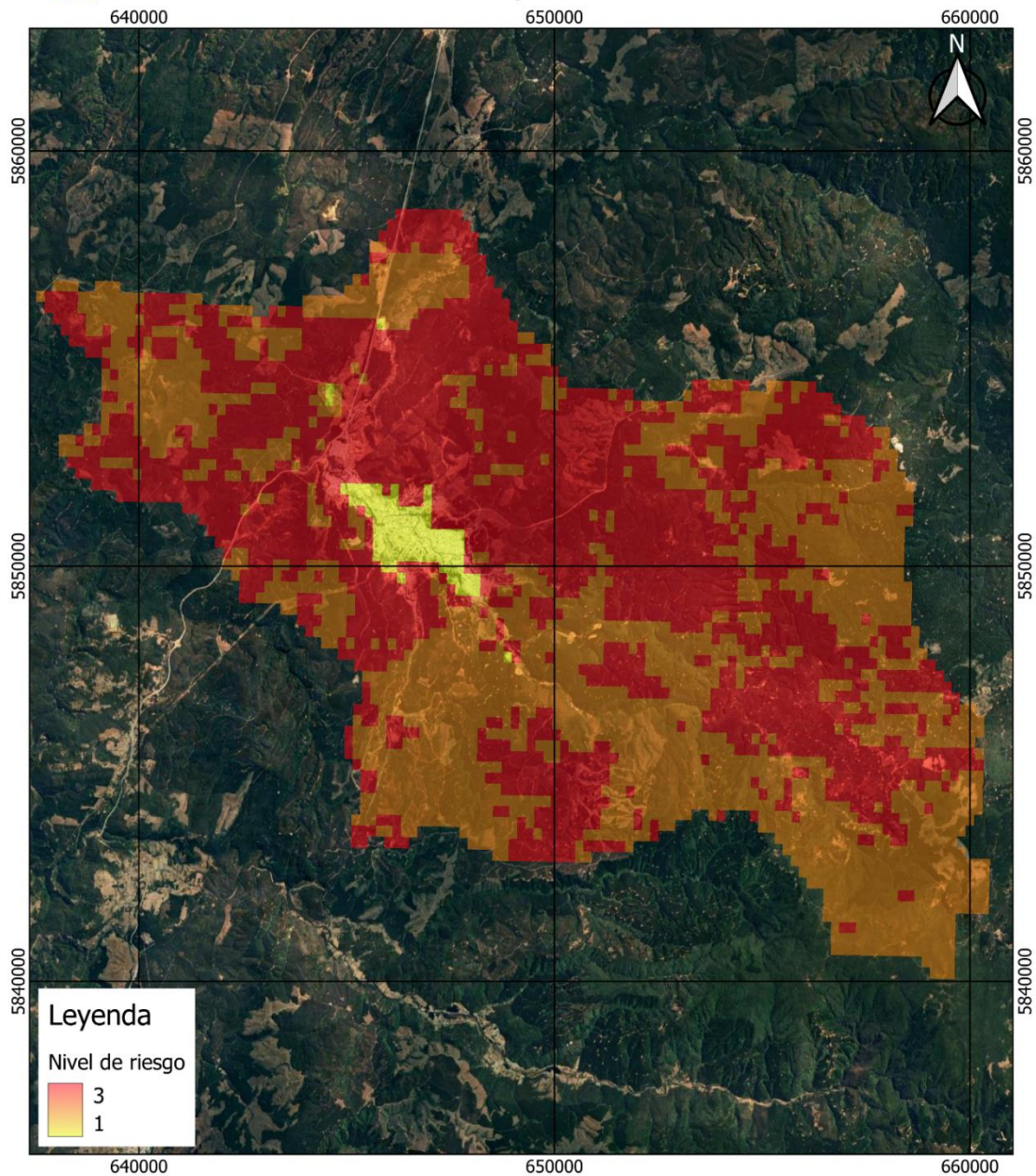
CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA  
RÍO CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue

Ilustración 13: Mapa de variable cercanía al cauce  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad ecológica variable: tipo de suelo



**Leyenda**

Nivel de riesgo

3
1

Datos cartográficos:  
Escala 1:120.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

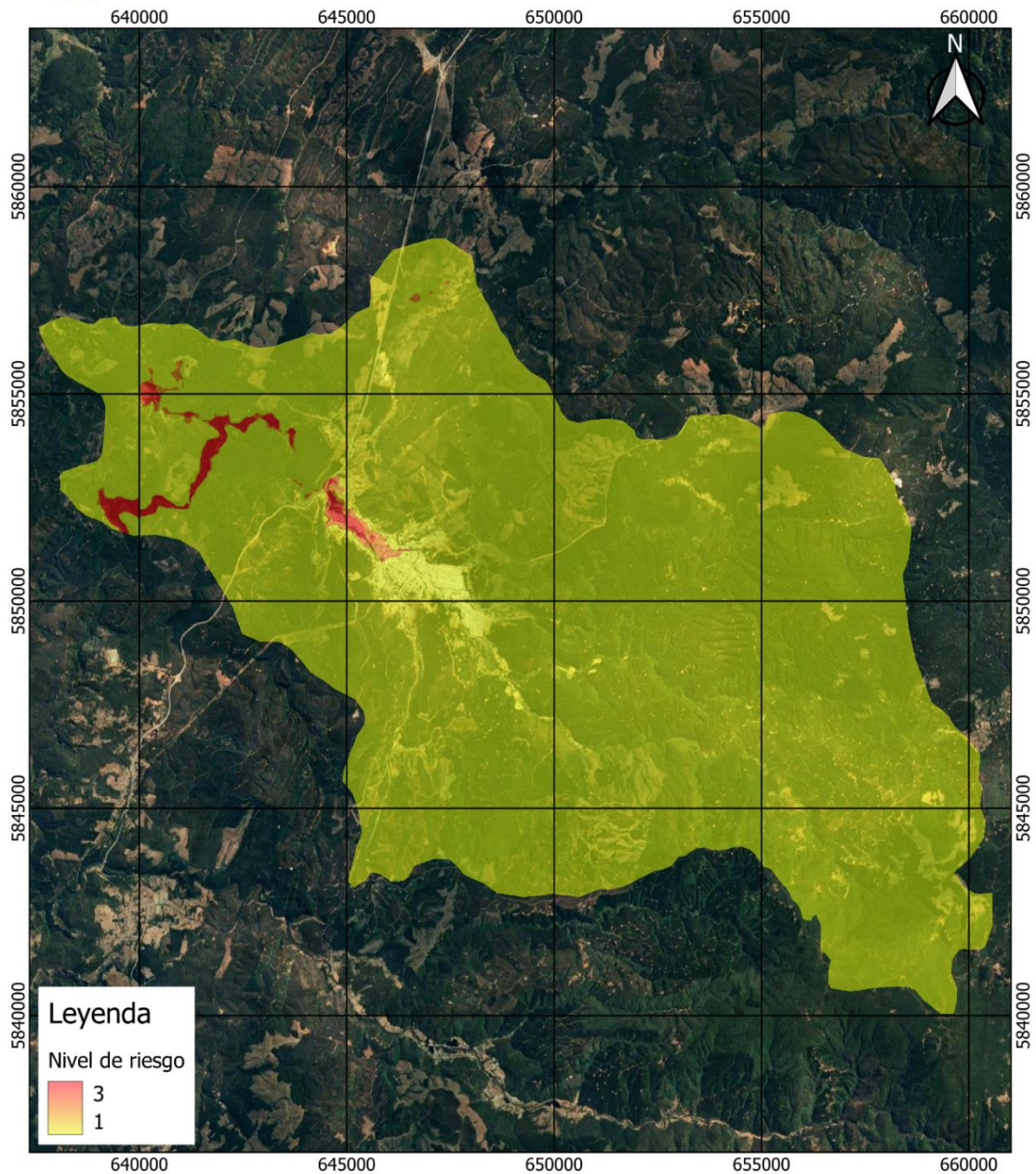
CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA  
RÍO CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue

Ilustración 14: Mapa de variable tipo de suelo  
Fuente: elaboración propia



# AMC amenaza variable: altura




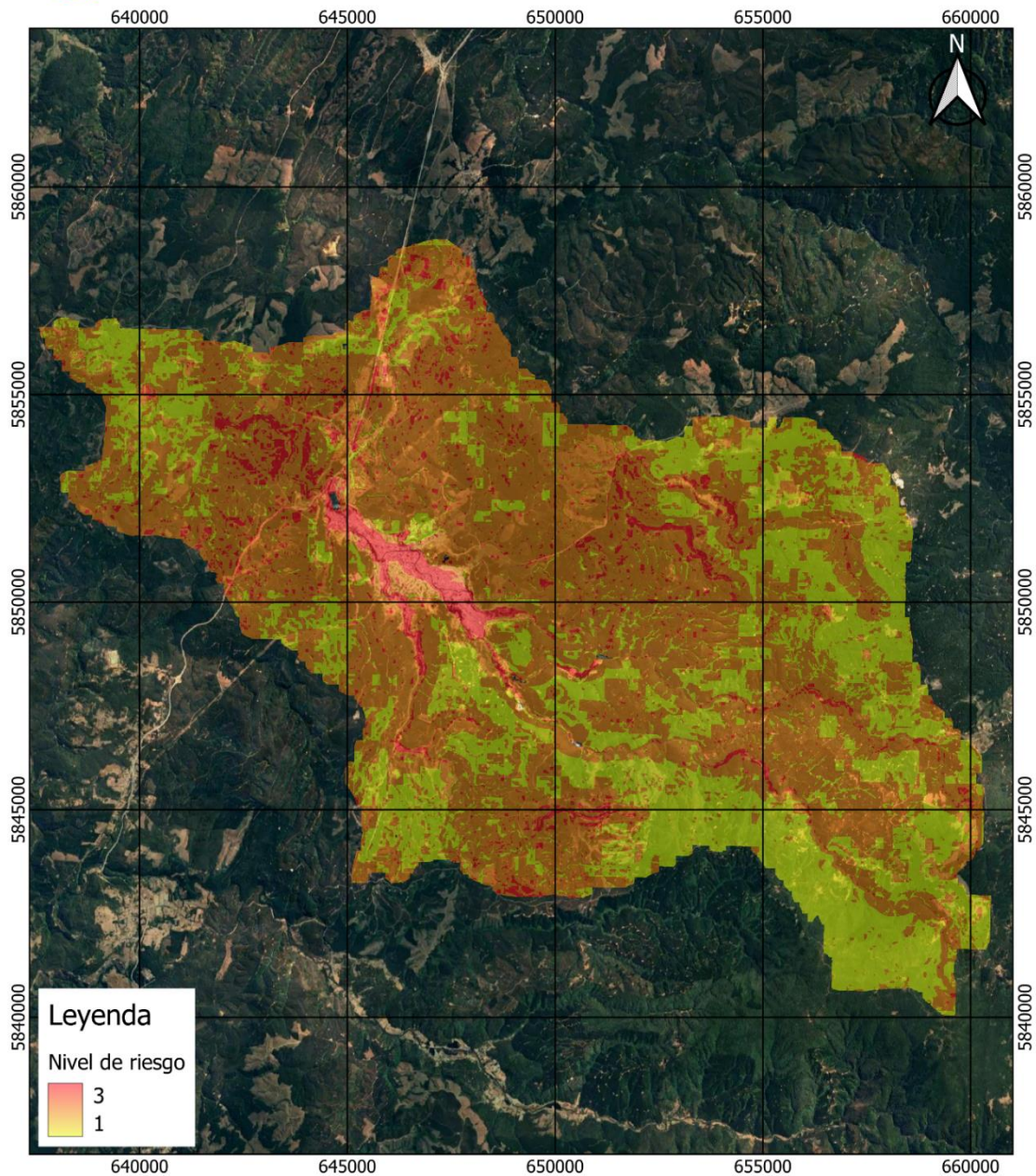
<p>Datos cartográficos: Escala 1:120.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA RÍO CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
---	--	---

Ilustración 15: Mapa de variable altura  
Fuente: elaboración propia



# Mapa análisis multicriterios amenaza de inundación



Datos cartográficos: Escala 1:120.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.	CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA RÍO CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN	Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue 
--	--	---

Ilustración 16: Mapa resultado de análisis multicriterio de todas las variables que componen "amenaza"

Fuente: elaboración propia

**5.1.6. Amenaza de inundación área urbana:** Para mayor operabilidad y realización de los objetivos se realizará un recorte al ráster resultado, este recorte consistirá en reducir el área de estudio a las dimensiones de la capa “manzanas censales”, por lo que el área cubierta por el ráster de amenaza coincidirá con la cobertura del ráster de vulnerabilidad global, facilitando la superposición de capas.

De inmediato llama la atención la amplitud que abarca la mancha de color rojo en la cartografía, y aunque parece exagerada, está poco por sobre del área afectada durante las inundaciones ocurridas en 2024. Es importante recalcar que la cartografía es resultado de la suma de 5 factores, por lo que, si una zona del mapa concentra 3 o más factores con nivel alto de riesgo esto repercutirá en los resultados, por consiguiente, esto arrojará que la mancha rojiza abarque mayores extensiones del territorio.

Por acción gravitatoria el agua tanto como precipitación como escorrentía buscará depositarse en las cotas más bajas. En las cuencas hidrográficas los cauces recorren las zonas de menores altura, por lo que, de inmediato se inscriben en alto riesgo las zonas que presenten en color rojo los factores: distancia a cauce y altura, debido a que tanto la precipitación como el agua que escurre por las laderas terminará depositada finalmente en los cauces, aumentando el caudal y por consiguiente sumando riesgo de inundación por desborde principalmente, lo que conduce a otros factores relevante.

Anteriormente, en tipo de suelo, se destacó la presencia de grandes cantidades de arcilla en los suelos ubicados en el área urbana de la comuna, esto vinculado principalmente a las dinámicas de depósito fluvial propias de la cuenca, es decir, a la formación de valles fluviales. También se destacó anteriormente el tipo de pendientes que presentan estos valles fluviales, que son favorables al depósito de precipitaciones, y que, además se satura con facilidad debido a su gran cantidad de poros que son rellenos de agua, provocando cambios en el comportamiento físico del suelo, que de ser sólido pasa a perder propiedades provocando movimientos y deslizamientos. Cabe destacar que estos 4 factores mencionados anteriormente son propios de las terrazas fluviales de los sistemas hídricos montañosos, por lo que es de esperar que las zonas aledañas al río presenten altos niveles de riesgo de inundación, esto quiere decir que no es exagerada la distribución de la mancha roja teniendo en cuenta que la trama urbana ha priorizado la ocupación de las terrazas fluviales.

Finalmente, el factor más ponderante, uso de suelo: Asociado su riesgo a la intervención en el ciclo hidrológico y amenaza a la biodiversidad, el uso de suelo resulta ser el más ponderante ya que condiciona las dinámicas de la cuenca. Para empezar, las grandes extensiones de monocultivo han modificado las propiedades del suelo, resultando en que este presente mayor compactación y menor infiltración, en tal sentido gran porcentaje de lo que precipita en la subcuenca del río Curanilahue terminará contribuyendo al caudal de la red hídrica que recorre la

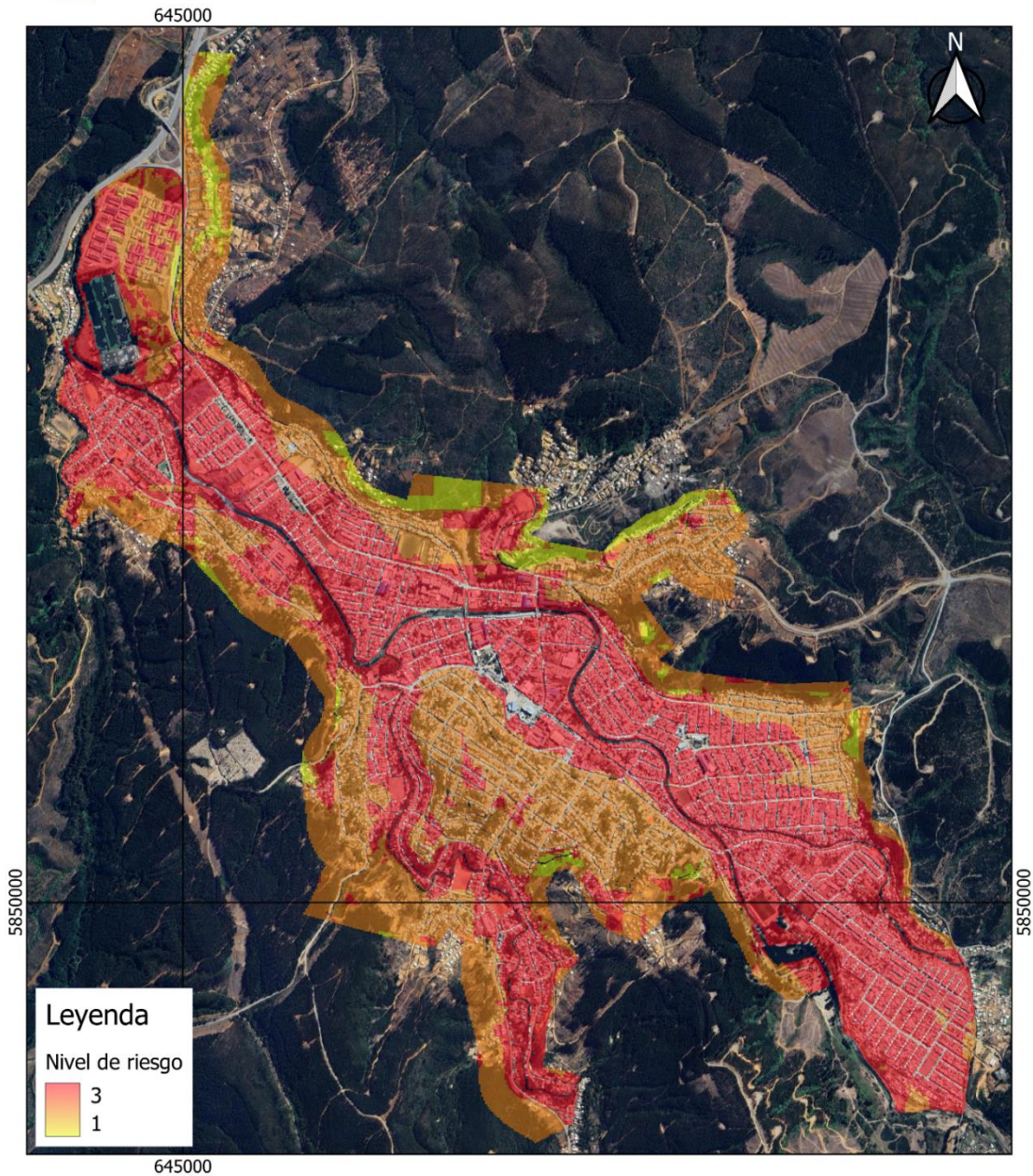
cuenca. Esto es altamente perjudicial debido a que, como se analizó anteriormente, el área urbana de la comuna está emplazada sobre las terrazas fluviales de algunos ríos los cuales atraviesan la trama urbana, por ende, este factor es muy relevante ya que es condicionante del aumento del caudal. Esto se refleja al analizar la distribución del tipo de suelo y del uso de suelo; se reconoce como en sectores de quebrada donde transitan afluentes sin intervención humana aparecen tonos claros de amarillo y verde, sectores donde se desarrollan ecosistemas de bosques nativos y mixtos, también predominan los sotobosques y son zonas de suelos ricos, esto condicionado por presencia de mayor biodiversidad y condiciones que favorecen a la descomposición de la materia orgánica, la cual es transportada por las laderas y depositada en bajas alturas, demostrando como un cambio en el contexto espacial donde ocurren los procesos hidrológicos es condicionante de las repercusiones que este tenga en el espacio. Se puede contrastar claramente observando como aguas arriba en las terrazas fluviales predominan los tonos verdes, esto principalmente asociado a la ausencia de intervención urbana, sin embargo, también tiene que ver la predominancia de usos de suelo de bajo riesgo en estas zonas, lo que nos indica que si el área urbana estuviese rodeada por un margen con predominancia de bosques nativos, es muy probable que los grados de riesgo de inundación se vean fuertemente reducidos, principalmente porque se limitaría espacialmente uno de los factores que más condicionan las dinámicas de la cuenca.

