

PLAN REGULADOR LINARES

SEREMI MINVU REGIÓN DEL MAULE



INFORME DE RIESGOS / MODIFICACIÓN PRC LINARES

ARTÍCULO 27 DEL DECRETO N° 104 DEL MINISTERIO DEL INTERIOR DE 1977

Junio 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Desiderio Velis Cabello'.

Desiderio Alejandro Velis Cabello
Geógrafo
Especialista en riesgos



ÍNDICE

1	ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	4
1.1	Introducción.....	4
1.2	Objetivos del estudio.....	4
1.3	Área de estudio.....	5
1.4	Alcances y limitaciones.....	5
1.5	Marco jurídico.....	6
2	Línea de base medio físico y natural	8
2.1	Clima.....	8
2.2	Hidrografía.....	10
2.3	Hidrogeología.....	12
2.4	Marco Geológico.....	15
2.5	Geomorfología.....	16
2.6	Clases de capacidad de uso de suelo.....	20
2.7	Catastro de riegos área de estudio.....	25
3	Antecedentes teóricos sobre el riesgo.....	38
3.1	Riesgo de Inundación y Anegamiento.....	38
4	Visitas a terreno.....	40
5	Metodología.....	44
5.1	Inundación y desbordes.....	45
6	Áreas de riesgo.....	47
6.1	Inundaciones por desborde de cauces y anegamientos.....	49
7	Conclusiones.....	51
8	Referencias.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de estudio.....	5
Figura 2 Cuenca del Río Maule	12
Figura 3 Carta Hidrológica	14
Figura 4 Mapa Geológico del área de estudio	16
Figura 5 Marco Geomorfológico de área de estudio.....	20
Figura 6 Clases de capacidad de uso de suelo	24
Figura 7 Causas generadoras puntos críticos programa invierno 2024 SENAPRED.....	28
Figura 8 Imagen satelital Sentinel 2LA2 26/06/2023	34
Figura 9 Imagen satelital Sentinel 2LA2 27/08/2023	35
Figura 10 Terrazas de inundación con periodos de retorno hipotéticos	39
Figura 11 Muestra registro fotográfico terreno diciembre 2023	41
Figura 12 Campaña terreno diciembre 2023	42
Figura 13 Perfil topográfico y susceptibilidad de inundación sector Ancoa	49
Figura 14 Áreas de riesgo de inundación por desborde de cauces.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Síntesis Línea base (1980 - 2010) - escenario 2050	9
Tabla 2 Línea base (1980 - 2010) - escenario 2050	9
Tabla 3 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm), 5 estaciones área comunal: 01/01/2007 - 01/01/2021	10
Tabla 3 Datos cuenca Río Maule.....	13
Tabla 5 Clase de suelos por superficie en la Intercomuna	22
Tabla 6 Registro de riesgos naturales por Desinventar Sendai para comuna de Liare	25
Tabla 7 Causas generadoras de puntos críticos de invierno 2024	26
Tabla 8 Homologación entre “áreas de riesgo” según el artículo 2.1.17 de la OGUC y la nomenclatura utilizada en este estudio	47
Tabla 9 Resumen de factores que condicionan y desencadenan cada peligro geológico y criterios de zonificación de la susceptibilidad	48

1 ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

1.1 Introducción

La comuna de Linares fue declarada zona afectada por catástrofe mediante el Decreto N° 219, publicado el 21 de agosto de 2023, declaración que abarca la totalidad de la Región del Maule. Esta situación se originó debido a un sistema frontal caracterizado por intensas precipitaciones que afectó a diversas regiones del centro-sur del país.

Producto de estas precipitaciones, se generaron inundaciones en una serie de sectores del territorio de la comuna de Linares, por lo cual mediante este estudio se busca establecer las áreas inundables o potencialmente inundables ubicadas en parte del territorio rural de la comuna

1.2 Objetivos del estudio

El objetivo de este trabajo es generar un estudio fundado de riesgos, identificando y delimitando en el área de estudio los riesgos de inundación que han de ser incorporados y/o adecuados en el estudio del Plan Regulador Comunal, de acuerdo con lo señalado por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

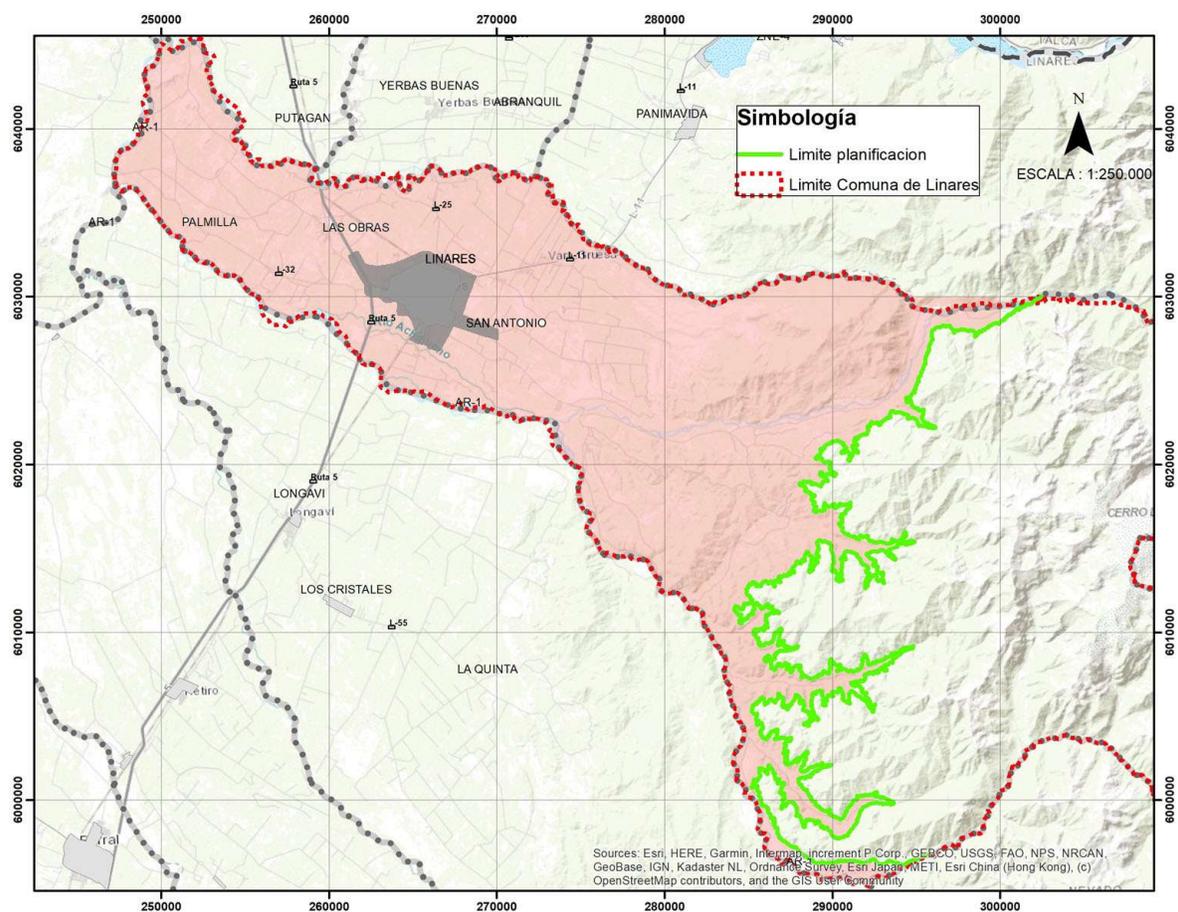
Los objetivos específicos de este estudio consisten en:

- Elaborar una Línea de base del medio físico y natural a través de información secundaria y primaria levantada en terreno.
- Elaborar de un catastro, descripción y reconocimiento de las inundaciones que han afectado el área de estudio, así como sus factores condicionantes y detonantes.
- Identificar y describir los tipos de riesgos presentes en el área de estudio.
- Delimitar las áreas de riesgos en el área de estudio, para ser incorporadas al Plan Regulador Comunal.

1.3 Área de estudio

El área de estudio comprende los límites administrativos de la comuna de Linares (Norte, Sur y Oeste) y en el sector oriente corresponde a la intersección de la cota 600 m s.n.m. con el límite comunal norte (cauce del río Putagan) y se dirige con dirección sur hasta intersectar el límite comunal sur (cauce del río Achibueno), excluyendo el área urbana vigente.

Figura 1 Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

1.4 Alcances y limitaciones

Para este estudio se realizó una compilación de referencias bibliográficas, antecedentes históricos, revisión de imágenes satelitales (Service Layer Credits: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community) visitas a terreno y la evaluación de los distintos factores condicionantes para zonificar las áreas susceptibles a ser afectadas por un peligro geológico, a una escala 1:25.000 (considerando que la gran mayoría de la información geológica está a una escala mayor a 1:250.000).

Como información base, se consideró:

- **Cartografía digital Instituto Geográfico Militar escala 1:50.000, Región del Maule.**
- **DEM Alos Palsar Región del Maule, 12.5x12.5 mts por pixel, año 2018**
- **Imagen satelital Sentinel T19HBA_20230826T143731_TCI_10m.jp2 de 10x10 mts por pixel de fecha 26 de agosto 2023**
- **Estudio de riesgos “Plan Regulador Intercomunal de Linares” 2012**

Se debe destacar que los resultados de este trabajo no deberían ser utilizados a una escala más detallada que la de referencia, ya que esto podría llevar a errores en la interpretación.

El resultado de este estudio corresponde a mapas de factores condicionantes, principalmente morfológicos y geológicos, y mapas inventarios. A partir del análisis de los anteriores, se generaron mapas de susceptibilidad para los peligros geológicos reconocidos en la zona a escala 1:25.000.

1.5 Marco jurídico

El marco jurídico en el cual se desarrolla el estudio corresponde al siguiente:

Artículo 27 del decreto N° 104 del Ministerio del Interior de 1977, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Título I de la ley No 16.282 sobre Disposiciones Permanentes para casos de Sismos y Catástrofes, que en su inciso primero indica:

“A solicitud de una Municipalidad afectada por sismo o catástrofe, el Presidente de la República, mediante decreto supremo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, podrá aprobar planes reguladores, planes seccionales o modificaciones de los mismos, necesarios para resolver las dificultades originadas por sismo o catástrofe, o para implementar el plan de reconstrucción regional o municipal debiendo dictarse el decreto supremo correspondiente. Para tal efecto no se requerirán aprobaciones o pronunciamientos de otros organismos del Estado”

La comuna de Linares fue declarada zona afectada por catástrofe mediante el Decreto N° 219, publicado el 21 de agosto de 2023, y esta declaración abarca la totalidad de la Región del Maule. Esta situación se originó debido a un sistema frontal caracterizado por intensas precipitaciones que afectó a diversas regiones del centro-sur del país.

La Comuna cuenta con un Plan Regulador Comunal, aprobado por resolución N° 92, del 25 de agosto de 2017, del Gobierno Regional del Maule, publicado en el Diario Oficial el 04 de diciembre de 2017

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su apartado 2.1.17 “Disposiciones complementarias” indica que en los planes reguladores podrán definir áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas se denominarán “áreas de riesgo” o “zonas no edificables”, según sea el caso, de acuerdo con la siguiente descripción.

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

subsanan o mitigar tales efectos. En el marco del presente estudio, “áreas de riesgo” son definidas como las zonas susceptibles a ser afectadas por un “peligro geológico”.

Las “zonas no edificables” corresponderán a aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa, tales como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos, u otras similares, establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

Para los fines específicos de este informe y de acuerdo con la OGUC, respecto de las “áreas de riesgo” para el caso de las Zonas inundables o potencialmente inundables estas se determinarán en base a las siguientes características:

1. **Zonas inundables o potencialmente inundables:** *debido a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.*

De acuerdo con las definiciones utilizadas en este informe, corresponde a las áreas de riesgo por desbordes de cauces y anegamiento.

Es importante considerar que, para autorizar proyectos a emplazarse en áreas de riesgo, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso de edificación un Estudio Fundado, elaborado por profesional especialista y aprobado por el organismo competente, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida si corresponde la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, conforme a la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Para estudios de mayor detalle se requiere una topografía a menor escala en los cauces y laderas en el área urbana. Por lo anterior, se debe destacar que los resultados de este trabajo no deberían ser utilizados a una escala más detallada que la de referencia, ya que esto podría llevar a errores en la planificación territorial. Para estudios con mayor nivel de detalle, se deberán hacer estudios específicos y a escala de ingeniería de detalle (levantamientos de topografía).

Las “Áreas de Riesgo” corresponderán a zonas con distintos niveles de susceptibilidad ante un determinado proceso, evaluada como la superposición de antecedentes, no determinándose niveles de peligrosidad o probabilidad de ocurrencia en el tiempo. La definición de áreas de riesgo estará acotada al límite comunal, independiente que el análisis haya incorporado áreas que quedan fuera de la comuna.

2 LÍNEA DE BASE MEDIO FÍSICO Y NATURAL

2.1 Clima

El clima en el área de estudio se caracteriza por la existencia de un verano predominantemente seco; un invierno húmedo, generalmente cubierto de nubes, lluvioso y frío; y una primavera y otoño de carácter transicional. La cordillera de la costa impide que la acción moderadora del mar se haga sentir en la depresión central, generando una significativa amplitud de temperaturas anuales, situación que es común en la mayor parte de la depresión central entre la región Metropolitana y la región del Biobío. Pese a esto, los grandes valles, como el del río Mataquito y del Maule, proporcionan vías ocasionales para que durante el día las brisas marinas puedan acceder hacia el este.

La precipitación media anual en la cuenca del río Maule es del orden de 1000 mm, con valores que oscilan entre 800 mm y 1200 mm al oeste de la cordillera de los Andes. Hacia el este, internándose en la cordillera, las precipitaciones medias anuales aumentan, llegando a los 3000 mm en torno a la Laguna del Maule.