El trabajar con la escala cuenca resultó en que las áreas de menor riesgo estuvieran fuera del límite urbano, pero nos permitió entender de mejor manera la influencia de las prácticas forestales en el territorio. Al analizar la amenaza en el área urbana podemos reconocer de inmediato la distribución de las terrazas fluviales, en gran parte debido al análisis espacial individual desarrollado a cada factor, lo cual facilitó comprender la influencia de cada uno de forma aislada. Así, se logra reconocer de inmediato en que zonas se ubican los cerros de la comuna, que presentan tonos anaranjados a pesar de ser zonas probablemente exentas del riesgo de inundación, pero como se aclara anteriormente, el análisis se realiza a escala de la cuenca por lo que esta zona se identifica como de mediano riesgo en un escenario pluvial extremo.

Como se menciona al principio, si bien parece una extensión exagerada, esta solo un poco por sobre del área afectada durante los eventos de inundación ocurridos en 2024. Cabe destacar que este no es el resultado final, aun se debe reducir el área al superponer los factores de vulnerabilidad global para así obtener extensiones más acotadas, y que reflejen fidedignamente la distribución del riesgo en la comuna basada en múltiples factores, no solo los tradicionales propios de la hidromorfología.



# Mapa análisis multicriterio amenaza de inundación área urbana




<p>Datos cartográficos: Escala 1:20.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite</p> <p>Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
---	--	---

Ilustración 17: Mapa resultado del análisis multicriterio de amenaza a escala del área urbana  
Fuente: elaboración propia

## **5.2. Análisis de vulnerabilidad global**

### **5.2.1. Vulnerabilidad física**

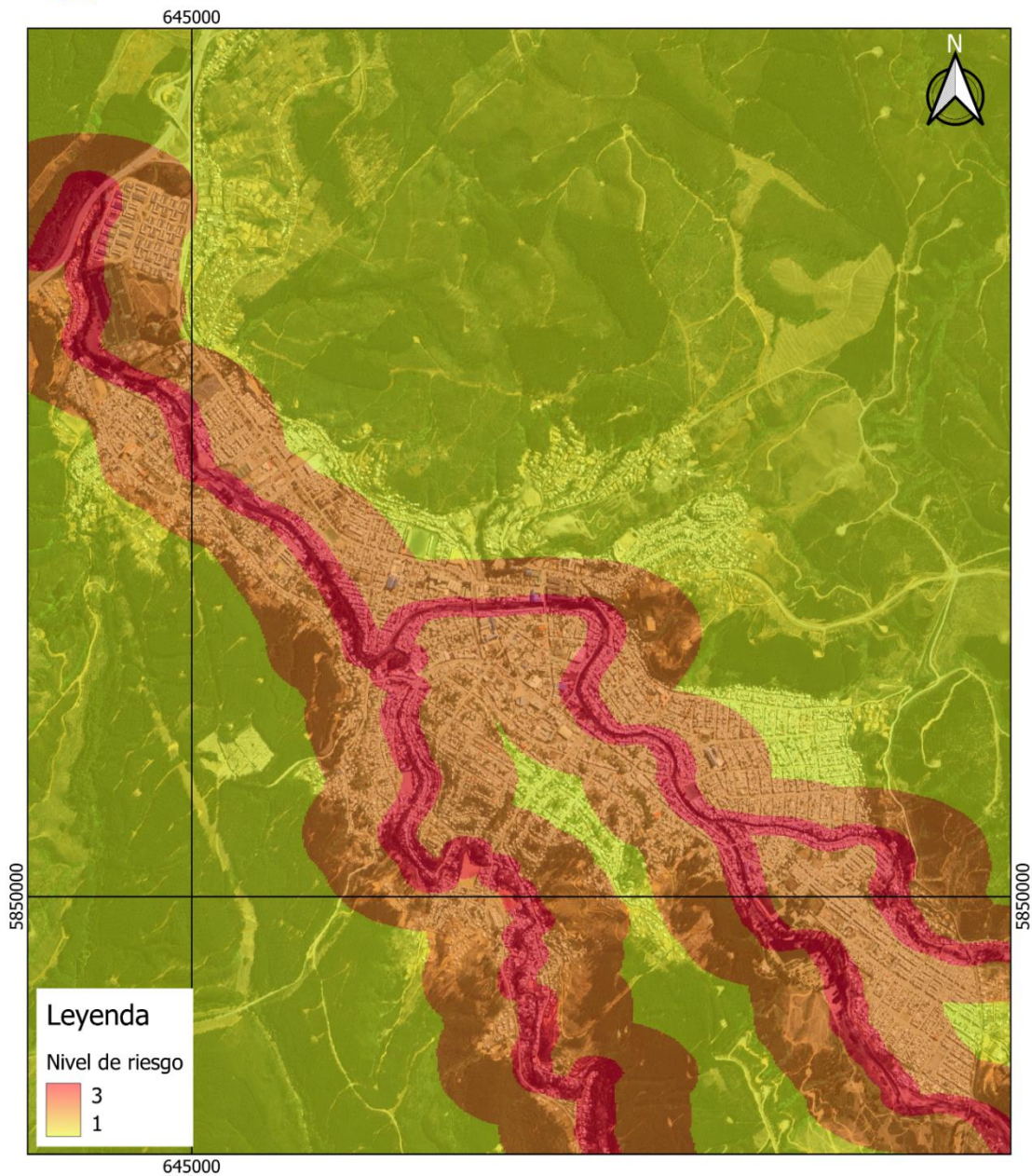
**5.2.1.1. Cercanía al cauce:** Ya con una escala más adecuada para identificar el comportamiento de vulnerabilidad, podemos observar gracias al basemap de imagen satelital, que hay muchas viviendas emplazadas a distancia inadecuada o riesgosa de los cuerpos de agua, lo cual es clave para comprender de mejor manera porque es tan grande el área de color rojo que se obtuvo en la cartografía de amenaza. Esto es relevante para la vulnerabilidad física, ya que esta se relaciona con la exposición directa de la infraestructura, por lo que estar tan cerca del río hace que el daño de la infraestructura sea inminente frente a una crecida

**5.2.1.2. Material de vivienda:** Tal como se advierte en la metodología, estas capas generadas de forma autónoma puede que no reflejen tan bien la realidad del territorio debido a la gran extensión que ocupa cada manzana censal, sin embargo, la zona de color más claro corresponde al sector urbano consolidado de la ciudad, el cual está ocupado por familias que consiguieron sus viviendas siguiendo el conducto regular, por lo que es de esperar que el material de estas viviendas este mejor condicionado y sea de mayor calidad, además, al ser las zonas más antiguas de la ciudad es de esperar que este habitado por población ya establecida y de buena situación, lo que se refleja en viviendas consolidadas. Teniendo en cuenta que gran parte de la zona urbana está bajo amenaza de inundación la infraestructura de construcción de la vivienda es fundamental para reducir las pérdidas materiales. Afortunadamente en este caso, las zonas de colores más rojizos y anaranjados se encuentran emplazadas en los cerros. Esta varianza en la distribución de la vulnerabilidad está asociada a que los proyectos inmobiliarios se han ubicado en sectores llanos porque es lo conveniente, por consiguiente las casas mejor elaboradas se encuentran en estas zonas de la ciudad, mientras que los cerros desde hace ya muchos años han sido yendo ocupados progresivamente por tomas de terreno y campamentos, por lo que si bien en estos sitios se concentran viviendas con infraestructura menos condicionada para enfrentar la amenaza, también se encuentran muchos menos expuestos debido a la altura topográfica en la que se ubican.

**5.2.1.3. Altura:** Como se mencionó en amenaza, la cuenca del río Curanilahue es bastante profunda, por lo que las cotas de menor altura corresponden precisamente a las antiguas terrazas fluviales, las cuales en los orígenes de la ciudad fueron ocupadas progresivamente por población minera. La cartografía pone en evidencia como casi la totalidad del área urbana presenta a lo menos mediano riesgo, y aguas abajo del río aumenta la depresión, de modo que la altura corresponde a un factor muy importante en temas de vulnerabilidad física ya que condiciona el grado de exposición en el que se encuentran las viviendas.



# AMC vulnerabilidad física variable: cercanía al cauce




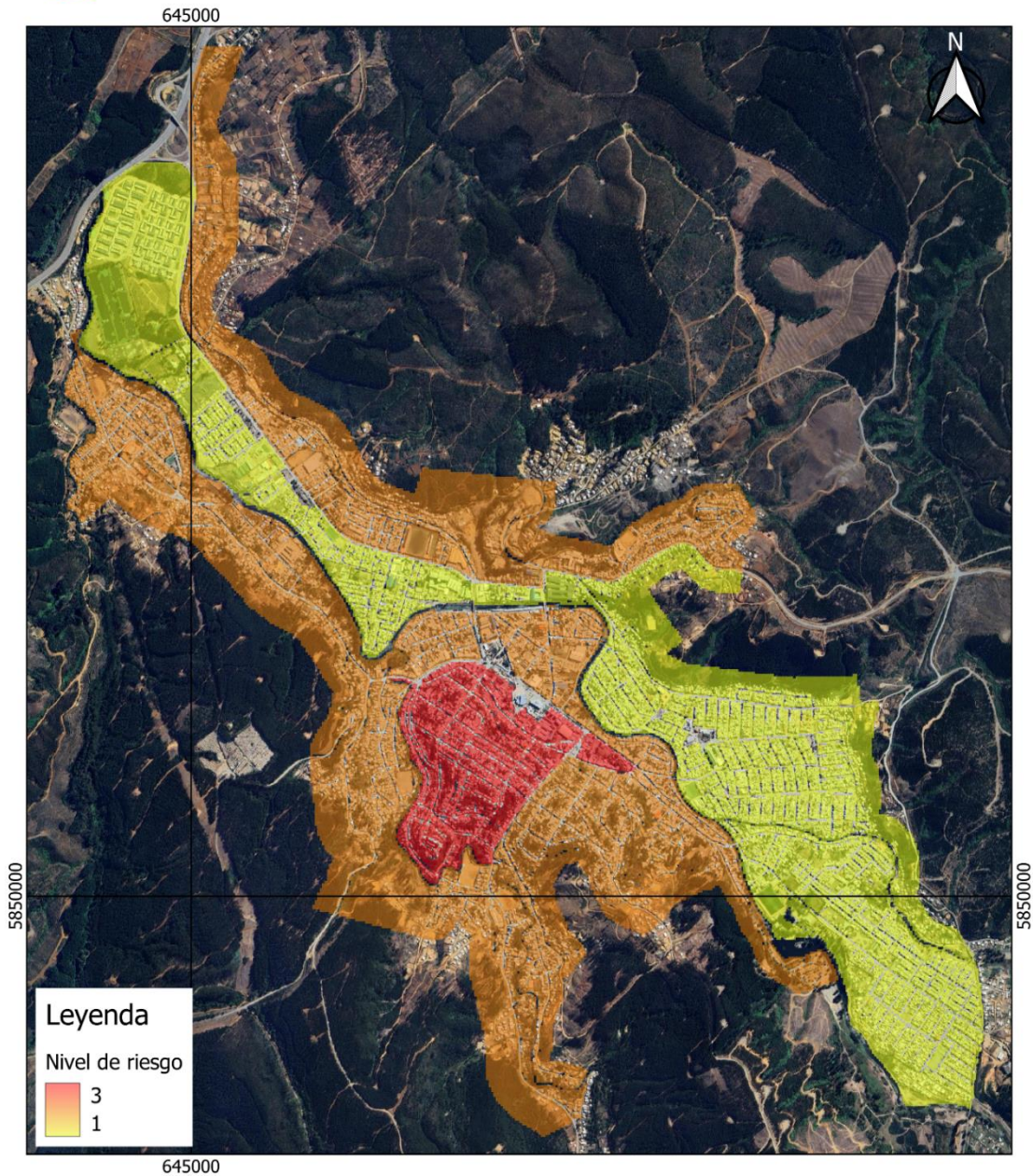
<p>Datos cartográficos: Escala 1:20.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
--	--	---

Ilustración 18: Mapa de variable cercanía al cauce  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad física variable: material de la vivienda



**Leyenda**

Nivel de riesgo

	3
	1

Datos cartográficos:  
Escala 1:20.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

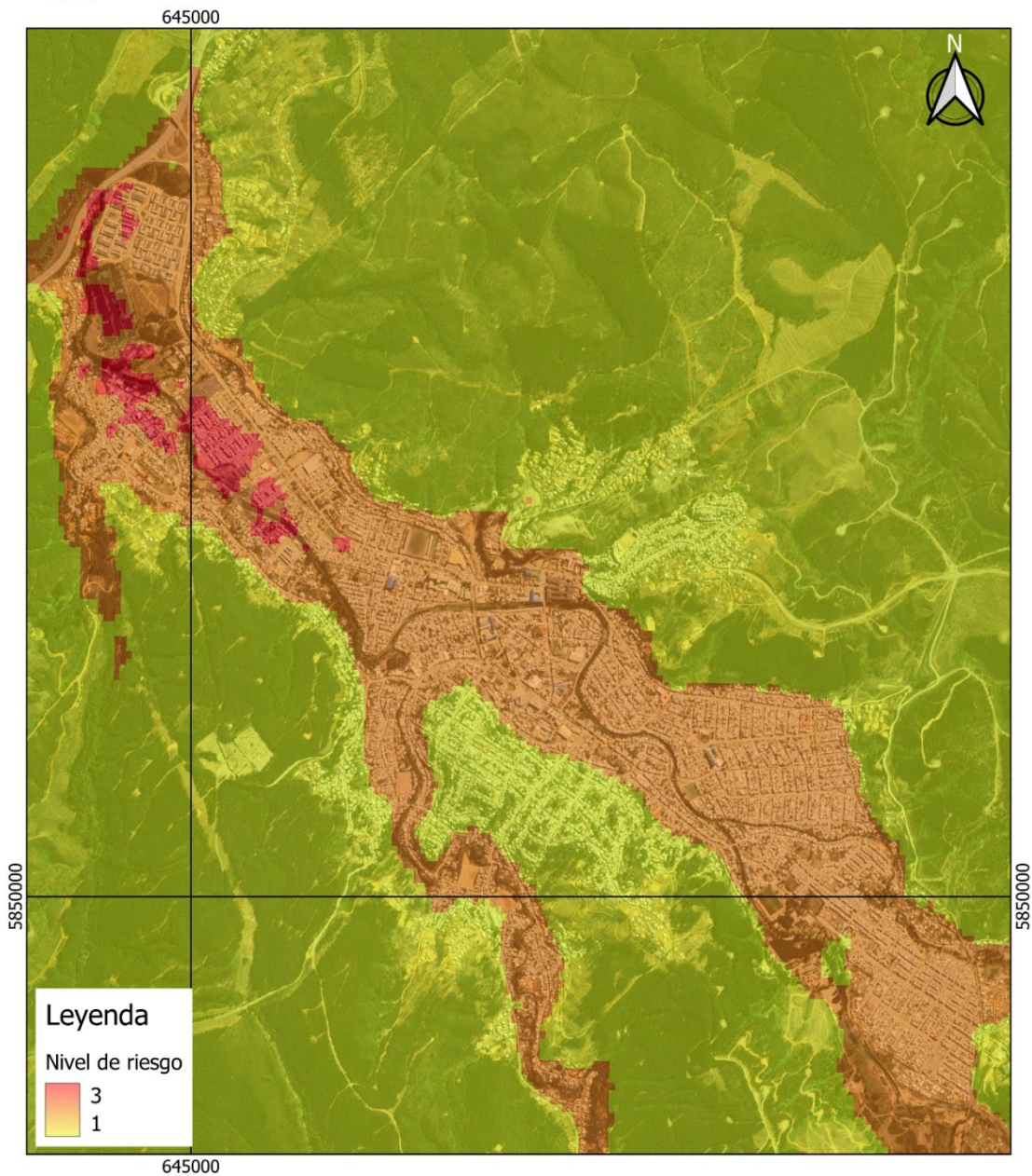
CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA  
COMUNA DE CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue

Ilustración 19: Mapa de variable material de la vivienda  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad física variable: altura



<p>Datos cartográficos: Escala 1:20.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p>
--	--	---

Ilustración 20: Mapa de variable altura  
Fuente: elaboración propia

#### **5.2.1.4. Vulnerabilidad física:**

De cierta forma, no existe gran desigualdad económica en la comuna si nos basamos en el análisis vivienda a vivienda, la mayoría presenta casi los mismos materiales de construcción salvo uno que otro caso excepcional de lujo o precariedad. Por lo que son aspectos asociados mayormente a la regularidad del terreno los que cobran más relevancia en el aspecto de la vulnerabilidad física, siendo estos la distancia al cauce y la altura los que mayor impacto reflejan en los resultados de la suma de variables.

Indudablemente las zonas aledañas al río van a representar mayor vulnerabilidad principalmente por el riesgo inminente de una crecida y el eventual desborde del cuerpo de agua, por lo que es importante destacar como área vulnerable físicamente a todo el tramo que acompaña el cauce.

Así mismo, la altura topográfica cumple un rol fundamental en el aspecto de la vulnerabilidad física ya que, por efecto de la misma física es que el agua tiende a depositarse en las zonas de menor altura, a causa de la fuerza que la gravedad ejerce. De este modo, las zonas de menor altura se asocian a mayor grado de riesgo porque son las zonas destinadas a la acumulación de la precipitación. Además, teniendo en cuenta otros aspectos asociados a otros tipos de vulnerabilidad, no solo se debe considerar que se acumula el agua precipitada sobre la ciudad, sino también el agua que escurre por la superficie de la cuenca donde los suelos son más pobres por lo que no tienen la capacidad de infiltrar.

Es así que las cotas menores al ser el destino de la escorrentía superficial tanto urbana como desde suelos empobrecidos aumenta significativamente la vulnerabilidad física, ya que se unifica la acumulación de agua escurrida tanto en cotas bajas como en el caudal mismo, constituyendo un panorama adverso que expone a ser inundada gran parte del área urbana principalmente la que se ubica en los bordes de los ríos.

Esto es importante de considerar ya que son limitadas las herramientas para enfrentar la situación, sin importar los materiales que compongan la vivienda, frente a escenarios de riesgo inminente las viviendas se verán afectadas si o sí. Sectores como Bernardo O'Higgins, donde las viviendas predominantes son de hormigón, no se ven absueltos de recibir daños estructurales, el alto grado de exposición tanto por pendientes poco pronunciadas, como por cercanía a cauce y cobertura urbana son propicios para que las calles se aneguen e ingrese agua a sus viviendas, siendo esta una de las poblaciones más afectadas en estos eventos aun cuando el material de la vivienda es el mejor disponible.