En sectores puntuales de la hoya del río Maule, se han registrado precipitaciones diarias anormalmente altas, que alcanzan valores de 241 mm a 334 mm en 24 horas (Ramírez, 1974). Este tipo de precipitaciones puntuales, anormalmente intensas, provocan bruscos incrementos en el caudal de los ríos, pudiendo llegar a ser diez veces su caudal medio normal en algunos sectores, con el consecuente aumento significativo de carga sedimentaria.

Antecedentes sobre Cambio Climático

De acuerdo al estudio “Normales climatológica Región del Maule 2016”, del Ministerio del Medio Ambiente, los valores consignados en el estudio representan a las “normales” climatológicas del periodo reciente 1980-2015. Ellos fueron tomados de estaciones que disponían de series continuas de datos y que no habían sufrido cambios de instrumental o de localización durante el periodo. Esta información es complementaria a la entregada en el estudio “Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: línea base (1980-2010) y proyección al año 2050”, encomendado por el Ministerio del Medio Ambiente.

En cuanto a los resultados de los estudios y datos publicados por el Ministerio de Medio Ambiente (temperatura en la comuna, se observa un aumento de la temperatura media anual de 1.6° a 2.2°C, de acuerdo a la proyección del escenario del año 2050.

Respecto de los resultados de las precipitaciones en la comuna, se observa una disminución de la precipitación normal anual, mayor a 253 mm, respecto de la proyección del escenario del año 2050, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1 Síntesis Línea base (1980 - 2010) - escenario 2050

Temed	Tjmed	PPA
2,2	1,6	-253

Fuente: Elaboración propia

Detalle de los escenarios para evaluar la temática del cambio climático en la comuna se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 2 Línea base (1980 - 2010) - escenario 2050

ESCENARIO	TXE	TNE	TXJ	TNJ	Temed	Tjmed	PPA	PPA MIN	PPA MAX
LINEA BASE (1980 - 2010)	28,5	9,3	9,4	1,9	16,4	5,3	1656	1330	2077
ESCENARIO 2050	30,9	11,4	11,1	3,4	18,6	6,9	1403	1124	1763
DIFERENCIA	2,6	2,1	1,7	1,5	2,2	1,6	-253	-206	-314
TXE: Temperatura máxima estival (Máxima media del mes más cálido, ENERO).									
TNE: Temperatura mínima estival (Mínima media del mes más cálido, ENERO).									
TXJ: Temperatura máxima invernal (Máxima media del mes más frío, JULIO).									
TNJ: Temperatura mínima invernal (Mínima media del mes más frío, JULIO).									
Temed: Temperatura media del período estival (Diciembre - Enero - Febrero).									
Tjmed: Temperatura media del período invernal (Junio - Julio - Agosto).									
PPA: Precipitación normal anual.									
PPA MIN: Precipitación anual más baja en cada subcomuna.									
PPA MAX: Precipitación anual más alta en cada subcomuna.									

Fuente: <http://basedigitaldelclima.mma.gob.cl>

Precipitaciones

El concepto central de la hidrología es el ciclo hidrológico, entendiéndose por tal al proceso completo de circulación y distribución de agua en la atmósfera, mar y tierra, siendo uno de los componentes de este ciclo las precipitaciones. Las características pluviométricas de mayor interés ecológico son: la magnitud de la precipitación, medida en mm; duración de la lluvia; la intensidad, medida en mm/h, y finalmente la frecuencia.

De acuerdo a los registros de precipitaciones máximas en 24 hrs para la comuna de Linares se puede observar que los mayores registros en magnitud corresponden a sectores precordilleranos (Hornillo, Ancoa embalse y Río Ancoa en el Morro) donde por efecto de altitud se producen precipitaciones de mayor intensidad. Dichas intensidades sobre 60 mm en 24 hrs pueden generar deslizamientos de flujos e inundaciones por desborde de cauces.

Tabla 3 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm), 5 estaciones área comunal: 01/01/2007 - 01/01/2021

AÑO	LINARES		LIGUAY		HORNILLO		ANCOA EMBALSE		RIO ANCOA EN EL MORRO	
	FECHA	MAX 24 HS(mm)	FECHA	MAX 24 HS(mm)	FECHA	MAX 24 HS(mm)	FECHA	MAX 24 HS(mm)	FECHA	MAX 24 HS(mm)
2007	15/02	63,50	15/02	49,50	19/06	76,00	14/08	56,00	14/08	65,00
2008	19/05	76,70	27/04	50,00	21/05	290,00	19/05	153,00	19/05	152,50
2009	14/08	65,50	18/06	49,00	14/08	203,00	14/08	122,50	14/08	126,50
2010	14/06	59,00	13/06	49,50	17/06	146,00	17/06	88,00	14/06	87,50
2011	18/06	66,50	14/07	49,50	18/06	106,00	14/07	94,00	14/07	97,00
2012	26/05	82,50	26/05	49,00	18/12	85,50	26/05	110,50	26/05	104,70
2013	27/06	71,40	27/06	47,00	27/06	124,00	02/07	113,00	02/07	89,10
2014	03/06	52,80	03/06	48,80	11/06	77,00	11/06	87,50	02/05	69,75
2015	11/07	82,00	11/07	58,00	11/07	160,00	11/07	123,00	11/07	107,70
2016	13/07	29,60	22/04	23,00	13/07	94,00	22/04	67,50	13/07	80,00
2017	24/06	76,90	29/09	48,00	16/06	138,00	24/06	115,00	24/06	98,80
2018	13/12	2,80	13/12	4,00	13/12	6,50			13/12	12,10
2019	13/06	34,20	13/06	26,80	05/06	78,00			03/05	50,80
2020	28/06	60,00	28/06	55,50	28/06	146,50			28/06	139,20
2021	29/01	35,20	24/06	25,00			15/03	3,40		

Fuente: www.dga.cl

2.2 Hidrografía

La cuenca del río Maule tiene una superficie aproximada de 21.000 km, siendo la cuarta más importante en extensión a nivel nacional, cubriendo además de la región del Maule parte de la región del Biobío.

Alimentada por un régimen hidrológico nivo-pluvial, la cuenca del río Maule presenta en sus zonas altas y medias un régimen completamente nival, lo que conlleva a un gran aumento de caudal en los meses de primavera, producto de los deshielos cordilleranos. En las zonas bajas presenta un régimen pluvial, por lo cual presenta crecidas asociadas directamente con las precipitaciones.

El río Maule nace en el extremo norponiente de la laguna del Maule, corre por 6 km al norte y luego hacia el noreste por un lecho angosto y encajonado por altas montañas. A 31 km de su nacimiento se le une el río Puelche y a partir de ese punto toma rumbo definitivo al norponiente, que mantendrá hasta su desembocadura después de recorrer 240 km. A 90 km de su origen, el Maule expande su cauce para atravesar, en un recorrido de 80 km, la llanura aluvial central y penetrar en la cordillera de la Costa, donde se le une por el norte el río Claro, uno de los más importante de sus tributarios.

A partir de esa junta corre confinado por cerros de la cadena costera y sólo en sus 10 últimos kilómetros se ensanchan en un estuario que en su boca tiene cerca de 900 m de ancho. En esta travesía por la cordillera de la Costa, el Maule recibe escasos afluentes, que solo llevan aguas en la época de lluvias; el principal es el estero Los Puercos, que drena el amplio valle de Pencahue. En cambio, los más importantes tributarios provienen de la cordillera andina, aunque muchos de ellos se le unen en la depresión intermedia.

El río Maule recibe tributarios de envergadura entre los que se cuenta el río Puelche y el río Cipreses, efluente de la laguna de la Invernada de 5 km².

El río Maule aumenta considerablemente su caudal a 75 km de su nacimiento, al recibir el río Melado como afluente por el sur. El río Melado mantiene un rumbo de sur a norte y constituye un típico valle interandino longitudinal. En su recorrido de 7 km queda flanqueado a su izquierda por el cordón Melado, que ostenta cumbres sobre 2.500 msnm, y lo separa de las cuencas de los ríos Longaví, Achibueno y Ancoa (subtributarios del propio Maule). El río Guaiquivilo, tributario al río Melado, nace de la confluencia de los ríos Cajón de Troncoso y Paraleo. El primero drena un amplio sector fronterizo mientras que el segundo desagua en la Laguna Dial situada a unos 70 km aguas arriba de esa junta.

De la cadena del río Melado descienden hacia el río Guaiquivilo numerosos arroyos que profundizan los cajones glaciales, escindiendo las montañas. Por la ribera derecha, el más importante afluente del río Melado es el río San Pedro o La Puente, que se genera en un glaciar relacionado al volcán San Pedro o Las Yeguas. A partir de esa junta, el río deja de llamarse Guaiquivilo para tomar el nombre de Melado.

El río Maule atraviesa la mayor parte de la llanura aluvial del valle central sin recibir tributarios. Los ríos generados en la cordillera de Los Andes aquí corren más bien paralelos a su curso y son captados por el río Loncomilla, que drena toda la cuenca sur, y por el Claro, que colecta las aguas del sector norte.

El afluente más importante del río Maule, es el río Loncomilla, el cual se le une por el sur, cerca de San Javier. Su cauce, ancho y de baja pendiente, se sitúa paralelo junto al flanco oriental de la cordillera de la Costa. Este río se forma a partir de la confluencia de los ríos Longaví y Perquilauquén, que proceden del oriente y sur respectivamente. Recorre 36 km pausadamente, pudiendo ser navegado hacia el norte por lanchas planas o de escaso calado. Por su ribera poniente recibe como afluentes solo dos esteros de poca monta, mientras que por su ribera oriente recibe dos ríos importantes, los ríos Achibueno y Putagán, aparte de otros menores.

El afluente más importante de la ribera derecha del río Loncomilla es el río Achibueno, tanto que algunos autores consideran que el río Loncomilla se forma a partir de su junta. Su curso superior se desarrolla al occidente del cordón Melado, también confinado por elevadas montañas de Los Andes, y nace en la laguna homónima al pie oriental del nevado Longaví. En este primer tramo recibe, especialmente por su flanco derecho, varios torrentes que descienden de esa cordillera.

El sector norte de la hoya del río Maule es drenado por el río Claro, cuyo curso superior corre paralelo al río Lontué, afluente del río Mataquito, del cual le separan apenas 8 km. Su red de captación en la cordillera es de tipo dendrítico, con múltiples ramificaciones dominadas por el volcán Descabezado Grande.

La principal fuente de recarga de los acuíferos regionales corresponde a infiltración directa a partir de las precipitaciones y que de manera secundaria contribuyen los aportes laterales de los ríos y aquellos del retorno de riego (Ver Carta Hidrogeológica). En general, entre los 35° y 36° S, las aguas subterráneas almacenadas en el relleno sedimentario de la Depresión Central tienen características hidroquímicas adecuadas para satisfacer demandas potables y de riego.

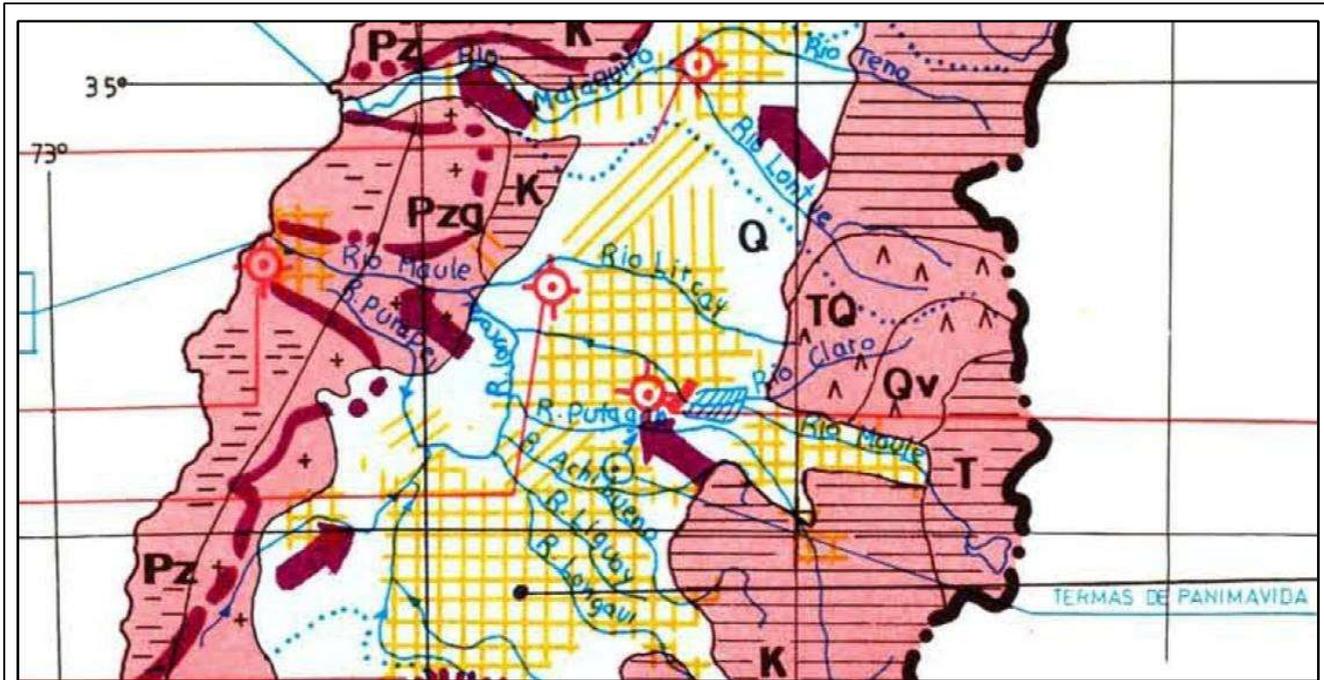
Las aguas de la cuenca del Maule son utilizadas en el riego de terrenos agrícolas, tanto cultivo frutícola, vitivinícolas, hortalizas, cultivos anuales e industriales, praderas y otros, con una superficie total regada de 540.000 hectáreas.