# Mapa análisis multicriterios vulnerabilidad física

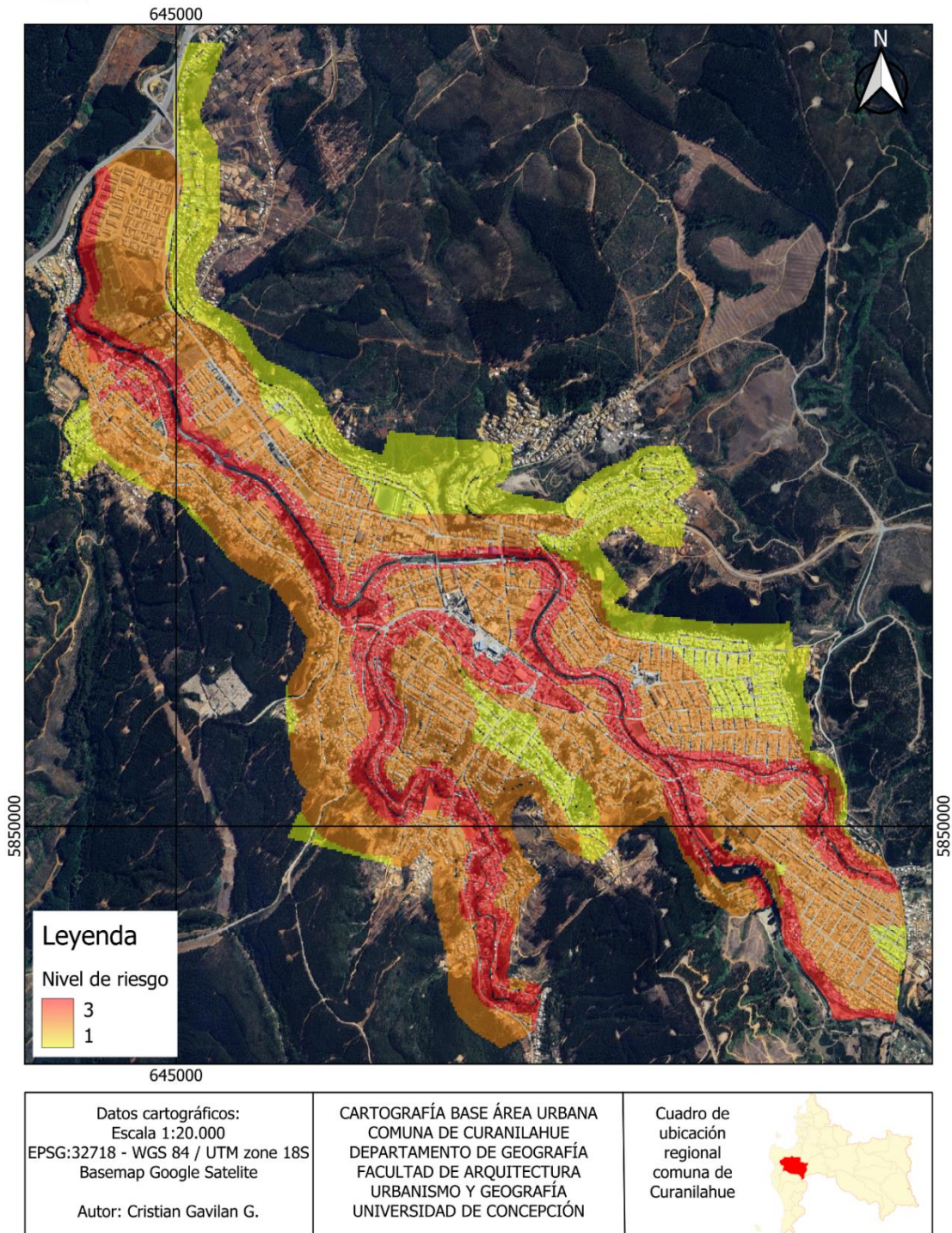


Ilustración 21: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad física  
Fuente: elaboración propia

## **5.2.2. Vulnerabilidad socioeconómica**

**5.2.2.1. Nivel socioeconómico:** Aun integrando el elemento hacinamiento, esta variable refleja los mismos resultados obtenidos en la variable de material de la vivienda, ya que comparten gran parte de los criterios. Se evidencia como el sector más antiguo alberga un grupo socioeconómico mejor asentado, reflejado en mayor cantidad de dormitorios, y mejor estructura arquitectónica en la vivienda. Tal como se mencionó anteriormente, esto responde a que en estas zonas más llanas se llevaron a cabo la totalidad de proyectos inmobiliarios realizados en la comuna, mientras que hacia las periferias y zonas de mayor altura se asentaron familias en tomas de terreno, hablando de una clara diferencia socioeconómica en la comuna. Si se hace una visión retrospectiva podemos comprender por qué estas viviendas ubicadas en la zona urbana más antigua y consolidada de la comuna presenta mejores condiciones, teniendo en cuenta que esta comuna tiene origen minero precisamente en el auge del oro negro, es de esperar que quienes se dedicaban a este rubro tuvieran las mejores condiciones económicas. Por otro lado, el área de mayor riesgo corresponde a un sector de la comuna que conecta distintos sectores ubicados en cerros de gran importancia para el origen de la comuna, como lo son el cerro La Perdiz y el cerro Bulnes, que conectan los sectores de Luis Cruz Martínez, Las Heras, Rengo y Bulnes. Esto es importante ya que, en los orígenes de la comuna, mientras los trabajadores mineros se establecían en pabellones ubicados en los sectores los verdes y los amarillos, la gente que se dedicaba a otras labores se asentaba de forma irregular en las faldas de esta red de cerros, la cual fue creciendo progresivamente hasta ocupar la totalidad de los cerros, y esto continuó ocurriendo con otros sectores de la comuna ubicados en cotas altas como cerro Verde, Las Heras y los límites de Chillancito con los bordes de las plantaciones forestales entre otros. Estos se dividieron administrativamente en distintas juntas de vecinos asociadas a los sectores, cuando fueron reguladas las viviendas en el gobierno del presidente Eduardo Frei Montalva bajo el programa “Operación Sitio”, es por esto por lo que las manzanas censales ubicadas a mayor altura también están asociada a menor nivel socioeconómico.

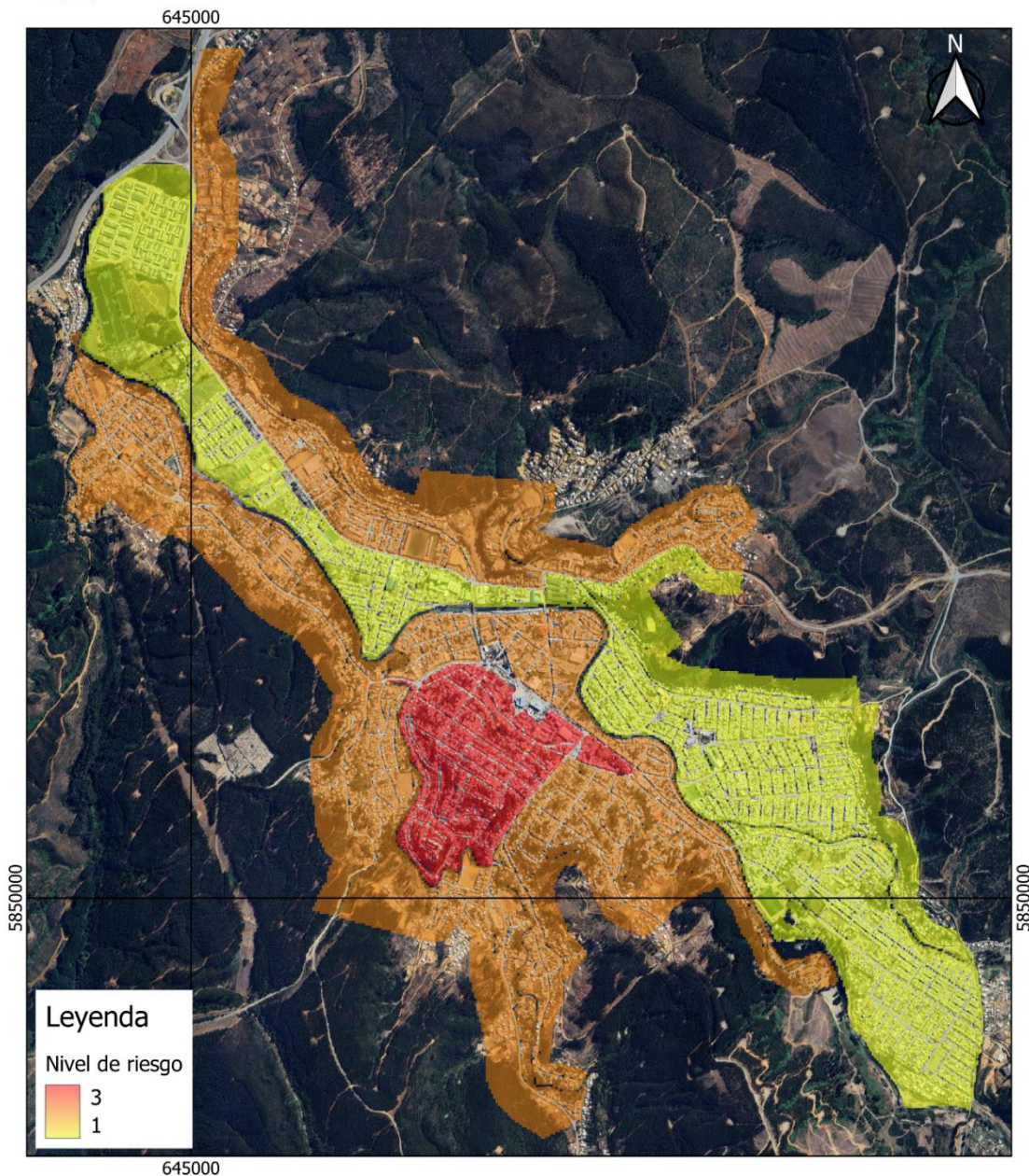
**5.2.2.2. Años de escolaridad:** La cartografía es algo complicada de interpretar o darle un sentido, especialmente por la dificultad asociada a la homogeneidad de datos producto de la gran cobertura de las manzanas censales, de todas formas, se puede extraer un patrón vinculado precisamente al origen de la comuna. La zona de tonos rojos y anaranjados corresponde al área más antigua de Curanilahue, por lo que sus pobladores son personas que de temprana edad priorizaron el trabajo por sobre el estudio, y aunque por su nivel socioeconómico pudieron entregarles a sus hijos un mejor estilo de vida, por lo antiguo de estas zonas los hijos en cuestión ya son adultos que han abandonado esta área y han migrado a otras comunas o a zonas más periféricas, de modo que los años de escolaridad de la zona antigua de la comuna están asociados principalmente a los primeros habitantes que aun residen en el sector destacado.

**5.2.2.3. Grupo etario:** Gran parte de la población de Curanilahue tiene entre 30 y 65 años, por lo que, teniendo en cuenta los parámetros utilizados, la mayoría de la población se distribuye entre los grupos de mediano y bajo riesgo, esto debido a que en Curanilahue cada vez envejece más la población, los jóvenes migran en busca de mejores oportunidades, y muy pocos adultos de la tercera edad van falleciendo, provocando que se acumule población adulta y no se renueven, ya que cada vez son menores los índices de natalidad. Nuevamente podemos observar como el núcleo urbano original de la comuna, alberga gran parte de la zona con mayor nivel de riesgo, esto relacionado a lo que se menciona anteriormente en el apartado “nivel socioeconómico”, donde se destaca en que zonas residen los pobladores más antiguos empleados del carbón, por lo que podemos afirmar que desde los orígenes de la comuna se evidencia la construcción social del riesgo, ya que esta misma población de mayor edad, que lleva más tiempo habitando estos sectores y se enfrenta a la vulnerabilidad socioeconómica con mejores herramientas, enfrenta serios conflictos debido a la exposición frente a la amenaza de inundación, a causa de la ausencia histórica de una gestión adecuada del riesgo y una planificación territorial eficiente. Por esta causa el grupo etario más vulnerable, relacionado a las limitaciones propias de la edad, se concentra también en las zonas mas expuestas al riesgo de inundación.

**5.2.2.4. Densidad demográfica:** Si bien el sector antiguo de la comuna parece ser el más afectado por las variantes consideradas en el estudio de vulnerabilidad socioeconómica, en el caso de la densidad demográfica es al revés, puesto que estas zonas al estar bien consolidadas y representar un nivel socioeconómico alto, podemos esperar que el nivel de hacinamiento y concentración de persona sea bajo. Por otro lado, Curanilahue presenta un grave problema de déficit de suelo urbano para la edificación de viviendas, causando que la gente deba desplazarse hacia las zonas de margen urbano-rural para establecerse, por lo que ha ocurrido una ocupación paulatina tanto de cerros como de valles fluviales, los cuales se emplazan muy alejados del núcleo urbano, esto se ve reflejado en la cartografía al destacar los sectores periféricos que constantemente han ido creciendo y acumulando población. Cabe destacar que los datos demográficos corresponden al Censo 2017, por lo que, al trabajar con las manzanas censales ya establecidas, se pierde información sobre la gente que vive de manera irregular a los márgenes del área urbana de la comuna, incluso algunas manzanas albergan mayor población de la que corresponde en la realidad. De todas maneras, es evidente el patrón de distribución de la densidad demográfica, vinculada principalmente a la renovación de población o nueva generación adulta, la cual carece de un lugar físico en el área urbana para establecerse y formar un hogar, provocando así esta dinámica de expansión urbana irregular hacia las periferias.



# AMC vulnerabilidad socioeconómica variable: nivel socioeconómico



**Leyenda**

Nivel de riesgo

3
1

Datos cartográficos:  
Escala 1:20.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA  
COMUNA DE CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue

Ilustración 22: Mapa de variable nivel socioeconómico  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad socioeconómica variable: años de escolaridad

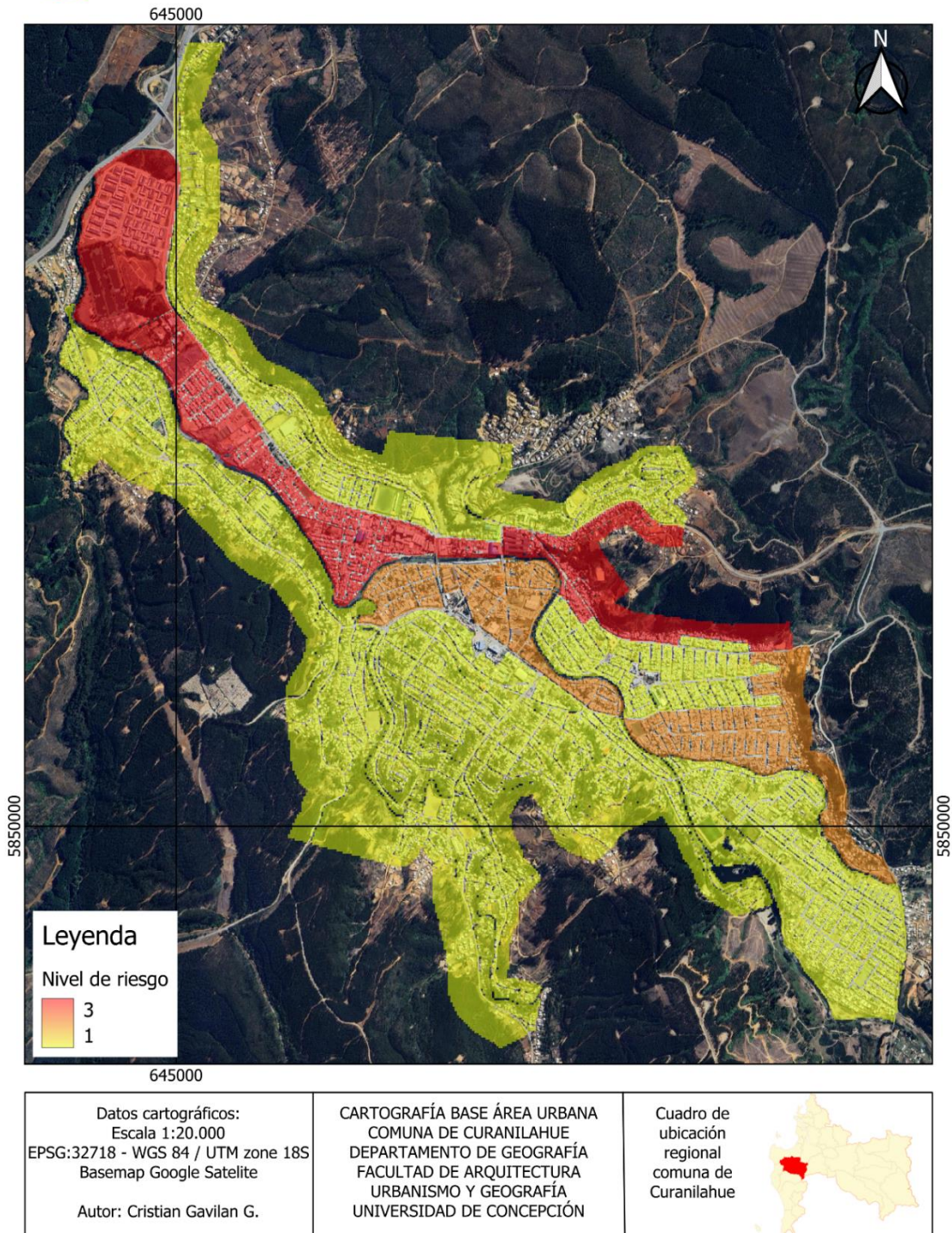


Ilustración 23: Mapa de variable años de escolaridad  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad socioeconómica variable: grupo etario