Tabla 4 Datos cuenca Río Maule

Ríos	Sup. (km ²)	Long. (km)	Caudal (m ³ /seg)
Río Maule	20.295	240	467,0
Río Melado-Guaniquivil	2.261	75	108,0
Río Loncomilla	7.537	226	103,0
Río Longaví	1.297	120	44,1
Río Perquilauquén	5.023	190	-
Río Claro	3.500	42	16,4

Fuente: Elaboración propia en base a estudio Síntesis Regional Región del Maule, MOP (2007).

Figura 3 Carta Hidrológica



1 OCURRENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS

TIPO DE PERMEABILIDAD	SIMBOLO	IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA	PRINCIPALES FORMACIONES INTERESADAS	CARACTERISTICAS GENERALES
PRIMARIA (En formación porosa)		ALTA A MEDIA	Q, Qv, T	DEPOSITOS NO CONSOLIDADOS, RELLENO, Sedimentos fluviales glaciales, aluviales, lacustres y otros. Acuíferos de extensión muy variable, generalmente estratificados. Niveles libres, a veces frías. Permeabilidad variable, calidad de agua variable. Son los acuíferos más conocidos en Chile. LAVAS POROSAS, en Isla de Pascua.
		BAJA	T	DEPOSITOS CONSOLIDADOS O ROCAS SEDIMENTARIAS, Arenas, limos, limolitas y arcillas de depositación lacustre o marina. Empujes del Tamarugal y en el acuífero confinado del borde Oriental del Salar de Atacama; del sector global que en el borde hidrogeológico surgen, buena calidad, químicamente.
SECUNDARIA (En roca)		MEDIA	T	ROCAS CARBONATADAS Calizas, areniscas y lutitas calizas. Acuíferos semi confinados sin o con poca elasticidad. Cuenca Colchagua.
		ALTA A BAJA	T	ROCAS VOLCANICAS FRACTURADAS Góndoles, lobos y brechas andesíticas con intercalaciones de sedimentos clásticos con intercalaciones riolíticas y dacíticas. Se atribuyen características acuíferas a estos tipos de rocas. Abasco chileno. Calidad química buena.
MUY BAJA A AUSENTE (Roca)		MUY BAJA	Qv, T, T, C	ROCAS VOLCANICAS, Góndoles y depósitos piroclásticos riolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos, asociados a volcanes antiguos bien conservados o activos. Cordillera de Los Andes.
		MUY BAJA	Q, Q, J, JKT	AFLORAMIENTOS DE ROCAS MIXTAS, Rocas sedimentario - volcánicas con cubierta discontinua de depósitos no consolidados. Acuíferos inexistentes por falta de recarga. Norte Grande.
		MUY BAJA	T, K, J, M, Pz, M	ROCAS MIXTAS SEDIMENTARIO - VOLCANICAS, Góndoles, brechas e igneas con intercalaciones de lutitas, areniscas y conglomerados. Se consideran base de los acuíferos. Abarcan zonas cordilleranas.
		NULLA	Kg, KTg, JKg, JTg, Mg, Pz	ROCAS PLUTONICAS E HIPABASALES, Intrusivos graníticos. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera de Los Andes.
		NULLA	Pz	ROCAS METAMORFICAS, Metariolitas, pizamas, filitas, esquistos, gneiss, amphibolitas. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera Andina Patagónica.

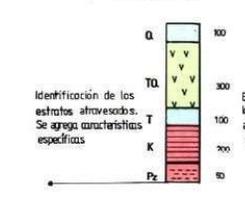
2 PRODUCTIVIDAD DE LOS POZOS (m³/h/m)



3 DATOS DE POZOS



4 PERFILES HIDROGEOLOGICOS ESQUEMATICOS



5 INFORMACION HIDROGEOLOGICA GENERAL



Fuente: Extraído de Carta Hidrogeológica, Hauser 1995

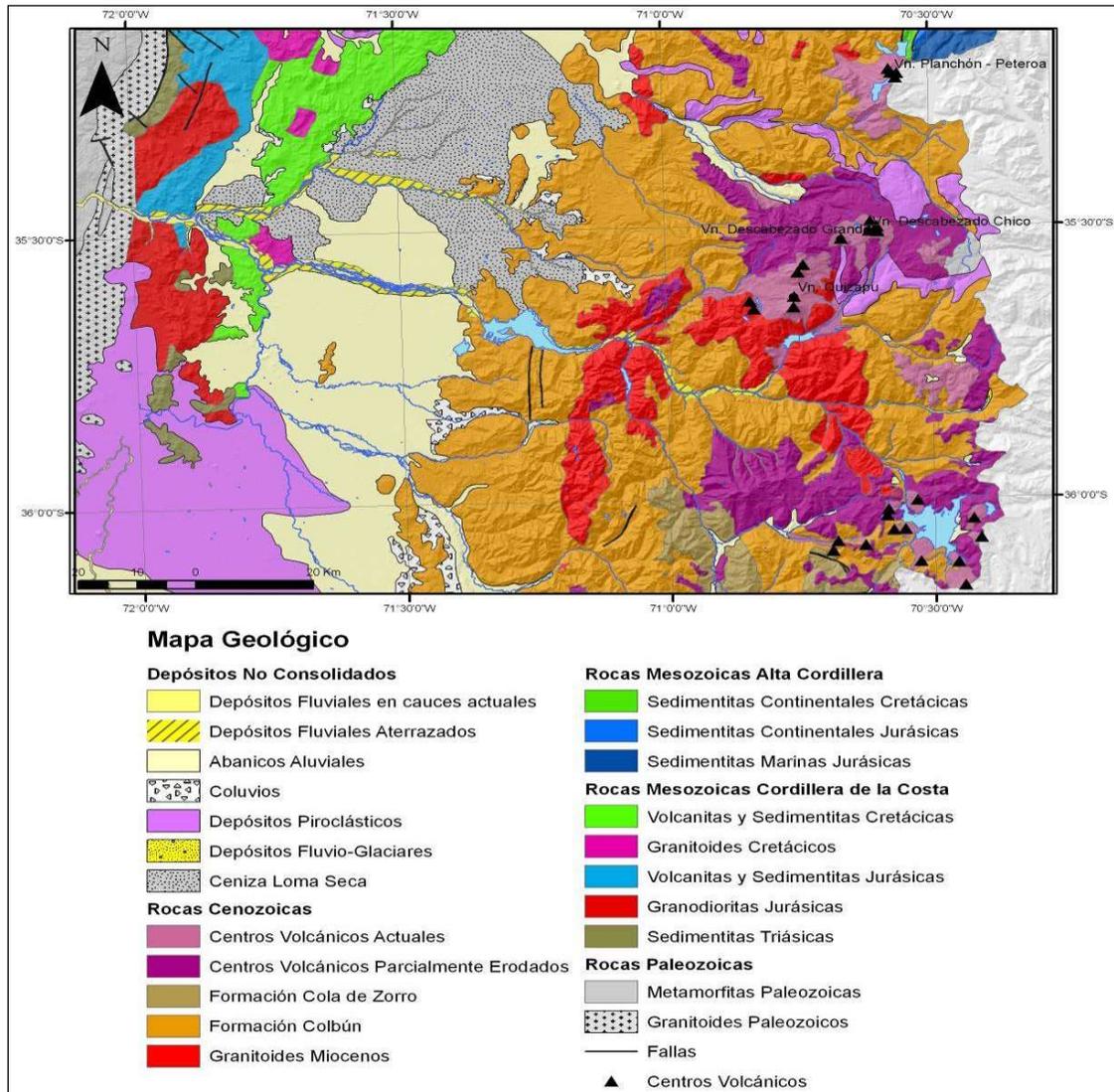
El sistema hídrico presente en la comuna de Linares se circunscribe completamente en la cuenca del río Maule. A nivel de subcuenca se distinguen dos en la comuna, la subcuenca del río Loncomilla y del río Melado. El 98.82% de la comuna se encuentra dentro de la subcuenca del río Loncomilla con 144.842, 67 hectáreas y sólo 1.730,39 hectáreas en la subcuenca del río Melado. En la comuna, solo existen 3 sistemas de carácter netamente pluvial, el estero Quilquenes (20 kms de extensión), estero Batuco (30 kms) y estero Arrayanes (18 kms). Los ríos Achibueno (límite sur de la comuna con una extensión de 120 kilómetros), el río