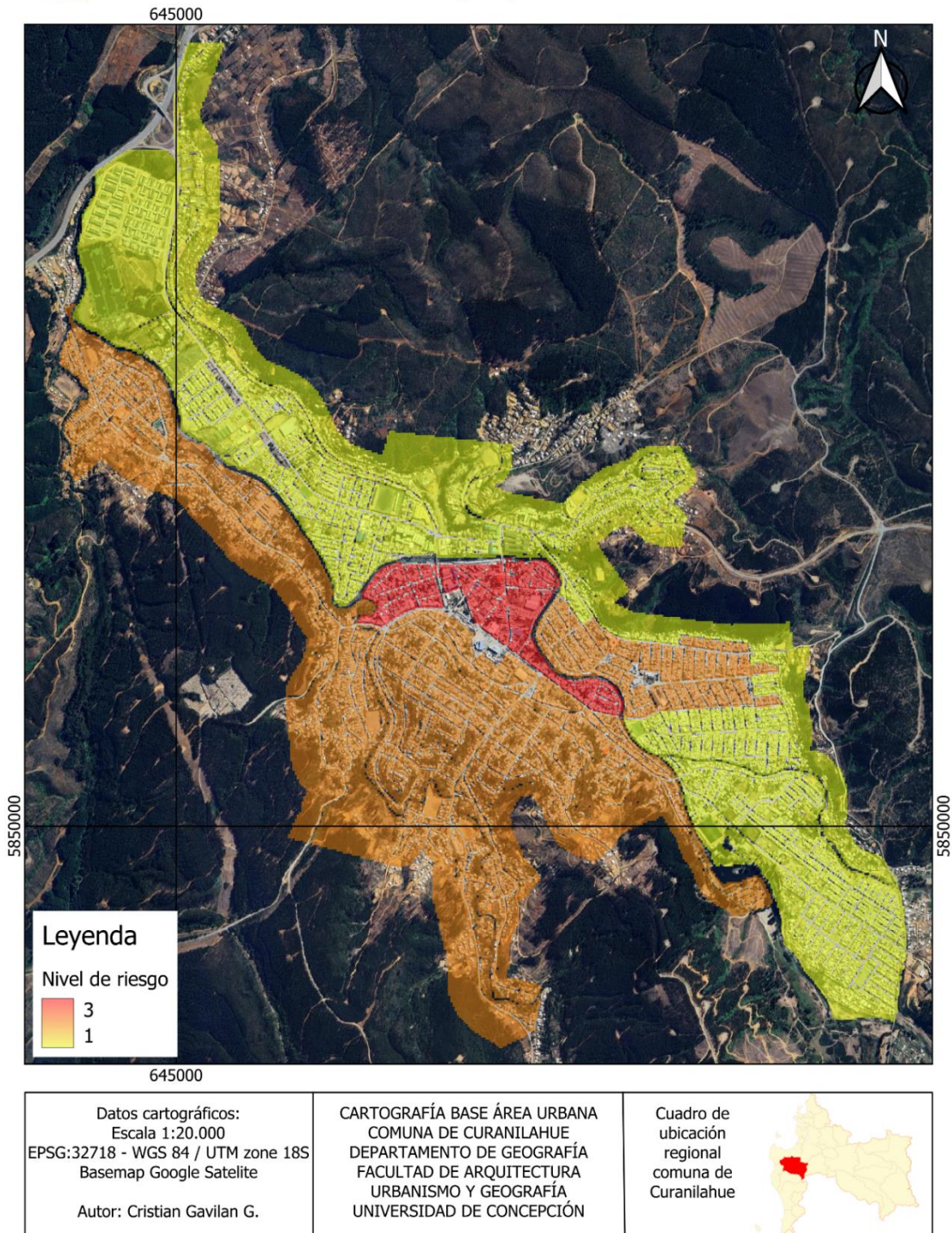
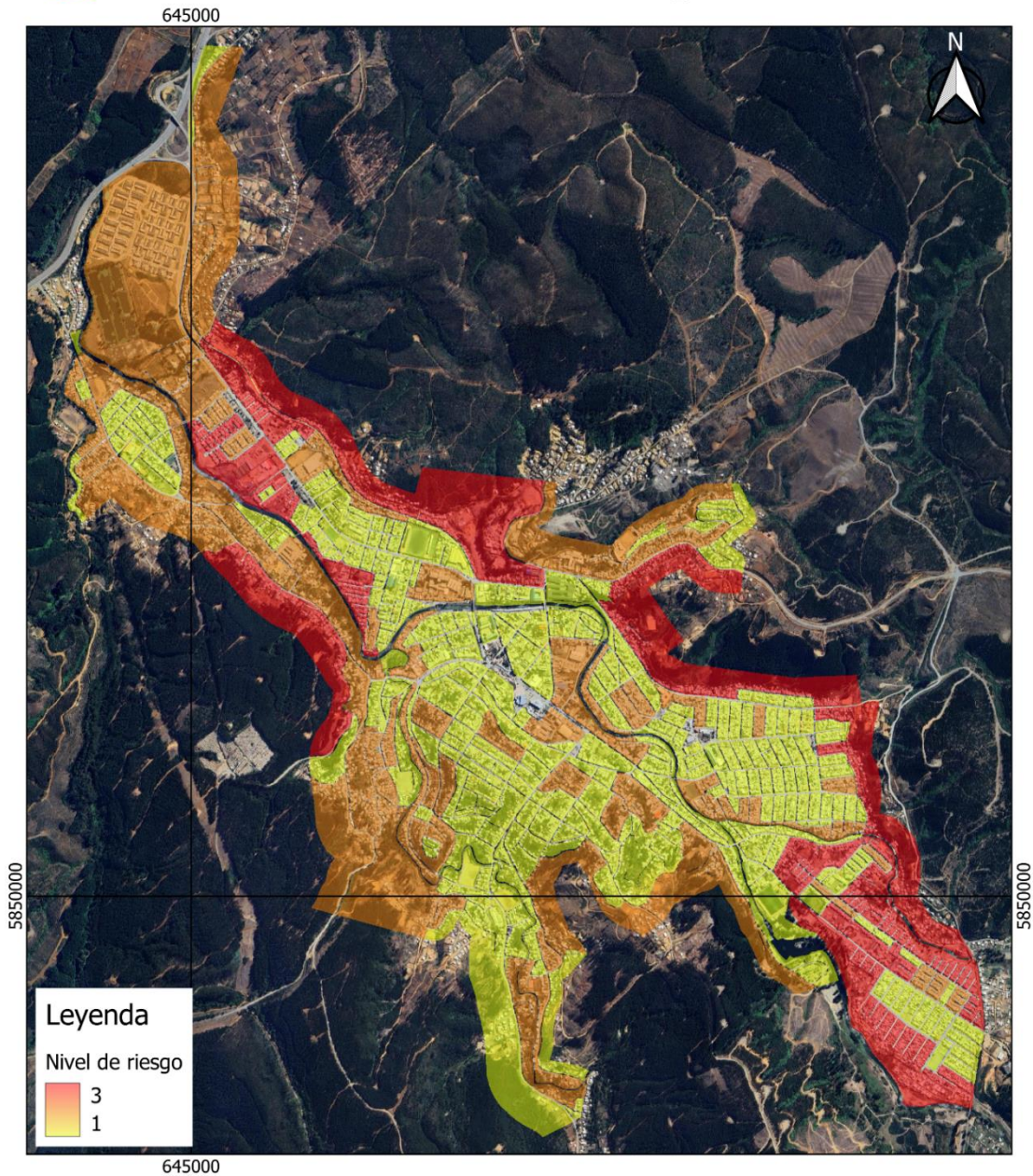


Ilustración 24: Mapa de variable grupo etario  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad socioeconómica variable: densidad demográfica




<p>Datos cartográficos: Escala 1:20.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
--	--	---

Ilustración 25: Mapa de variable densidad demográfica  
Fuente: elaboración propia

#### **5.2.2.5. Vulnerabilidad socioeconómica:**

Al analizar la vulnerabilidad socioeconómica debemos dejar a un lado todo lo conocido sobre el riesgo de inundación asociado a la geografía física, ya que no son elementos del relieve los que inciden en que una zona presente mayor o menor índice de riesgo. Se menciona esto ya que las zonas más vulnerables se encuentran posicionadas en las zonas más altas topográficamente de la comuna en su mayoría, y las zonas menos vulnerables se encuentran, por el contrario, en las zonas que asociamos a terrazas fluviales. Esta peculiar situación encuentra justificante al hacer un recorrido a la historia de la comuna, ya que, si pensamos en términos logísticos, la gente con mejores condiciones económicas podía optar a los mejores terrenos para poder establecerse y edificar, de modo que la población más acomodada o con mayor nivel socioeconómico podía optar a terrenos llanos sin grandes arboles ni raíces, ni terrenos accidentados que dificultaran poder asentarse. Así mismo, en el presente, las empresas inmobiliarias han destinado sus fondos a invertir en terrenos con estas características favoreciendo a concentrar en estas reducidas planicies, al grupo social con mejores condiciones para poder optar a esta clase de viviendas. Mientras que, en su contraparte, hacia la periferia asociada a zonas rurales y terrenos accidentados, se estableció el grupo social más vulnerable en términos socioeconómicos. Un elemento crucial para establecer este análisis es la varianza existente en la distribución del grado de riesgo en las cartografías anteriores, donde los años de escolaridad dejan ver un patrón espacial distinto al de las otras variables. Es aquí donde se integra al análisis espacial la variante histórica, ya que Curanilahue es una comuna históricamente considerada pobre, por lo que se me hacía extraño que las zonas asociadas a grupos de mejor situación socioeconómica representaran tan bajos índices de años de escolaridad. Es ahí donde se asocia que el grupo social de mejor situación socioeconómica era aquel que se desempeñaba laboralmente en el aspecto minero o la naciente industrial forestal, a modo que quienes mejor situación económica tenían no eran precisamente los que más estudiaban o se especializaban, sino aquellos que llevaban más antigüedad en el rubro en que se desarrollaran. Favoreciendo de esta manera a que se concentrara población adulta, de buena situación socioeconómica pero con bajos índices de años de escolaridad en áreas con una geografía aparentemente cómoda, que esconde en su excelencia una importante exposición al riesgo de inundación por las condiciones espaciales que el relieve representa, mientras que la gente más vulnerable socialmente, que se vio obligada a posicionarse en las periferias, sin intención alguna se restringió a una zona libre de riesgo de inundación. Esto no quiere decir que en las terrazas fluviales no existan casos de vulnerabilidad socioeconómica, tal como se especificó anteriormente, esta metodología puede omitir ciertos casos específicos por la amplitud de cobertura que representan las manzanas censales, sin embargo, cumple su función para tener un aproximado del panorama comunal en este aspecto.



# Mapa análisis multicriterios vulnerabilidad socioeconómica

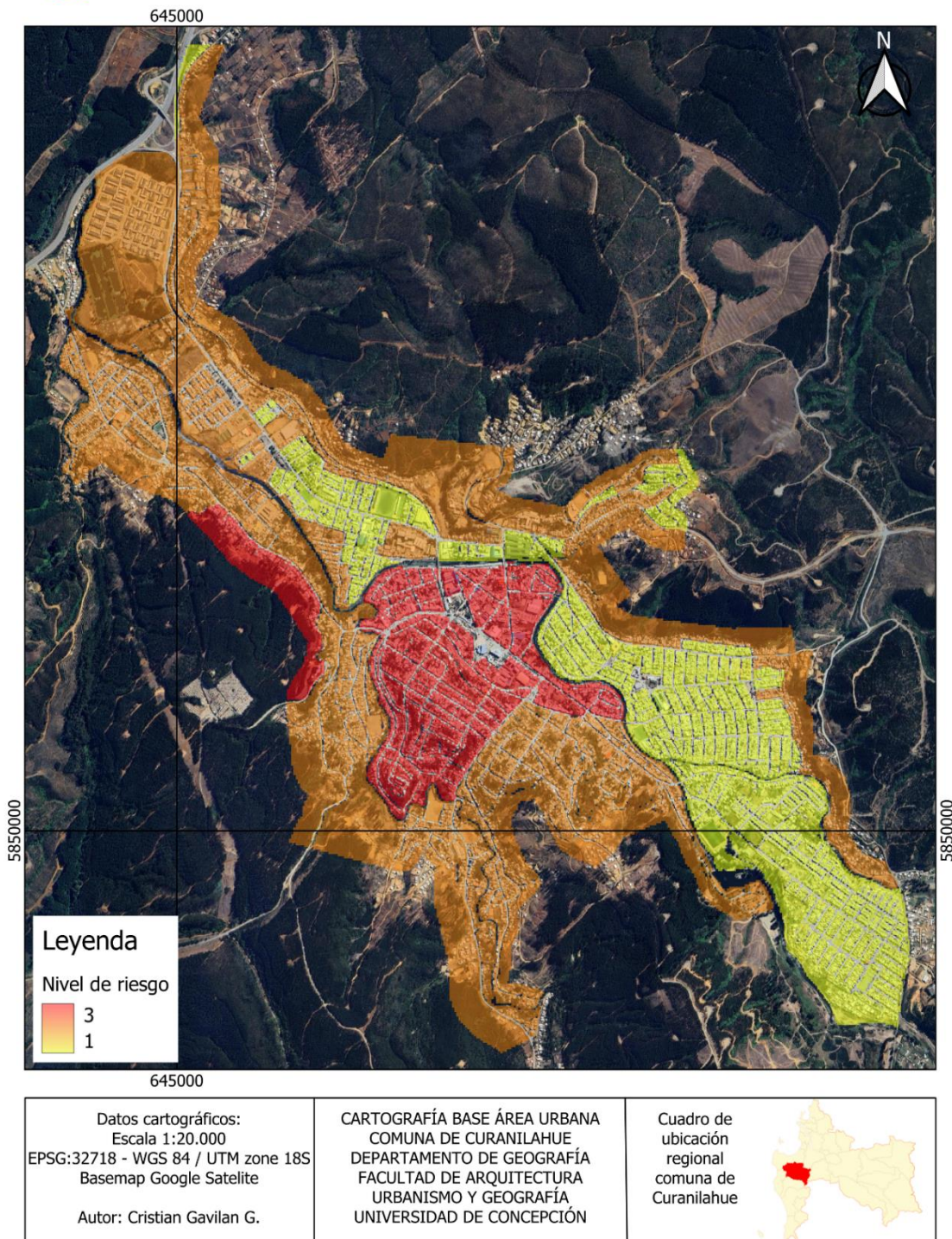


Ilustración 26: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad socioeconómica  
Fuente: elaboración propia

### **5.2.3. Vulnerabilidad ecológica**

**5.2.3.1. Uso de suelo:** Es relevante en términos ecológicos ya que determina las actividades que se desarrollan sobre cada porción de suelo. De color rojo destaca la zona industrial y urbana ya que interfieren directamente en la biodiversidad al reducir drásticamente el desarrollo de esta, provocando fuertes cambios en el equilibrio ecosistémico de estas zonas en cuestión. Para este caso de estudio resulta relevante esta intervención a escala urbana ya que, se reconocen el rol del equilibrio ecosistémico en la labor de mitigar y reducir naturalmente el impacto en eventos asociados al riesgo de inundación. Las zonas de prácticas forestales intensivas representan menor riesgo que las áreas urbanas, pero como mencionan los estudios de Lara y otros, representan una severa intervención en el ciclo hidrológico, por este motivo que se le vincula un mediano aporte al riesgo de inundación, ya que afecta la ecología de la cuenca provocando desequilibrio que desencadena en ausencia de capacidad para infiltrar las precipitaciones, aumento en la escorrentía superficial, pérdidas de sotobosques, entre otros problemas. Finalmente, la zona que menor riesgo representa está asociada a quebradas aguas arriba donde no existe intervención urbana, esto causado por la conservación de suelos en mejor estado que favorecen al correcto funcionamiento del ciclo hidrológico, ya que presenta suelos ricos con gran capacidad de infiltración, lo que permite la recarga de acuíferos, suelos fértiles, mayor desarrollo de biodiversidad y descomposición de materia orgánica, por lo que funcionan correctamente todos los elementos para un óptimo ciclo hidrológico, reduciendo considerablemente el área de inundación por desborde, ya que estos suelos ricos en materia orgánica presentan gran porosidad y permiten infiltrar grandes cantidades de agua, de modo que se saturan las cotas más bajas y los valles fluviales, pero no permiten grandes crecidas del río ni desbordes.

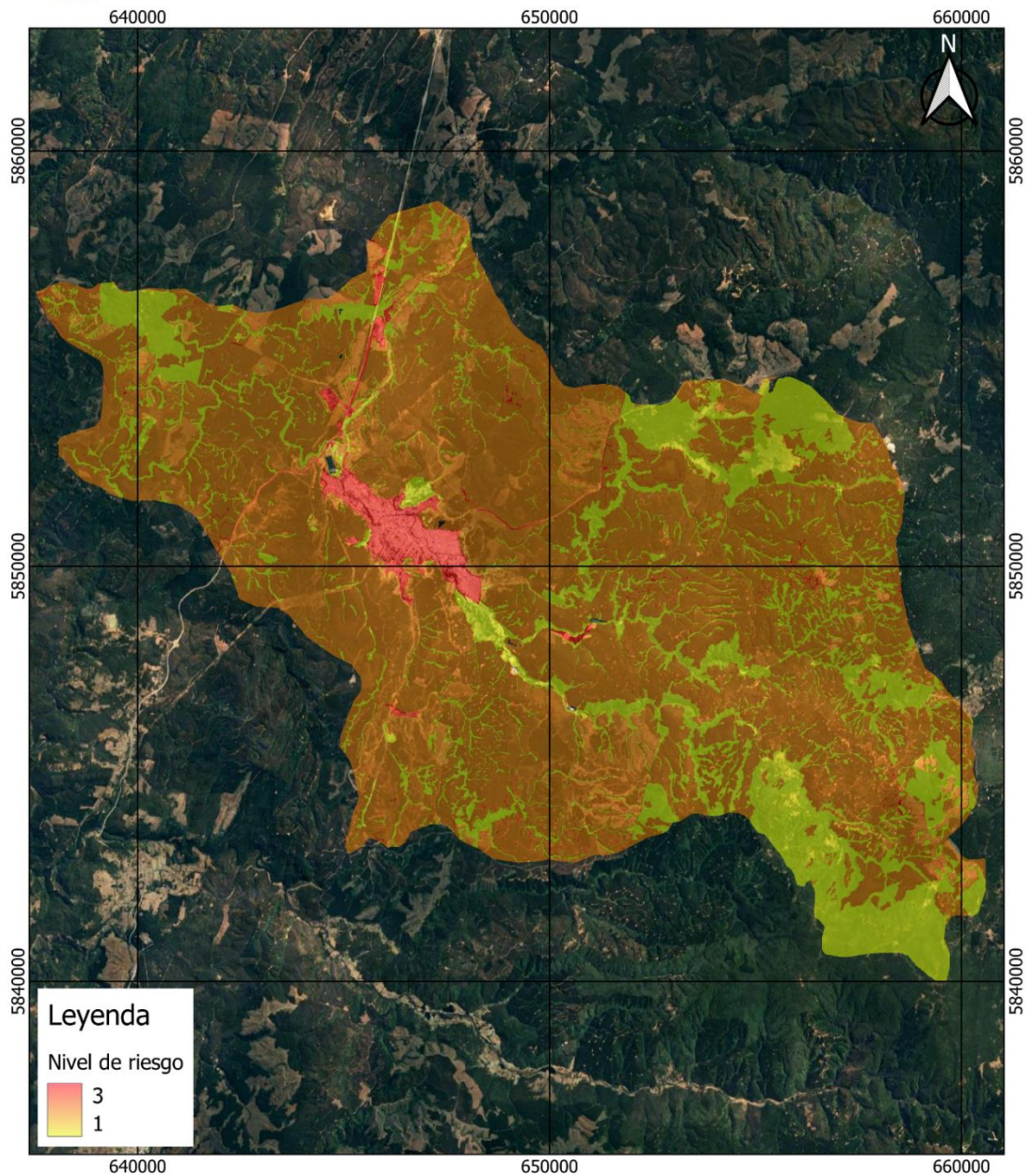
**5.2.3.2. Tipo de suelo:** Se puede correlacionar los usos de suelo al punto de degradación que presentan estos mismos, podemos notar como disminuye el grado de riesgo hacia las áreas donde predominan bosques nativos y mixtos, además de ser zonas de cotas relativamente bajas con respecto a las zonas aledañas. En su contraparte, con alto grado de riesgo se presentan zonas de cotas más altas, donde predomina el uso de suelo de plantaciones forestales, evidenciando como estas prácticas intensivas degradan el suelo disminuyendo su capacidad de infiltración, favoreciendo a la escorrentía superficial, lo que a su vez provoca que aumente el caudal de los cauces río abajo aumentando el grado de riesgo de inundación. Esto representa un escenario de alta vulnerabilidad ecológica ya que se evidencia como ciertas prácticas han repercutido degradando los suelos, impidiendo de esta forma que el medio se regule de forma autónoma como lo haría en condiciones naturales, esto es perjudicial para la ecología de la cuenca ya que al verse intervenido el sistema natural no le permite desarrollar de manera correcta sus propiedades reductoras de desastres. Se evidencia como el color rojo casi totalmente predominante en el paisaje, esta estrechamente

vinculado al patrón de distribución de los suelos con uso forestal, lo que evidencia lo serio de la situación en aspectos ecológicos, ya que el sistema natural de la cuenca se encuentra intervenido severamente y se ha demostrado como esto ha traído repercusiones en el aumento en el grado de vulnerabilidad ecológica y en el aumento de exposición al riesgo de inundación. Resulta de utilidad poder conocer el estado del suelo que cubre la cuenca para determinar el estado ecológico en el que se encuentra la misma, ya que, al contrastarlo con otras variables como uso de suelo permite visualizar como las practicas desarrolladas sobre un espacio pueden o no tener una repercusión, es cierto que existen otros factores relevantes en la composición del suelo como la geomorfología, aunque en este caso se puede reconocer claramente como las practicas forestales están fuertemente vinculadas a la degradación ecosistémica que se presenta en la cuenca, particularmente por el empobrecimiento que han ocasionado en los suelos, lo cual repercute en pérdida de especies y una seria intervención en el ciclo hidrológico., por lo mismo este factor es especialmente relevante para evidenciar la pertinencia de este concepto en el marco conceptual, ya que de otra forma seria difícil asociar de forma directa las practicas forestales al aumento en el riesgo de inundación en la cuenca, ya que no habría evidencia que lo respalde.

**5.2.3.3. Índice de fragmentación:** El mapa de índice de fragmentación no contiene alta superficie en tonos rojizos o anaranjados, esto debido a que el índice de fragmentación representa la homogeneidad y cantidad de especies vegetales existentes en un espacio determinado. De modo que, el hecho de que el mapa sea en mayoritariamente de tono verde quiere decir que existe gran uniformidad en el tipo de especies existentes en el territorio, lo cual se produce por las grandes extensiones de territorio cubierto por plantaciones de monocultivos. Si bien esto no representa un aumento directo en el riesgo de inundación, ya que es más perjudicial un paisaje fragmentado que uno poco fragmentado, desde el punto de vista del análisis especial, el desglose de variables que componen el riesgo y las practicas forestales en el ciclo hidrológico, es clave poder visualizar como se representa el paisaje desde el aspecto ecológico, ya que, al unir estos tres hilos, podemos evidenciar como las practicas forestales van favoreciendo a estos desastres denominados “naturales”, o construyendo socialmente el riesgo.



# AMC vulnerabilidad ecológica variable: uso de suelo




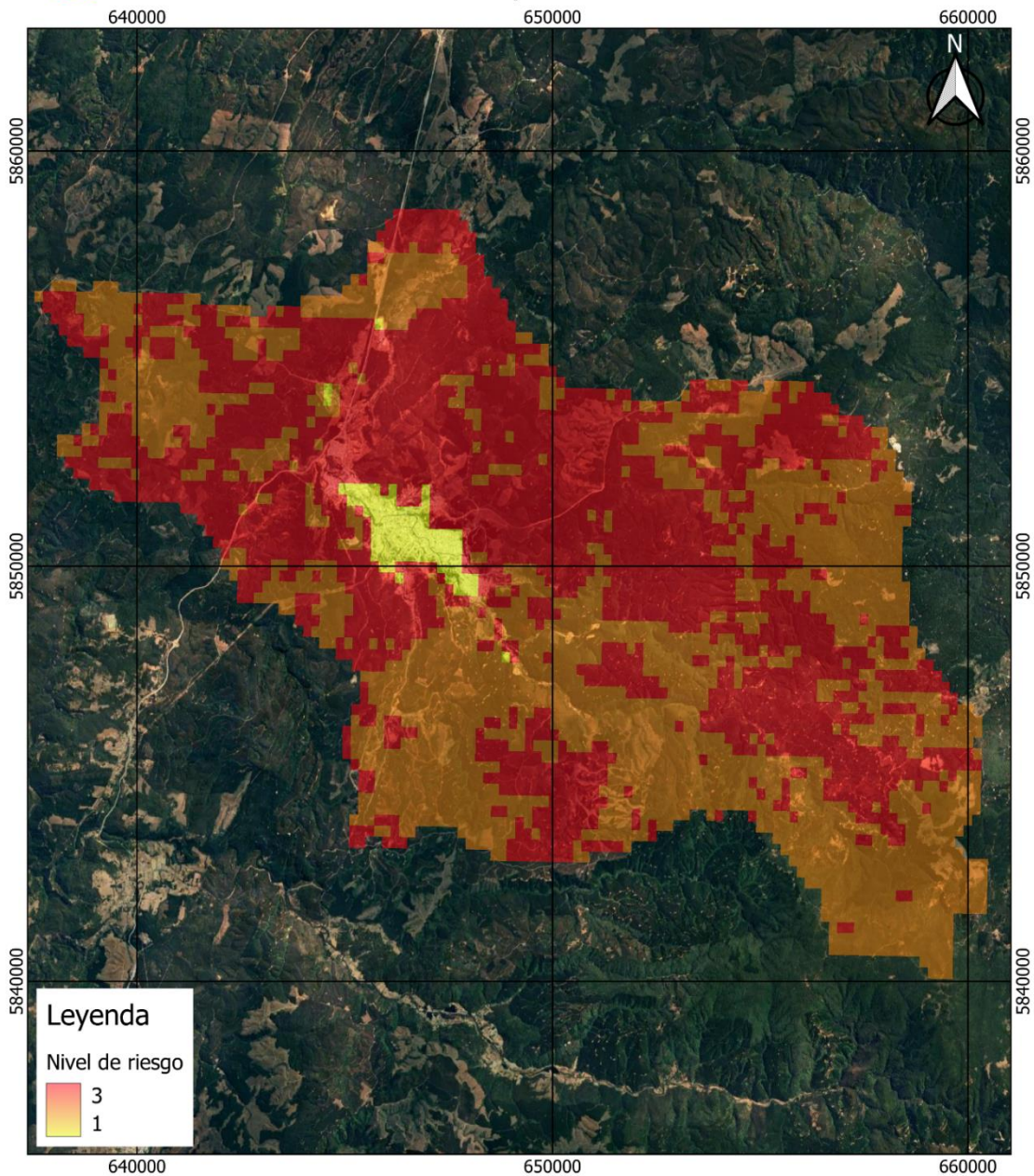
<p>Datos cartográficos: Escala 1:120.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA RÍO CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
---	--	---

Ilustración 27: Mapa de variable uso de suelo  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad ecológica variable: tipo de suelo



**Leyenda**

Nivel de riesgo

3
1

Datos cartográficos:  
Escala 1:120.000  
EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S  
Basemap Google Satellite  
Autor: Cristian Gavilan G.

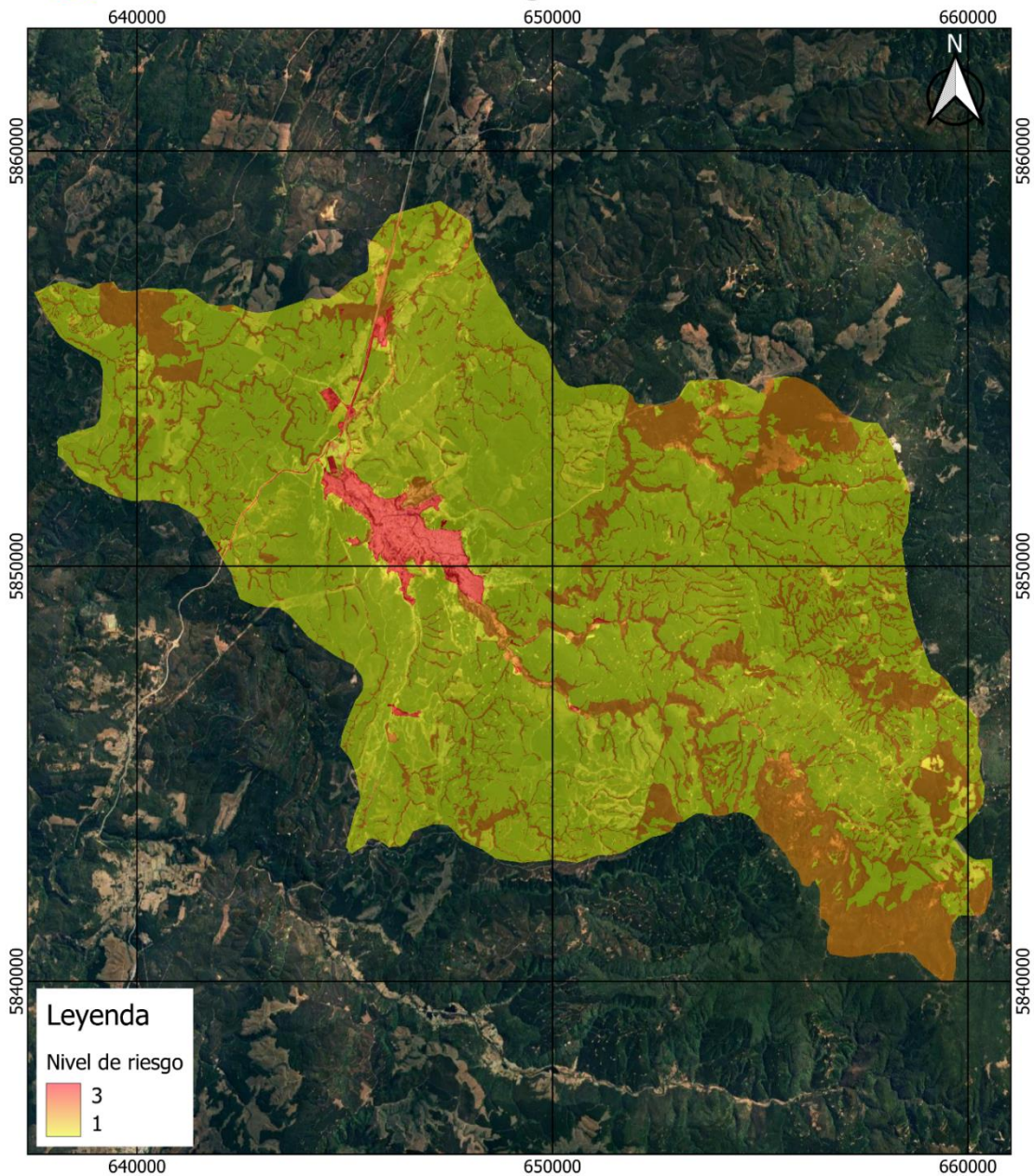
CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA  
RÍO CURANILAHUE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
URBANISMO Y GEOGRAFÍA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue

Ilustración 28: Mapa de variable tipo de suelo  
Fuente: elaboración propia



# AMC vulnerabilidad ecológica variable: fragmentación

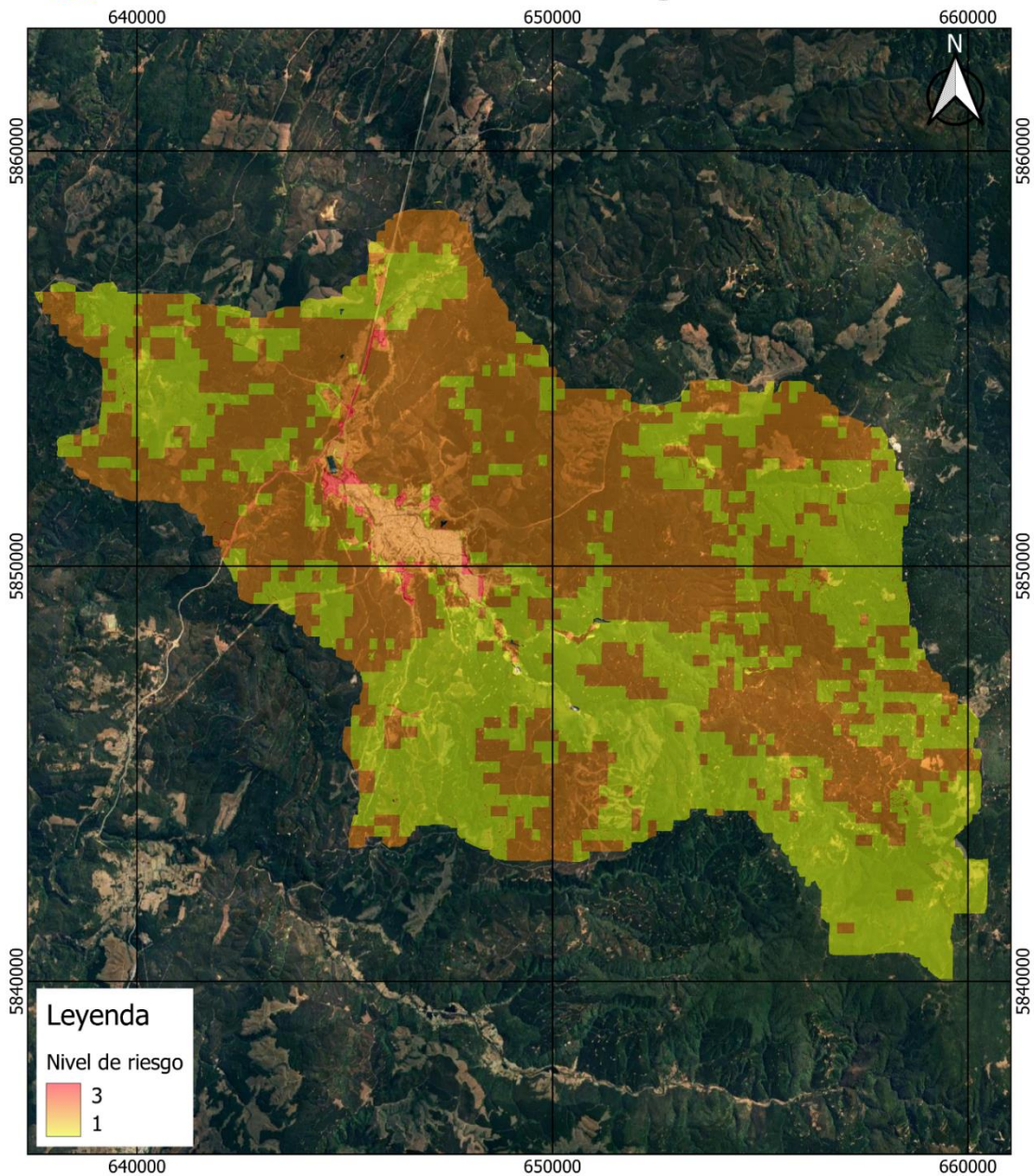


Datos cartográficos: Escala 1:120.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.	CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA RÍO CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN	Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue 
--	--	---

Ilustración 29: Mapa de variable índice de fragmentación  
Fuente: elaboración propia



# Mapa análisis multicriterios vulnerabilidad ecológica



Datos cartográficos: Escala 1:120.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.	CARTOGRAFÍA BASE SUBCUENCA RÍO CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN	Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue 
--	--	---

Ilustración 30: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad ecológica  
Fuente: elaboración propia

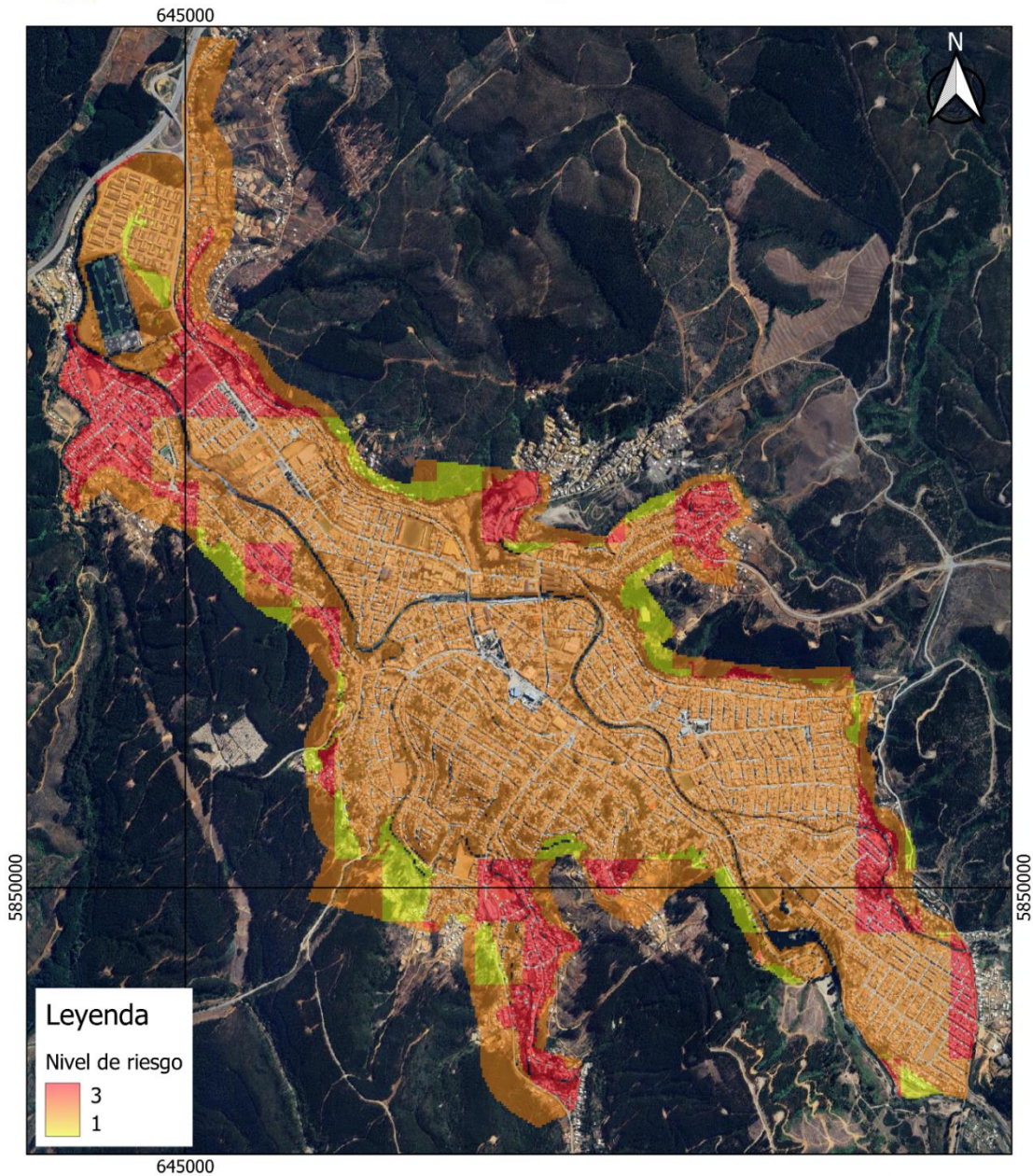
#### **5.2.3.4. Vulnerabilidad ecológica área urbana:**

Al observar la cartografía en la escala de la cuenca, podemos identificar que, en términos ecológicos, las zonas más depresivas ubicadas fuera del límite urbano presentan los menores índices de vulnerabilidad, esto asociado principalmente a que estas zonas presentan humedad intensa asociada a los paños de cobertura vegetal nativa y sotobosques en buen estado de conservación. En su contraparte se encuentran áreas de mediana vulnerabilidad ecológica, asociadas a suelos empobrecidos, esto en parte a la geología y edafología de estas zonas que corresponden a cotas más altas, donde se presentan suelos más erosionados. Pero también se asocia este empobrecimiento del suelo a las extensas ocupaciones de plantaciones de monocultivo llevadas a cabo en grandes extensiones de territorios de la cuenca del río Curanilahue. Por último, en tonos rojos encontramos las zonas que presentan mayor vulnerabilidad. En este caso se trata de límites donde se transforma de zona urbana a zona rural, pequeños sectores en los bordes del límite urbano establecido por el plan regulador comunal vigente, asociados a cotas medianas y que se encuentran en contacto directo con predios propiedad de empresas forestales instaladas en la comuna. Esta vulnerabilidad se puede asociar a zonas con suelos empobrecidos, ya que se encuentran a altura considerable y están aledaños a suelos forestales, y que además representan un alto índice de fragmentación del paisaje ya que, si bien están aledaños a plantaciones forestales, en su ubicación no se identifican especies vegetales que favorezcan a la mitigación o reducción del riesgo, por lo que en el aspecto ecológico estas son las áreas más vulnerables al estar expuestas a la respuesta inmediata de un medioambiente degradado y en condiciones adversas que dificultan la mitigación y reducción del riesgo.