Ancoa (con una extensión de 60 kilómetros) y el río Putagán (límite norte de la comuna con una extensión de 55 kilómetros), son ríos con un régimen mixto, por encontrarse sus fuentes entre los 2.500 a 3.000 msnm, éstos tienen un régimen mixto o nivo-pluvial, o sea, se producen dos periodos de crecidas, uno en invierno (durante el peak de las precipitaciones) y otro en primavera (durante los deshielos). El río Loncomilla constituye el límite poniente de la comuna en una extensión de 11 kms y es el mayor tributario del río Maule en su ribera izquierda.

2.4 Marco Geológico

Para el área de estudio no existen trabajos geológicos de detalle, siendo la única fuente de información geológica la "Hoja Hidrogeológica de Talca", a escala 1:100.000 (Hauser, 1995), el "Mapa Geológico de Chile" a escala 1:1.000.000, publicado por el Servicio Nacional de Geología y Minería durante el año 2003; y trabajos científicos a escala local. La geología de la parte centro-oriental de la Región del Maule está constituida por rocas y sedimentos, cuyo rango de edades van desde el Paleozoico hasta depósitos no consolidados producto de los procesos erosivos actuales (Hauser, 2005; SERNAGEOMIN, 2003). De manera general, el área se caracteriza por la existencia de un basamento metamórfico y cristalino paleozoico, el que se encuentra cubierto en discordancia por rocas volcánicas y sedimentarias, marinas y continentales, que van desde el triásico inferior hasta el Neógeno en el área de estudio.

Figura 4 Mapa Geológico del área de estudio



Fuente: Modificado a partir de Hauser (1995) y SERNAGEOMIN (2003).

2.5 Geomorfología

El segmento andino chileno, al sur de los 33° S, muestra 4 unidades morfoestructurales principales, dispuestas en franjas orientadas norte – sur. De oeste a este estas son: planicies litorales, cordillera de la costa, depresión central y cordillera principal (que comparten Chile y Argentina). En el área de estudio, las principales morfoestructuras son la cordillera de la costa, la depresión central y la cordillera principal.

Cordillera de la Costa

Las secuencias metamórficas paleozoicas, que afloran principalmente en el borde occidental de la Cordillera de la Costa, se dividen en dos grupos principales: la serie occidental, que corresponde principalmente a esquistos, metabasitas y serpentinitas afectadas por un metamorfismo de Alto grado; y la serie oriental, compuesta de pizarras, filitas y metaareniscas afectadas por un metamorfismo de bajo grado. Estas

metamorfitas paleozoicas se encuentran intruidas por granitoides de edad Carbonífero – Pérmico (328 – 235 Ma), que corresponden principalmente a granitos, granodioritas y tonalitas.

Los granitoides del Carbonífero – Pérmico se encuentran cubiertos en discordancia de erosión por secuencias sedimentarias marinas y transicionales asignadas al Triásico Superior - Jurásico Inferior, que corresponden principalmente a areniscas, conglomerados, limonitas y calizas. Las Unidades representativas son las Formaciones El Cisne, Crucero de Los Sauces y estero de La Higuera (Corvalán, J., 1976), así como los estratos del sector Huerta del Maule-Villaseca y los de Pocillas-Coronel (Moreno, H. et al, 1976). Estas rocas se encuentran intruidos por dioritas, gabros y monzodioritas del Jurásico Inferior. Tanto el basamento paleozoico, como las rocas Jurásicas se encuentran cubiertas en discordancia de erosión por secuencias de lavas, sedimentitas marinas de plataforma y continentales del Cretácico.

Los afloramientos del Cretácico que se reconocen en la cordillera de la costa, son corresponden a la Formación La Lajuela, la que se extiende en una franja norte – sur en el borde occidental de la Cordillera de la Costa. La Formación La Lajuela cubre en discordancia de erosión al Basamento granítico, desde el norte del río Mataquito hasta la latitud de linares. Esta Formación se compone de andesitas principalmente, con potentes intercalaciones sedimentarias de calizas, lutitas, areniscas y conglomerados, donde las calizas y rocas volcánicas han sido por procesos de alteración hidrotermal que han generado depósitos de caolín (arcilla) en la región. Se estima un espesor de 13.000 m, y de acuerdo a la fauna fósil encontrada, se sugiere una edad Valanginiana Superior, pero diversos autores han sugerido extenderla hasta el Hauteriviano. (Charrier y Lillo, 1973, Thiele y Nasi, 1982). Más al norte, se ha reportado que esta formación es cubierta en discordancia angular de erosión por la Formación Lo Valle, asignada al Maastrichtiano (Nasi y Thiele, 1982).

Las rocas metamórficas e intrusivas paleozoicas, así como las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas, y los cuerpos intrusivos se encuentran erosionados por los cauces fluviales actuales, parcialmente consolidados del Neógeno Superior, que se reconocen en la depresión central.

Los depósitos de origen fluvial, corresponden gravas, arenas, limos y arcillas. La petrografía de los materiales clásticos se relaciona con las distintas unidades litológicas nombradas anteriormente. Son los principales materiales de relleno en los valles de la cordillera de la costa, y se caracterizan por formar niveles de terrazas a lo largo del río Maule. En menor grado, se reconocen depósitos coluviales, que corresponden a bloques, gravas y en menor cantidad arenas, que se acumulan principalmente en conos de deyección a la salida de pequeñas quebradas, produciendo acumulaciones detríticas en la base de cerros.

Cordillera Principal

La Cordillera Principal se caracteriza por afloramientos de rocas volcánicas y volcanoclásticas que forman un cordón de rocas estratificadas, diques y cuerpos subvolcánicos entre los 33° y 37° S, que cubren en discordancia a las formaciones Cretácicas reconocidas más al norte en la alta cordillera.

Dentro de estas unidades destaca la Formación Colbún (Eoceno – Oligoceno), que corresponde a lavas básicas a intermedias, rocas piroclásticas ácidas, e intercalaciones sedimentarias continentales (fluviales, aluviales y lacustres), formando lentes de hasta 500 m de espesor. Esta formación se encuentra plegada y es afectada por un pervasivo metamorfismo de muy bajo grado. El espesor del conjunto se estima en ~ 3.000 m, aun cuando se acepta que éste aparece aumentado por las numerosas intrusiones de filones-manto y lacolitos andesíticos. Esta formación se encuentra cubierta por la Formación Cola de Zorro, que se caracteriza por lavas intermedias a ácidas, con intercalaciones volcánicas continentales.

En el margen oriental del área de estudio, la secuencia de rocas que van del Eoceno hasta el Mioceno superior, están cubiertas por los centros volcánicos de edad Pleistocena - Holocena, que corresponden el arco volcánico activo actual. En las cercanías del área de estudio destacan tres grupos volcánicos activos: la primera ubicada entre el límite norte de la provincia de Linares, al este de Colbún, está conformada por los volcanes Descabezados y Quizapú; en tanto que la segunda unidad está compuesta por los volcanes asociados a la Caldera de la Laguna del Maule (por ejemplo, San Pedro y Pellado). Finalmente, al sur este de Longaví, se encuentra el estratovolcán denominado Nevado de Longaví). Asociado a estos volcanes se reconocen lavas, de composición basáltica a riolítica que cubren a rocas de la formación Colbún o Cola de Zorro y/o rellenan los valles actuales, así como depósitos piroclásticos (cenizas y tobas principalmente, asociadas a flujos piroclásticos o depósitos de caída), que cubren a formaciones más antiguas o rellenan los valles.

Tanto el arco volcánico activo, como las rocas asociadas a la Formación Colbún y Cola de Zorro, corresponden a la actual superficie de erosión, por lo que se reconocen valles de origen fluvial (forma de V) o de origen glacial (forma de U), dependiendo en que sector de la cordillera uno se encuentre. Asociados a estos procesos de erosión se reconocen depósitos de origen fluvial-aluvial, coluvial, glacial y de remociones en masa.

Los depósitos de origen fluvial-aluvial, corresponden a bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. La petrografía de los materiales clásticos se relaciona con las distintas unidades litológicas nombradas anteriormente, es decir, de origen volcánico. Son los principales materiales de relleno en los valles de la cordillera, y se caracterizan por formar importantes niveles de terrazas en el río Maule. Los depósitos coluviales, corresponden a bloques, gravas y en menor cantidad arenas, que se acumulan principalmente en conos de deyección a la salida de pequeñas quebradas, produciendo importantes acumulaciones detríticas en la base de cerros, los que posteriormente son removilizados. Los depósitos glaciales, corresponden a bloques en una matriz arenosa, asociados morrenas marginales y acumulaciones de detritos provenientes de glaciales de roca que se pueden encontrar en la mayoría de las cabeceras de los esteros por sobre la cota de 2.500 m s.n.m., en circos glaciares y nichos en las altas cumbres.

Finalmente, los depósitos de remoción en masa reconocidos, corresponden principalmente a flujos de barro y/o detritos, además de lahares que rellenan los valles principales, así como lahares producto del derretimiento de hielos asociados a erupciones volcánicas. Estos depósitos, corresponden a bloques y gravas, en una matriz de arena, limo y ceniza volcánica, con muy mala selección y una distribución caótica a lo largo del depósito.

Depresión Central

En la Depresión Central se reconocen principalmente secuencias de relleno asociadas a los ríos Maule, Putagán, Loncomilla, Achibueno y Longaví, los que conforman abanicos aluviales de valle asociados a cada uno de estos ríos. Estos depósitos se caracterizan por estar conformados por sedimentos de tamaño grueso (principalmente bloques y gravas), con lentes de arenas, limos y arcillas, los que en ocasiones se encuentran dispuestos en una estratificación cruzada. Estos depósitos se caracterizan por una topografía plana, que se ve interrumpida por terrazas de erosión en las cercanías de los cauces de los ríos principales, debido a la disección producida a causa de cambios en el nivel de base de los ríos nombrados previamente.

La petrografía de los materiales clásticos se relaciona con las unidades litológicas encontradas aguas arriba, es decir, principalmente de origen volcánico. La mayoría de estos depósitos conforma una secuencia vertical homogénea y una reducción de la granulometría hacia el sector distal (parte occidental de la Depresión Intermedia), lo cual implica una mayor predominancia de las fracciones más finas, resultando en un sedimento

bien seleccionado, pero débilmente compactado, lo cual determina una alta porosidad y relativa buena permeabilidad, lo que permite un adecuado drenaje de las aguas superficiales. Sin embargo, pueden encontrarse sectores donde se concentran facies arcillosas que pueden producir el estancamiento de aguas.