Por otro lado, cabe destacar que la variable vulnerabilidad ecológica es poco representativa a escala urbana, ya que la decisión de integrarla es precisamente comprender como afectan las actividades que ocurren alrededor del área urbana en esta misma, por lo que con esta cartografía a escala cuenca podemos tener una visión integrada del panorama ecológico del área de estudio. Sin embargo, para fines operativos del estudio, me veo en la obligación de reducir los resultados a la escala del área urbana para poder realizar los procesos en la calculadora ráster y no aparezcan píxeles con valores fuera de los ya establecidos y ponderados.



# Mapa análisis multicriterios vulnerabilidad ecológica área urbana




<p>Datos cartográficos: Escala 1:20.000 EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S Basemap Google Satellite Autor: Cristian Gavilan G.</p>	<p>CARTOGRAFÍA BASE ÁREA URBANA COMUNA DE CURANILAHUE DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y GEOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</p>	<p>Cuadro de ubicación regional comuna de Curanilahue</p> 
--	--	---

Ilustración 31: Mapa análisis multicriterio para vulnerabilidad ecológica a escala área urbana  
Fuente: elaboración propia

#### **5.2.4. Vulnerabilidad global:**

Los únicos factores físicos componentes del relieve que en la cartografía representan mayor relevancia son: altura y distancia al cauce, estos cobran mucho peso frente a los demás factores que componen las variables de vulnerabilidad, ya que, los pixeles presentan homogeneidad en la distribución de los colores (producto de la dimensión de las manzanas censales), por lo que la distancia al río y la altura terminan siendo los elementos diferenciadores del patrón de distribución del riesgo. Esto es clave a la hora de superponer otros factores de vulnerabilidad, ya que permite reconocer que sectores presentan condiciones limitantes a la hora de resistir las crecidas del río y anegamiento de calles, por lo que aquí radica la importancia de que se destaque altura y distancia al cauce, ya que es donde mayormente tiende a depositarse la acumulación de precipitaciones.

Esto permite reconocer sectores expuestos directamente a la amenaza de inundación, que, sin embargo, poseen mejores herramientas y condiciones para enfrentar la situación reduciendo o mitigando las pérdidas. Ejemplo de esto es la situación del sector Bernardo O'Higgins, particularmente la población Carcoop, y el sector Eleuterio Ramírez, terrenos donde se llevaron a cabo los proyectos inmobiliarios más importantes del siglo pasado. Ambos presentan en su arquitectura: estructura de hormigón con suelos de ladrillo o concreto y techos de pizarreño. Son sectores que sufren con los anegamientos de las calles y las crecidas del río debido a la cercanía que tienen para con los cuerpos de agua, sin embargo, su vulnerabilidad global no podría considerarse de alto grado de riesgo. No así el grado de exposición a la amenaza, el cual es muy alto.

Otro caso muy distinto es el de las viviendas ubicadas en las faldas de Cerro La Perdiz, el sector Javiera Carrera y en dirección a Plegarias, donde como se ha detallado anteriormente, vivían inicialmente los que serían los pobladores de Curanilahue. Este aumento en el grado de riesgo de vulnerabilidad global se asocia a que hacia estos sectores se concentraban grupos de recursos escasos, lo que se asocia a viviendas con malas condiciones y limitadas herramientas para mitigar o reducir las pérdidas materiales, así también estas zonas están más cercanas a bordes de transformación urbano-rural, lo cual genera mayor situación de vulnerabilidad en aspectos ecológicos, ya que en estos sectores rurales predominan las plantaciones de monocultivo, por lo que se suma otro factor que aumenta la vulnerabilidad global de este sector aledaño al río.

De igual manera ocurre hacia el sector Chillancito debido a su cercanía con los predios rurales de plantaciones forestales. Además, este sector se ve afectado por elementos físicos del relieve, ya que presenta escasa distancia para con el río Curanilahue, y sus cotas de alturas son bajas para con las del resto del área urbana, por lo que están predispuestos a recepcionar y acumular mayores cantidades de agua, aumentando significativamente el grado de vulnerabilidad global debido a la combinación de múltiples factores en alto grado de riesgo.



# Mapa análisis multicriterios vulnerabilidad global

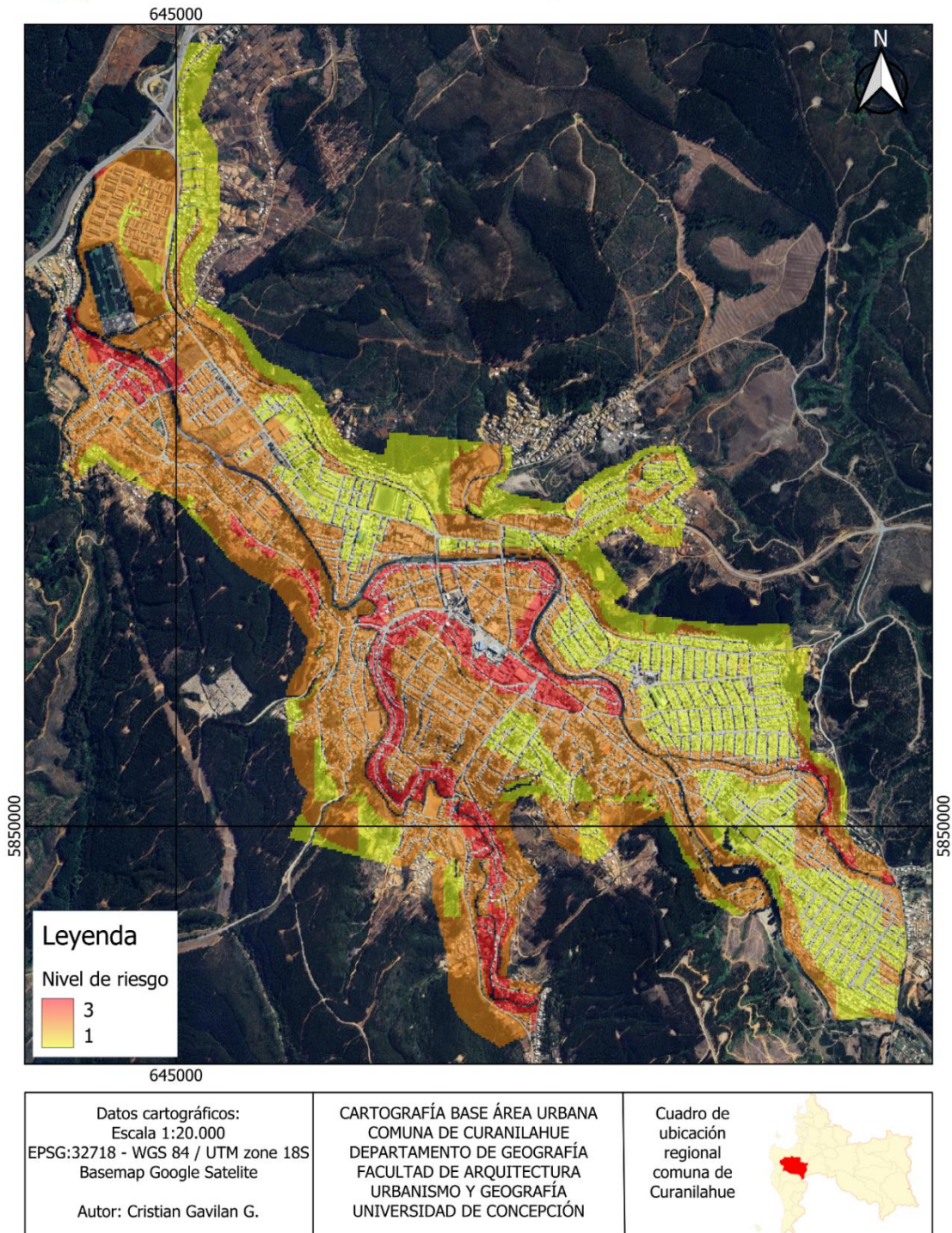


Ilustración 32: Mapa resultado de análisis multicriterio para vulnerabilidad global  
Fuente: elaboración propia

### **5.3. Análisis de riesgo de inundación fluvial:**

Al integrar matemáticamente el resultado obtenido de ambos componentes del riesgo: amenaza y vulnerabilidad, podemos observar un cambio importante en el área comprendida como de alto riesgo según el análisis multicriterio de amenaza. Principalmente aguas arribas, hacia el sector Eleuterio Ramírez, podemos observar como la condición de baja vulnerabilidad global actúa como mitigante frente a inundaciones, reduciendo significativamente el grado de riesgo. Así mismo ocurre en el vado existente entre la conjuntura de los ríos Curanilahue y Ranas, donde en el mapa de amenaza se identificaba todo el sector en tono rojo, ahora presenta un degradé hacia el tono amarillo predominando el anaranjado, que indica mediano riesgo.

Por otro lado, Curanilahue no presenta un desequilibrio considerable entre los grupos socioeconómicos que lo componen, a excepción de acotados casos de vulnerabilidad asociados al origen de la comuna. En este sentido, es muy difícil que edificaciones ubicadas en las terrazas fluviales del sistema hidrológico Curanilahue, se encuentren exentas de ser inundadas ya sea por crecidas o por anegamiento de calles, indiscriminado el material de las viviendas, la situación socioeconómica, etc. En este caso los aspectos físicos del relieve adquieren gran valor por la exposición a amenaza que enfrenta el área urbana de la comuna, por lo que, recordando los resultados de las variables pendiente, altura y distancia al cauce, podemos encontrar gran sentido en la distribución espacial del manchón rojo en el mapa resultado del análisis multicriterio para riesgo de inundación.

Entonces, en aspectos de vulnerabilidad podemos desglosar que: físicamente algunos sectores se ven expuestos bajo el patrón de cercanía al cauce, asociado principalmente a casos de precariedad concentrada en sectores de la comuna que se vinculan a la vulnerabilidad socioeconómica, mientras que en aspectos de vulnerabilidad ecológica las prácticas forestales intensifican la amenaza debido a la intervención que esta provoca en el ciclo hidrológico.

Las prácticas forestales que ocurren alrededor del área urbana de la comuna sin duda alguna que han degradado los suelos, impidiendo que la precipitación infiltre en los suelos lo que genera que se descarguen acuíferos subterráneos, se empobrezcan los suelos y reduzca la biodiversidad, de igual manera aumenta la escorrentía superficial y a su vez aumenta el aporte hídrico al caudal, lo que genera un crecimiento importante en el volumen que recorre la red hídrica, la cual atraviesa toda el área urbana en distintos tramos. Sin embargo, las condiciones espaciales de relieve son aún más desfavorables, por lo que, tanto las intensas precipitaciones propias del territorio, como las bajas cotas, las nulas pendientes, y el aumento del caudal generan un altísimo grado de exposición a riesgo de inundación, reflejado en sectores como Bernardo O'Higgins, Chillancito, Javiera Carrera, Balmaceda y Sargento Aldea.



# Mapa análisis multicriterios riesgo de inundación fluvial

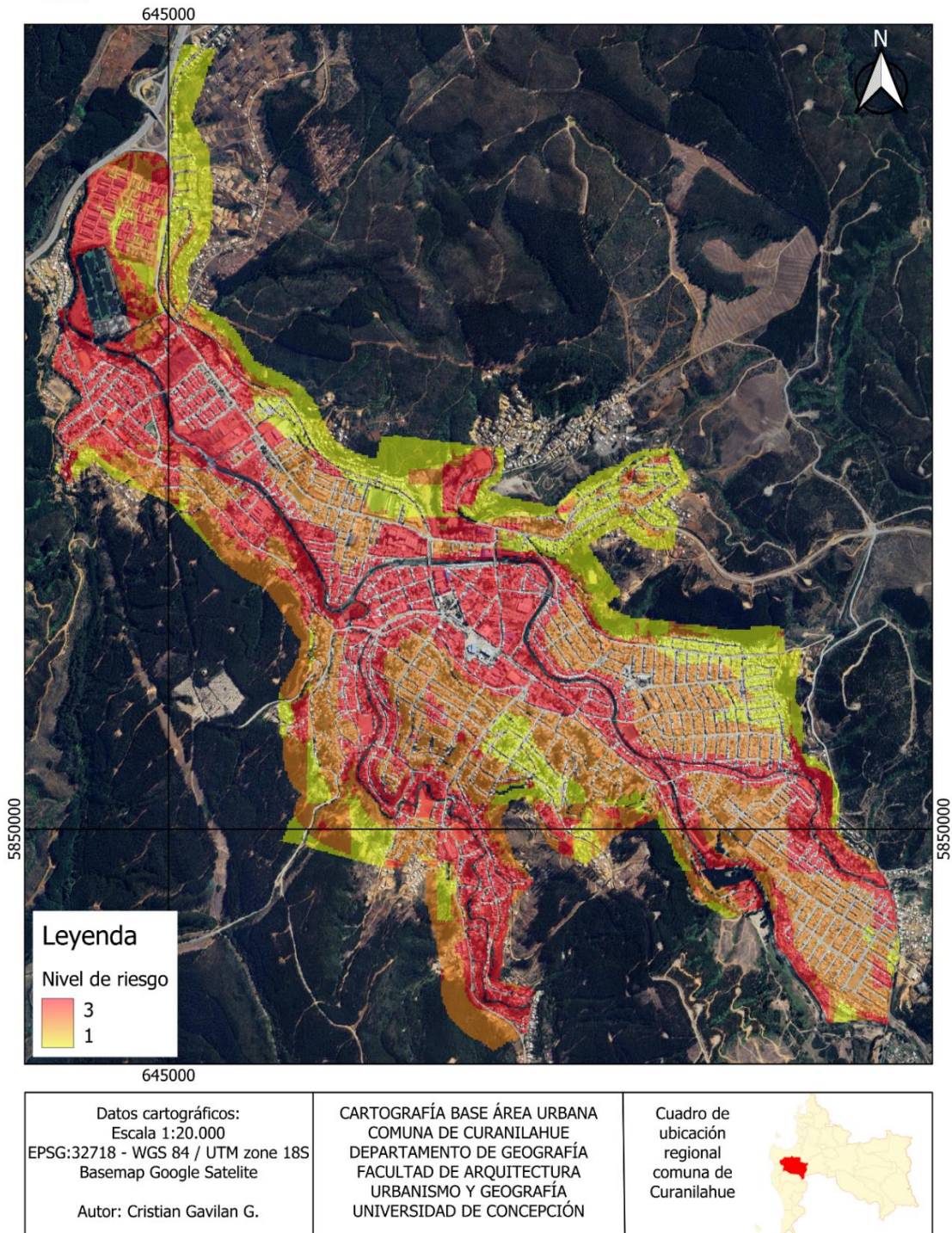


Ilustración 33: mapa resultado de análisis multicriterio para riesgo de inundación fluvial  
Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO VI: Discusión**

Los resultados obtenidos permiten observar que la amenaza de inundación en la subcuenca del río Curanilahue está fuertemente condicionada por factores topográficos, en particular la pendiente y la altura, lo que coincide con lo reportado en otros estudios hidromorfológicos como el desarrollado por el mismo Tricart en el río Maule. Sin embargo, a diferencia de casos como el estero Nonguén (Flores, 2017), donde la urbanización ha sido identificada como el principal motor de la amenaza, en Curanilahue la influencia de las prácticas forestales aparece como un factor diferencial. La predominancia de plantaciones de *pinus radiata* y *eucalyptus globulus* ha reducido la capacidad de infiltración de los suelos y aumentado la escorrentía superficial, lo que se traduce en una mayor susceptibilidad a crecidas repentinas. De modo que la construcción social del riesgo llevada a cabo tanto por las prácticas forestales intensivas como la planificación urbana ineficiente ha desencadenado en alta exposición frente a eventos de inundación urbana para la comuna, debido a la ocupación inadecuada de las terrazas fluviales para residencia domiciliaria de gran porcentaje de la población curanilahuina y la ausencia de un plan de gestión de riesgo.

En términos de vulnerabilidad, los resultados muestran que la dimensión socioeconómica tiene un peso relevante, dado que amplios sectores de la población presentan bajos ingresos y limitada capacidad de respuesta frente a emergencias. Esto es consistente con lo señalado por Wilches-Chaux (1993) respecto a la vulnerabilidad global, donde las condiciones sociales potencian los efectos de las amenazas físicas. Sin embargo, la vulnerabilidad ecológica también emerge como un elemento crítico, especialmente a escala del sistema hidrológico de la subcuenca del río Curanilahue, por la fragmentación del paisaje y la pérdida de cobertura nativa, que repercute en respuestas deficientes del medio frente a eventos de emergencia. Esto es relevante ya que son factores que no suelen estar presentes en evaluaciones de riesgo, las cuales tienden a enfocarse en lo urbano.

Este contraste evidencia que el riesgo de inundación en Curanilahue responde a una interacción particular entre factores físicos, socioeconómicos y ecológicos, configurando un escenario que requiere ser comprendido desde la complejidad territorial, y no únicamente desde un análisis físico-hidrológico.

En este escenario juega un rol clave la metodología de análisis multicriterio empleada, es decir, la técnica AHP de jerarquización, y las herramientas SIG utilizadas para lograr llevar a cabo la metodología. La relevancia de esta repercute en la gran capacidad de integrar variantes de distintas áreas de estudio como pueden ser la geografía física y la geografía social. Por lo que considero clave continuar desarrollando manuales o guías con los parámetros adecuados para trabajar las distintas variables que están asociadas al riesgo, la vulnerabilidad y amenaza, ya que estas están presentes a lo largo de todo nuestro territorio y es

necesario conocer cuáles son los puntos críticos del lugar que habitamos, para poder trabajar en la respuesta frente a emergencias.

Bajo esta premisa se hace la observación de ausencia de información espacial adecuada en el territorio. Durante la búsqueda de una metodología adecuada e instructivos para el trabajo en software's me encontré con estudios de riesgo de inundación llevados a cabo en territorios extranjeros. Gobiernos como Colombia o Perú facilitaban grandes extensiones de información espacial detallada sobre su territorio, permitiendo llevar a cabo con facilidad este tipo de estudios.

En el caso nacional, y particularmente en el estudio realizado propiamente, la cantidad de información espacial es demasiado escasa, al punto de que algunos datos espaciales utilizados fueron facilitados por la Ilustre Municipalidad de Curanilahue, pero no eran pertenecientes al Estado, sino más bien, era información espacial levantada autónomamente por parte de la consultora encargada del desarrollo del Plan Regulador Comunal de Curanilahue. En este contexto se hace difícil poder desarrollar un estudio de riesgo con los estándares adecuados, y por consiguiente obtener los resultados esperados. Si bien las cartografías consiguen establecer un patrón espacial fidedigno a la realidad y que arroja resultados similares a los visualizados en documentos gubernamentales existentes, claramente se puede observar una desprolijidad en la cobertura espacial de los datos, la resolución espacial de estos mismos, el tamaño de píxeles, etc. Por ejemplo, los datos edafológicos son extraídos de un satélite que cubre toda la superficie del planeta, por lo que la resolución espacial de cada fotografía es inmensa, por lo que cada píxel representa a considerables extensiones de terreno, lo cual presenta una desprolijidad a la hora de desarrollar la fórmula en la calculadora ráster, ya que en el resultado se observan figuras cuadradas sin sentido alguno aparente que cubren áreas significativas. Así también ocurre con los datos socioeconómicos, los cuales se encuentran a escala manzana censal, provocando que extensiones considerables se vinculen a datos que no reflejan de la realidad del territorio, de modo que los resultados arrojados terminan siendo difíciles de interpretar y no del todo representativos.

De todas maneras, la metodología resultó ser efectiva pese a estas condiciones de investigación. Por lo que se puede afirmar que, si se invierte en la investigación, en levantamiento de información y en establecer parámetros de estudios, se puede conseguir resultados mucho mejores y consistentes con la realidad. Lo cual facilita la toma de decisiones ya que se puede identificar uno a uno que aspectos del territorio son los que están afectando de manera más significativa en el riesgo de inundación, y por consiguiente poder intervenir en ese factor específico. Puede no parecer una solución al gran problema de construcción social del riesgo que existe en la comuna, pero si es un gran paso inicial para reconocer los factores condicionantes e intervenir en ellos para conseguir reducir el impacto de los eventos de emergencia que puedan llegar a ocurrir futuramente.

## **CAPÍTULO VII: Conclusiones**

El presente estudio permitió realizar un análisis integral del riesgo de inundación en la subcuenca del río Curanilahue, a través de un enfoque metodológico basado en SIG y análisis multicriterio. Los principales hallazgos se resumen en los siguientes puntos:

1. Amenaza: se identificó que las zonas con menor altura y mayor proximidad a cauces concentran los mayores niveles de amenaza, confirmando el rol central de los factores hidromorfológicos en la configuración del riesgo. La condición de los suelos, particularmente su baja capacidad de infiltración asociada a la expansión forestal refuerza este patrón. Así mismo, se reconocen en el territorio elementos del relieve como las terrazas fluviales, caracterizadas por nulas pendientes, de igual manera se reconocen relieves accidentados en la periferia, características muy propias de una cuenca.
2. Vulnerabilidad: la vulnerabilidad socioeconómica y física destacan como dimensiones prioritarias en la exposición de la población. Sectores con viviendas de materialidad precaria, junto con bajos niveles de ingreso y reducidos años de escolaridad, presentan una mayor susceptibilidad. A su vez, la vulnerabilidad ecológica vinculada a la fragmentación y a la pérdida de cobertura nativa agrava la problemática.
3. Mapa de riesgo: la integración de amenaza y vulnerabilidad permitió generar una zonificación precisa del riesgo, en la que destacan como áreas críticas los sectores urbanos más próximos al cauce principal y a los afluentes del río Curanilahue. De modo que esto nos permite reconocer zonas críticas las cuales concentran mayor riesgo, y poder evaluar variable a variable cual es la que más incide en el grado de riesgo que representa la zona en cuestión.

En conjunto, los resultados consiguen cumplir con el objetivo general de la investigación, al lograr identificar que variantes son las que influyen en el grado de riesgo de inundación fluvial de la comuna, a su vez, jerarquizando estas mismas variantes bajo criterios establecidos a través de la metodología AHP, con recomendaciones de literatura vinculante al tema principal. Todo esto a través del método de análisis multicriterio y la implementación de herramientas SIG.

A raíz de los resultados obtenidos se evidencia la necesidad de tomar cartas en el asunto. De la mano de reconocer que factores influyen en los eventos de emergencia vinculados al riesgo de inundación, es que podemos fortalecer la planificación territorial de la comuna y elaborar planes de gestión de riesgo integrado en el territorio, teniendo en cuenta que la situación es difícil de contrarrestar en el corto plazo.

Se recomienda priorizar medidas orientadas a limitar la urbanización en zonas de alta exposición al riesgo de inundación. A su vez, comprendiendo las dinámicas del territorio y los patrones de crecimiento, se puede delimitar las áreas de ocupación en zonas de exposición, o intervenir en estas áreas a forma de reducir el impacto de las catástrofes en estos sectores. También se recomienda promover prácticas forestales que favorezcan la infiltración de aguas, esto se puede conseguir fortaleciendo la biodiversidad en los límites urbanos, en tal sentido que se recuperen los sotobosques vinculados a los cauces, y de esta manera mejorar la calidad del suelo, se recupere el equilibrio ecosistémico, y se reduzca el aumento del caudal por escorrentía superficial.

Por otro lado, si bien ya existe gran cantidad de población establecidas en zonas de alta exposición al riesgo, y que se ven fuertemente desfavorecidos por su contexto socioeconómico. Una forma de poder reducir esta situación es mejorar la disponibilidad de información espacial vinculada a estos elementos. Levantar la información espacial pertinente para poder realizar estudios, homogenizar las escalas de datos a modo de facilitar el trabajo del análisis espacial en software, establecer escalas espaciales para la administración de datos, por ejemplo: datos a escala de población, a escala de manzana censal, a escala de distrito, etc. Así mismo, fortalecer la base de datos de información socioeconómica y ambiental puede ser la forma más directa de poder aportar a reducir el impacto de desastre frente a eventos de emergencia vinculados al riesgo de inundación.

Tomando este informe como una versión beta para un estudio de riesgo de inundación fluvial en la comuna, se reconoce que deben realizarse ajustes a los parámetros y variables utilizadas, para que se consiga obtener mejores resultados, por ejemplo, altura o distancia a cauce pueden ser modificados para acotar su influencia en el análisis multicriterio. De todas formas, los resultados obtenidos son muy apegados a la realidad de la comuna, por lo que, en este estudio existe gran potencial para ser utilizado como base metodológica para futuras investigaciones, así mismo, pone sobre la mesa la evidencia de como ciertos factores influyentes en el comportamiento del riesgo se desarrollan en el territorio, lo que permite una visión especializada y detallada de cada variable, favoreciendo la toma de decisiones vinculadas a áreas específicas. Esto es valioso en un contexto tan engorroso y burocrático como lo es el nacional.

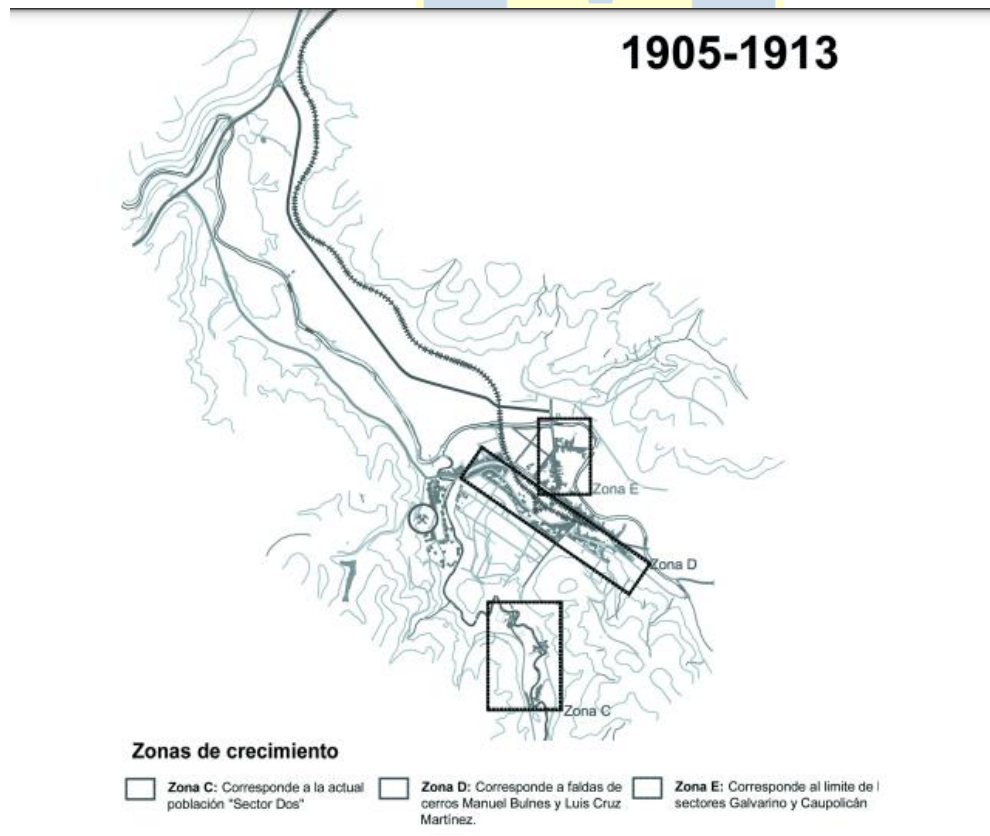
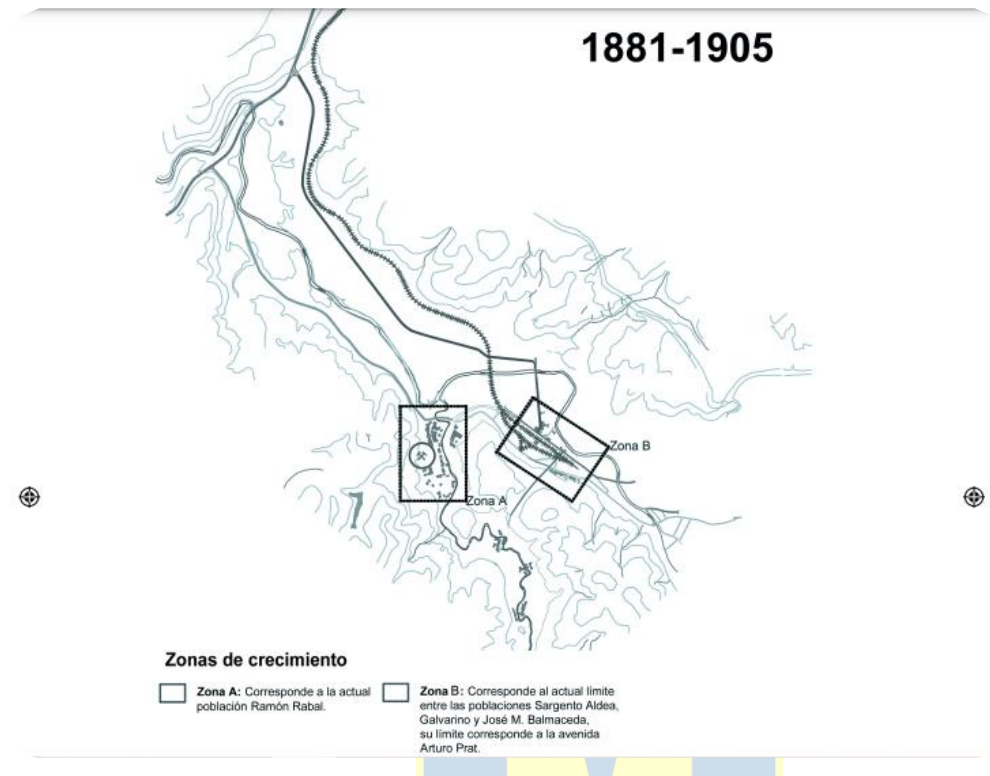
## CAPÍTULO VIII: Referencias y Anexos

### 8.1. Bibliografía preliminar

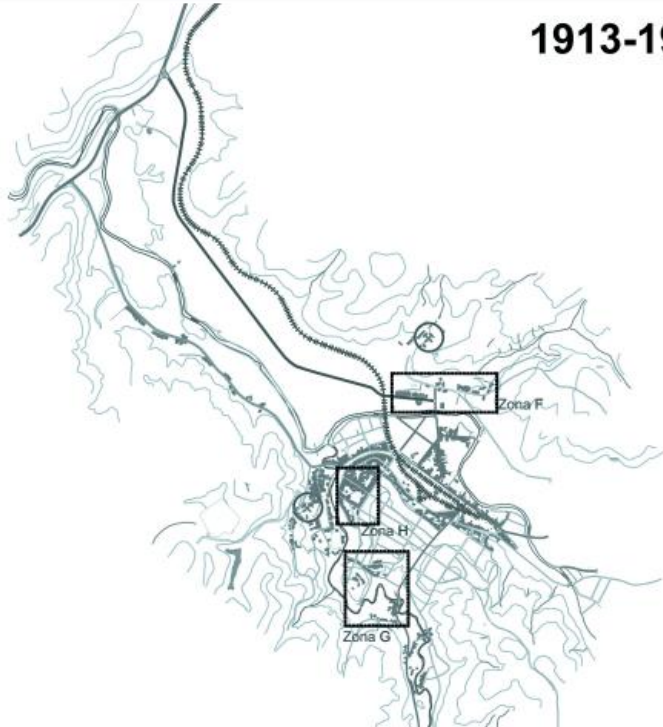
- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Una visión holística. En A. Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (pp. 51–75). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres – LA RED.
- Flores González, D. (2017). *Evaluación de riesgo de inundación fluvial en la cuenca del estero Nonguén, Área Metropolitana de Concepción, Chile* (Tesis de pregrado, Universidad de Concepción). Repositorio Universidad de Concepción.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2021). *Guía metodológica para zonificación de amenazas por movimientos en masa e inundaciones* (Resolución 458 de 2021). IGAC.
- Lavell, A. (2003). La gestión local del riesgo: Conceptos y prácticas. *Desastres y Sociedad*, (5), 1–30.
- Little, C., Lara, A., McPhee, J., & Urrutia, R. (2009). Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large-scale watersheds in south-central Chile. *Journal of Hydrology*, 374(1–2), 162–170.  
(DOI incluido solo si decides incorporarlo; es recomendable en APA 7)
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Maskrey, A. (1993). *Los desastres no son naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres – LA RED.
- Melin, M., Mansilla, P., & Royo, M. (s.f.). *Descolonizando el mapa del Wallmapu: Construyendo cartografía cultural en territorio mapuche* (1.ª ed.). Pu Lof Editores.
- Oyarzún, C., Huber, A., & Frêne, C. (2005). Impacto de plantaciones forestales sobre el ciclo hidrológico. En A. Lara, C. Little, & J. C. Aravena (Eds.), *La situación forestal en Chile: conservación y manejo sustentable de los bosques nativos* (pp. 123–135). Universidad Austral de Chile & WWF.
- Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1569–1578.
- Tricart, J. (1971). Reconocimiento geomorfológico en la cuenca del río Maule: Primera parte. *Investigaciones Geográficas*, (4), 25–38.
- Tricart, J. (1977). Le relais de la dynamique du relief sur l'action de l'eau, son utilisation en géomorphologie appliquée. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 26(4), 129–138.
- Wilches-Chaux, G. (1993). *La vulnerabilidad global*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed.). Routledge.

## 8.2. Anexos

### Anexo 1:



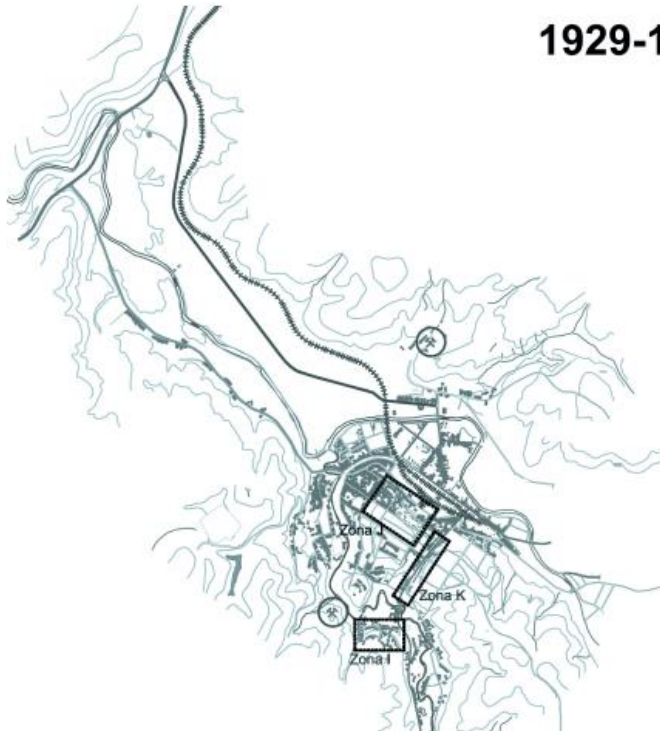
## 1913-1929



### Zonas de crecimiento

- Zona F: Corresponde a la actual población Cerro Verde y La Tosca
- Zona G: Corresponde al sector Cerro la Perdiz, camino a Plegarias
- Zona H: Corresponde a faldas de los cerros del Sector 12, frente a población R. Rabal..

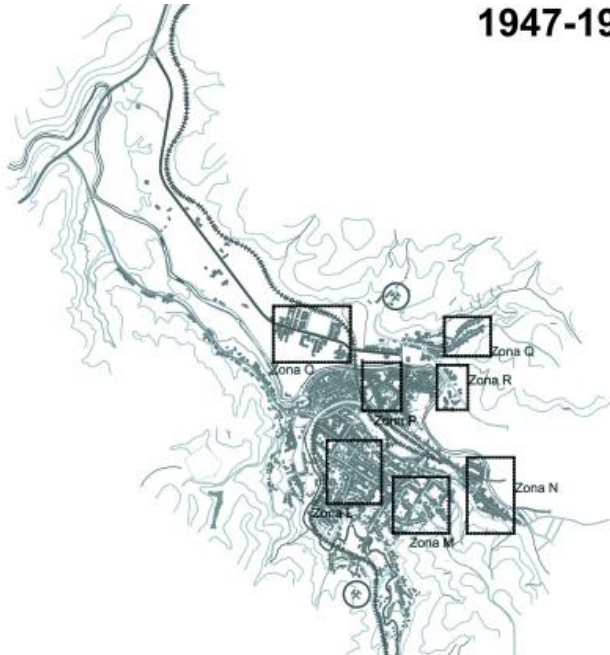
## 1929-1947



### Zonas de crecimiento

- Zona I: Corresponde al aumento de viviendas en el actual Sector Dos
- Zona J: Corresponde a la ocupación de los cerros del Sector 12, y Buln frente a la población R. Rabal..
- Zona K: Viviendas en actual calle Ignacio Serrano hacia el Sector Dos.

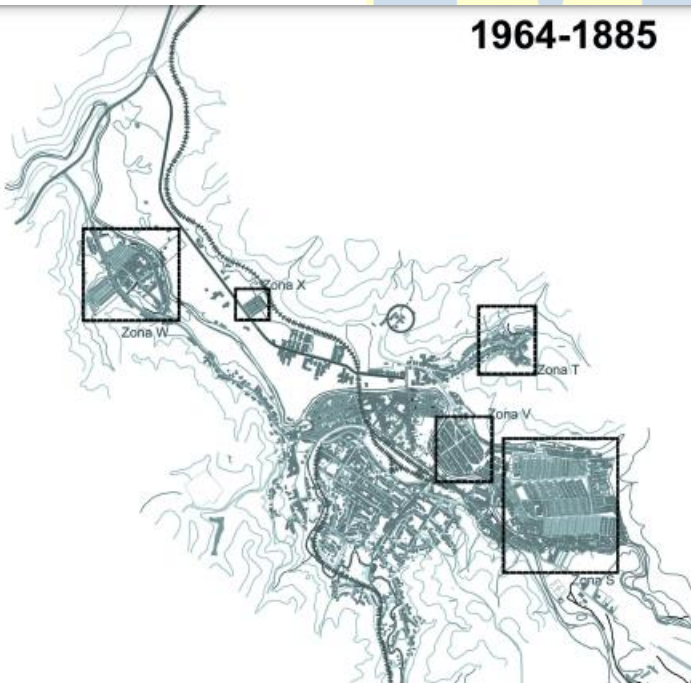
## 1947-1964



### Zonas de crecimiento

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> <b>Zona L:</b> Corresponde al aumento de viviendas los actuales sectores Ocho y Diez           | <input type="checkbox"/> <b>Zona M:</b> Corresponde a la ocupación del cerro Manuel Bulnes               | <input type="checkbox"/> <b>Zona N:</b> Corresponde al aumento de viviendas en el actual Sector Pedro Aguirre Cerda. |
| <input type="checkbox"/> <b>Zona O:</b> Viviendas en torno a la actual calle O'Higgins, principal acceso a Curanilahue. | <input type="checkbox"/> <b>Zona P:</b> Corresponde a la ocupación de la zona céntrica, sector Balmaceda | <input type="checkbox"/> <b>Zona Q:</b> Viviendas en actual población Cerro Verde.                                   |

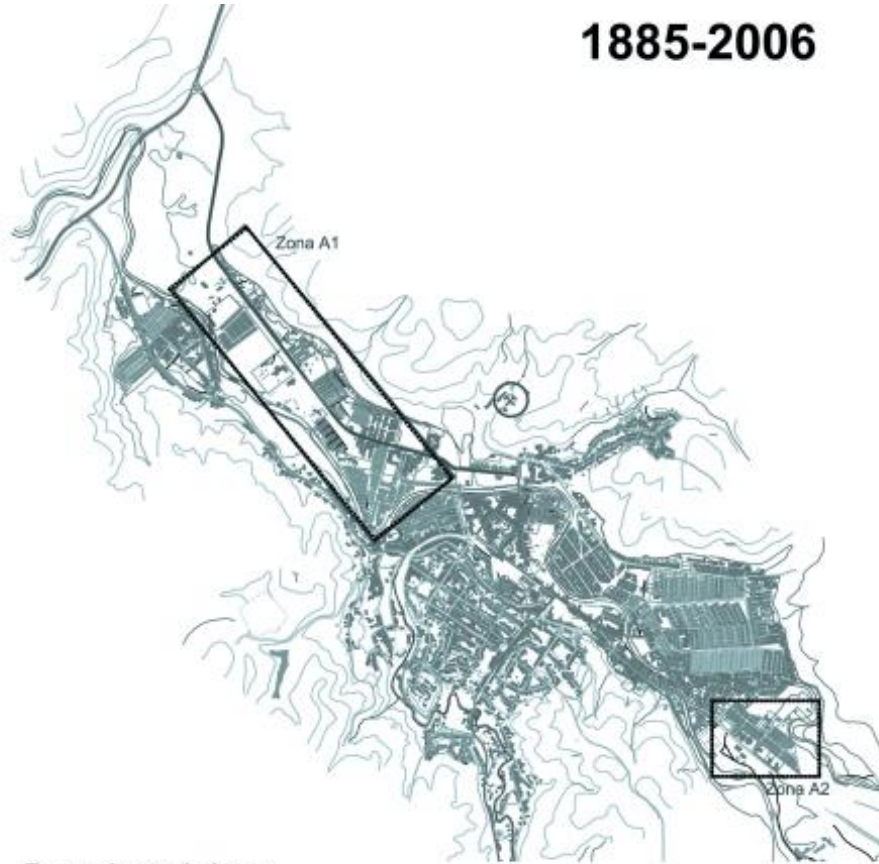
## 1964-1985



### Zonas de crecimiento

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> <b>Zona S:</b> Corresponde la construcción de la población Eleuterio Ramirez        | <input type="checkbox"/> <b>Zona T:</b> Extensión en la ocupación del sector Cerro Verde.                               | <input type="checkbox"/> <b>Zona V:</b> Corresponde al aumento de viviendas en el actual sector Sargento Aldea |
| <input type="checkbox"/> <b>Zona W:</b> Desarrollo de sector Chillanco en el acceso noroeste de Curanilahue. | <input type="checkbox"/> <b>Zona X:</b> Viviendas en torno a la actual calle O'Higgins, principal acceso a Curanilahue. |  |

# 1885-2006



## Zonas de crecimiento

**Zona A1:** Construcción de loteos de viviendas en el acceso norte, su continuidad hace que la ciudad crezca, se expanda e integre.

**Zona A2:** Crecimiento hacia la periferia, en el sector sureste del asentamiento.



Anexo 2:

Estacion Estero Plegarias (08700003-6)

AÑO: 2024																								
DIA	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I
1					0,13	0	0,32	0	0,68	0	0,72	0	3,38	0	19,80	0	1,48	0	2,24	0	0,91	0	0,53	0
2					0,13	0	0,39	0	0,60	0	0,70	0	3,59	0	14,30	0	1,86	0	2,04	0	0,88	0	0,54	0
3					0,13	0	0,41	0	0,83	0	0,67	0	3,15	0	6,42	0	1,80	0	1,85	0	0,89	0	0,51	0
4					0,13	0	0,37	0	1,44	0	0,66	0	2,86	0	4,88	0	1,71	0	1,71	0	0,99	0	0,50	0
5					0,12	0	0,36	0	1,03	0	3,22	0	2,64	0	5,52	0	1,67	0	1,59	0	0,92	0	0,51	0
6					0,12	0	0,34	0	1,54	0	4,92	0	2,46	0	4,45	0	1,68	0	1,49	0	0,87	0	0,50	0
7					0,12	0	0,34	0	2,73	0	3,02	0	2,27	0	3,79	0	1,60	0	1,41	0	0,83	0	0,48	0
8					0,14	0	0,32	0	1,68	0	3,86	0	2,12	0	3,31	0	1,52	0	1,34	0	0,81	0	0,46	0
9					0,14	0	0,32	0	1,48	0	6,06	0	2,00	0	2,91	0	1,48	0	1,29	0	0,82	0	0,45	0
10					0,13	0	0,32	0	1,30	0	7,06	0	1,90	0	2,63	0	1,54	0	1,24	0	0,78	0	0,44	0
11					0,13	0	0,32	0	1,15	0	26,70	0	1,80	0	2,41	0	1,45	0	1,27	0	0,76	0	0,44	0

12					0,16	0	0,30	0	1,06	0	45,10	0	1,70	0	2,25	0	1,39	0	1,21	0	0,81	0	0,46	0
13					0,14	0	0,30	0	0,99	0			1,64	0	2,11	0	1,34	0	1,24	0	0,83	0	0,43	0
14					0,13	0	0,30	0	0,93	0			1,58	0	2,02	0	1,29	0	1,19	0	0,78	0	0,42	0
15					0,13	0	0,29	0	0,90	0			1,52	0	1,91	0	1,24	0	1,16	0	0,78	0	0,40	0
16					0,12	0	0,34	0	0,84	0			1,48	0	1,80	0	1,22	0	1,15	0	0,75	0	0,41	0
17					0,12	0	0,43	0	0,78	0			1,45	0	1,73	0	1,19	0	1,23	0	0,69	0	0,40	0
18					0,12	0	0,35	0	0,76	0			1,43	0	1,65	0	1,21	0	1,13	0	0,68	0	0,40	0
19					0,12	0	0,32	0	0,75	0			1,39	0	1,59	0	1,52	0	1,09	0	0,66	0	0,40	0
20					0,46	0	0,31	0	0,79	0			1,35	0	1,55	0	1,50	0	1,28	0	0,67	0		
21					0,45	0	0,30	0	0,77	0			1,30	0	1,69	0	2,38	0	1,30	0	0,69	0		
22					0,40	0	0,42	0	0,74	0			1,27	0	1,70	0	2,33	0	1,22	0	0,67	0		
23					0,44	0	0,35	0	0,73	0			1,24	0	1,63	0	2,31	0	1,17	0	0,68	0		
24					0,42	0	0,34	0	0,72	0			1,20	0	1,58	0	2,14	0	1,13	0	0,66	0		
25					0,40	0	0,35	0	0,70	0			1,24	0	1,56	0			1,08	0	0,63	0		
26					0,37	0	0,36	0	0,69	0			1,22	0	1,53	0			1,03	0	0,63	0		
27					0,37	0	0,34	0	0,67	0			1,18	0	1,47	0			0,98	0	0,60	0		
28					0,35	0	0,34	0	0,71	0			1,14	0	1,54	0			0,95	0	0,58	0		
29					0,34	0	1,03	0	0,85	0			1,11	0	1,52	0			0,94	0	0,57	0		
30					0,34	0	0,85	0	0,70	0			1,09	0	1,48	0			0,91	0	0,56	0		
31					0,33	0			0,70	0			1,38	0	1,45	0			0,87	0				

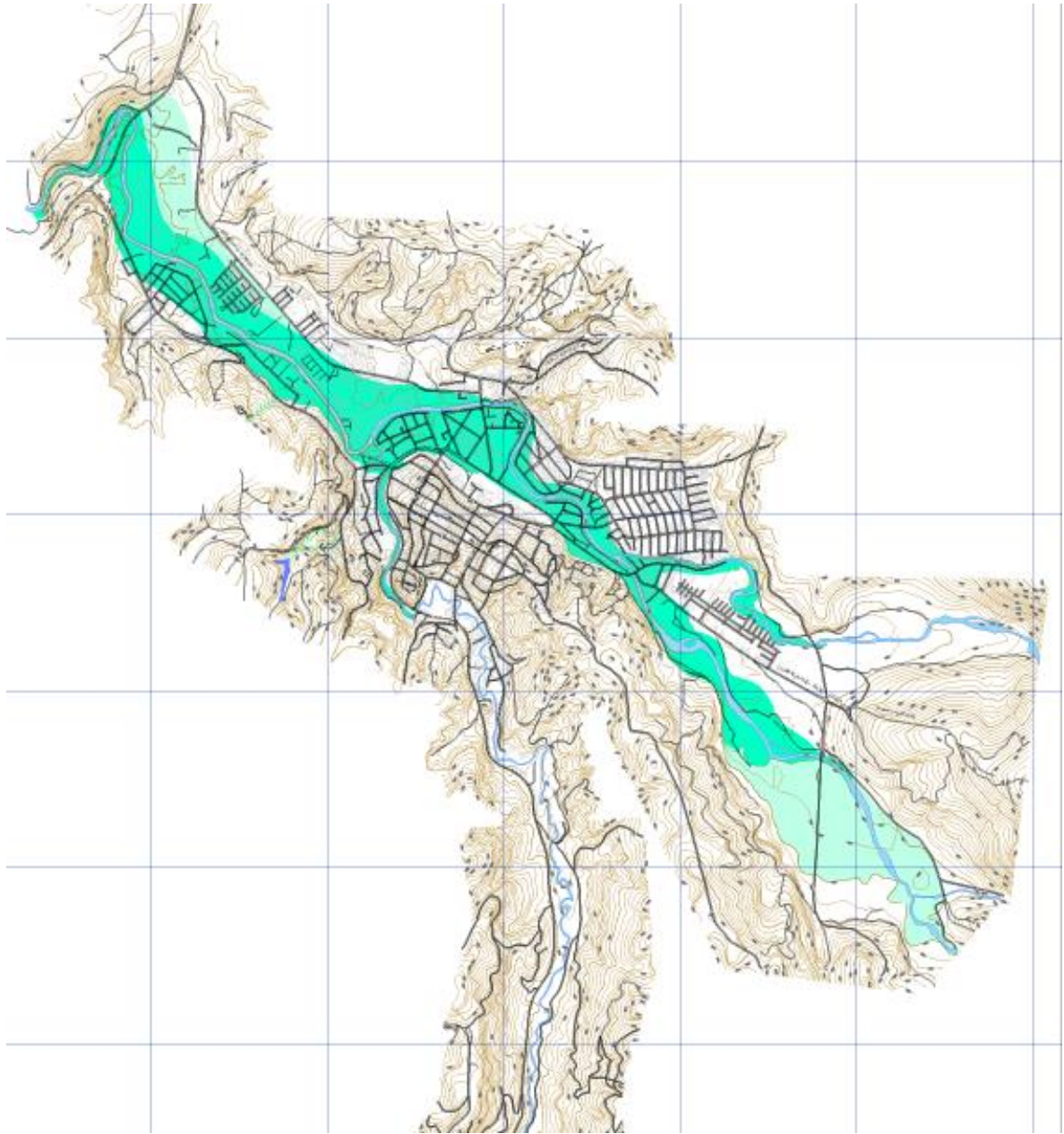
Estacion Río Curanilahue (08700002-8)

AÑO: 2024																									
DIA	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I	
1																			23,60	0	7,00	0	2,55	0	
2																				21,00	0	7,59	0	2,49	0
3																				19,80	0	7,43	0	2,41	0
4																				19,20	0	8,70	0	2,36	0
5																				19,40	0	5,03	0	2,38	0
6																				19,00	0	4,47	0	2,33	0
7																				16,60	0	4,11	0	2,13	0
8																				13,50	0	3,51	0	2,03	0
9																						4,67	0	1,84	0
10																						5,29	0	1,79	0
11																						5,51	0	2,14	0
12																				10,40	0	5,54	0	2,08	0
13																				9,70	0	4,77	0	2,02	0
14																				6,18	0	4,15	0	1,98	0
15																				6,49	0	4,23	0	1,94	0
16																				6,43	0	4,00	0	1,94	0
17																				6,01	0	3,86	0	1,92	0





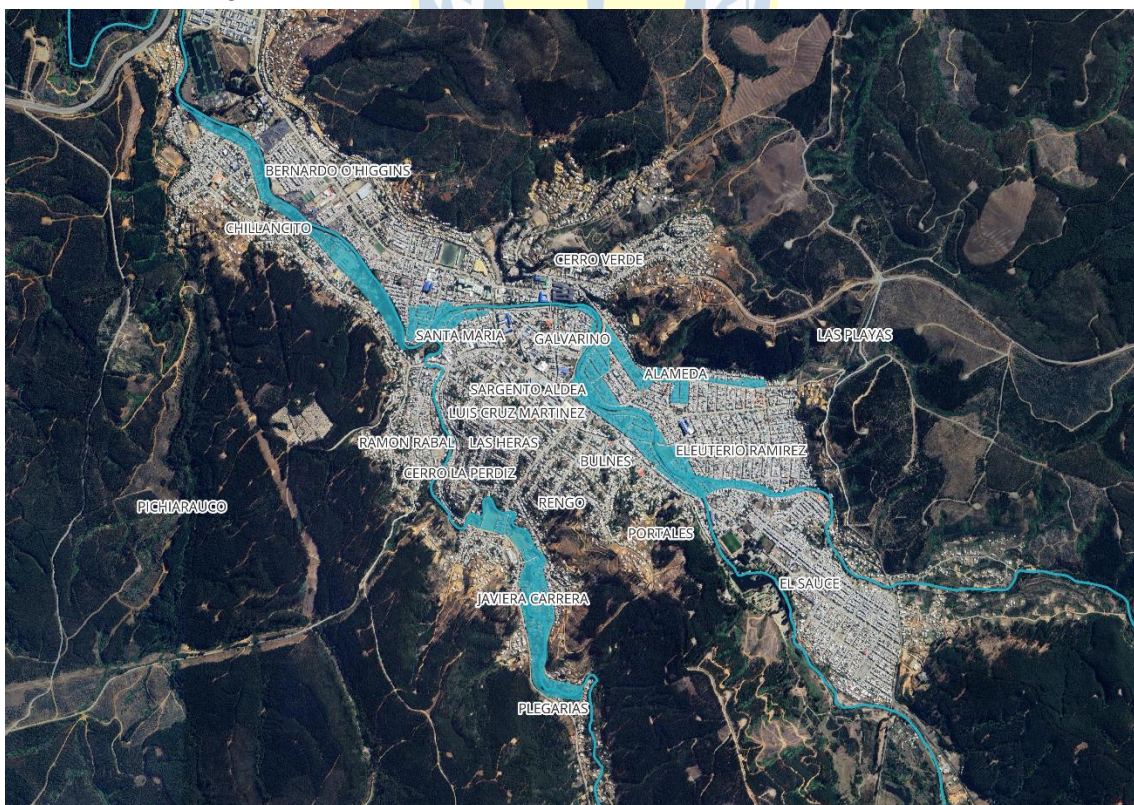
Anexo 4:



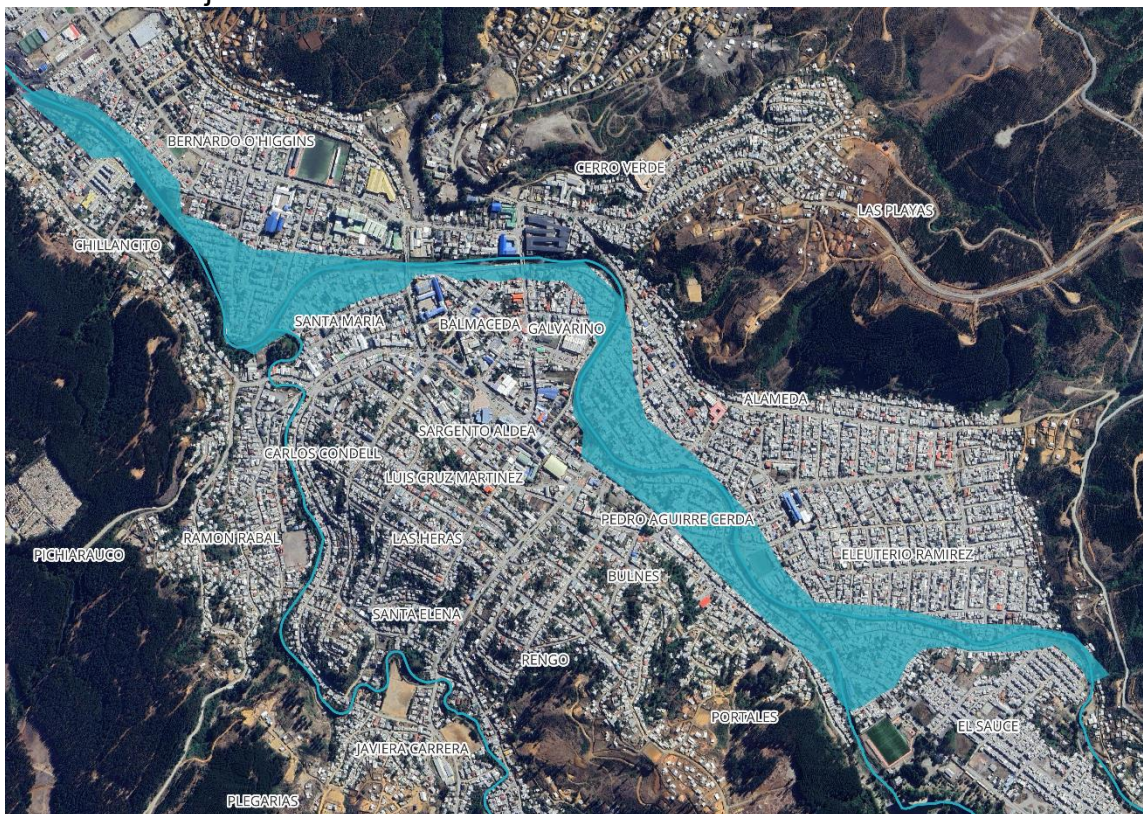
### Anexo 5:



### Anexo 6: Inundaciones 2017



## Inundaciones junio 2024



## Inundaciones Agosto 2024