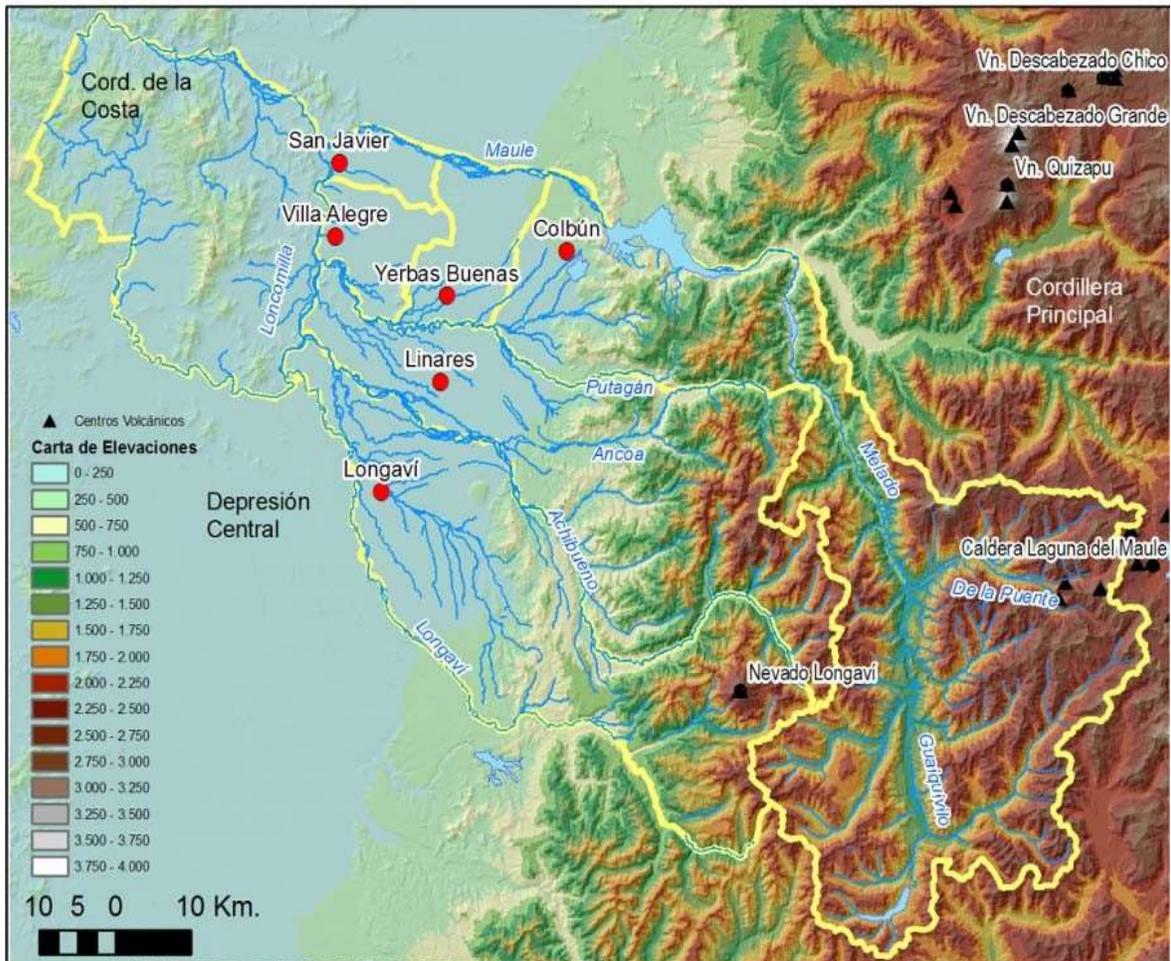
Otro constituyente principal del relleno de la Depresión Central, corresponden a depósitos de origen volcánico, esto es, depósitos de lahares y ceniza volcánica. Dentro de los afloramientos de ceniza volcánica destacan los depósitos cineríticos asociados a la llamada "Ceniza de Loma Seca", extensos depósitos laháricos y de flujos piroclásticos de carácter ácido, de edad pleistocena (800.000 a 150.000 años), generadas por la Caldera Calabozos, ubicada donde actualmente se ubican los volcanes Descabezados y Quizapu. Más al sur, se reconoce otra unidad ignimbrítica (SERNAGEOMIN, 2003), de la que no se tienen mayores antecedentes, pero debería ser de edad similar a la Ceniza Loma Seca.

La Ceniza Loma Seca, alcanza una amplia distribución al norte del área de estudio, en la Provincia de Linares. Los depósitos piroclásticos ubicados más al sur, equivalentes a la Ceniza Loma Seca, se encuentran adosados a la Cordillera de la Costa al oeste de Longaví. Los flujos que transportaron estos sedimentos cineríticos penetraron en las partes bajas de los relieves orientales de la Cordillera de La Costa ahogando el fondo de valles menores y rinconadas, generando topografías llanas de mínima pendiente a horizontales, y una marcada reducción de la permeabilidad. En general, estos depósitos piroclásticos poseen una escasa permeabilidad superficial debido a lo cual se ha desarrollado sobre ellos una densa red de drenes menores alimentados por acumulación de lluvias invernales.

Los depósitos laháricos corresponden a clastos subangulosos de 5 a 50 cm en una matriz de abundante lapilli, ceniza y fragmentos de escoria. Los depósitos piroclásticos corresponden a potentes acumulaciones de ceniza y lapilli volcánicos, con clastos de pómez, obsidiana y lavas. Estos depósitos se encuentran atravesados por venillas de sílice de desgasificación, lo que sugiere que fueron depositados "en caliente". De acuerdo a Marangunic et al (1979), estos depósitos estarían asociados a una erupción volcánica que habría generado una nube ardiente que habría alcanzado la depresión central. Finalmente, en los alrededores de Linares y en las cercanías San Javier, aflora una secuencia de areniscas tobáceas derivadas de las ignimbritas, no las ignimbritas primarias, transportadas por procesos erosivos.

En general, tanto los depósitos Aluviales de Valle, la ceniza Loma Seca y los depósitos laháricos, se encuentran cortados por los depósitos fluviales actuales y antiguos o aterrazados, cuya principal diferencia en terreno se observa en los distintos niveles de terrazas en el área de estudio. En general corresponden a sedimentos, gravas redondeadas y arenas finas a gruesas, con escasa matriz de limos y arcillas, que forman o formaron parte del lecho de escurrimiento actual de las aguas. Consisten en bancos de rodados y arenas, o ambos, dispuestos aleatoriamente según la dinámica de la corriente tanto en el lecho menor como en el lecho mayor. Morfológicamente se distribuyen en forma de bancos dispuestos irregularmente, con escaso nivel de aterrazamiento. En el caso de ríos de bajo encauzamiento y trayectoria sinuosa, se suelen presentar importantes desbordes anuales, los que provocan daño y destrucción a la agricultura y a obras de infraestructura locales.

Figura 5 Marco Geomorfológico de área de estudio



Fuente: Estudio Plan Regulador Intercomunal de Linares (MINVU 2012)

2.6 Clases de capacidad de uso de suelo

De acuerdo con sus capacidades productivas, los suelos pueden ser clasificados en ocho distintas clases, que se diferencian de acuerdo con las limitantes y restricciones que presentan al desarrollo agrícola de los diversos cultivos existentes. De este modo, es posible identificar distintas clases de capacidades de usos que permite clasificar a los suelos en las siguientes categorías:

Clase I: Los suelos de Clase I tienen muy pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y su fertilidad es buena. Los rendimientos que se obtienen, utilizándose prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Para su uso se necesitan prácticas de manejo simples que mantengan su productividad y conserven su fertilidad natural.

Clase II: Los suelos de Clase II presentan ligeras limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la clase anterior.

Las limitaciones más corrientes son:

1. Pendientes suaves y micro-relieve poco acentuado.
2. Profundidad menor que un suelo de Clase I.
3. Estructura y textura desfavorable.
4. Ligera humedad corregible por drenaje.

Estas limitaciones pueden presentarse solas o combinadas.

Clase III: Los suelos de la clase III presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada lo que dificulta severamente el regadío. La permeabilidad varía de lenta a muy rápida.

Las limitaciones más corrientes para esta Clase se refieren a:

1. Topografía moderadamente ondulada.
2. Profundidad del suelo.
3. Estructura y textura desfavorable.
4. Baja capacidad de retención de agua.
5. Humedad que limita el desarrollo radicular.

Los suelos de esta Clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

Clase IV: Los suelos de la Clase IV presentan severas limitaciones de uso y restringen la elección de cultivos. Estos suelos pueden ser cultivados, requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de la Clase III.

Las limitaciones más usuales para esta Clase se refieren a:

1. Suelos muy delgados.
2. Topografía moderadamente ondulada y disectada.
3. Baja capacidad de retención de agua.
4. Drenaje muy pobre.

Clase V: Corresponde a los terrenos no arables. Aptos para pastoreo y forestales. Se requiere de buen manejo de la pradera y bosque.

a) Terrenos planos, demasiado húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados. Están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

b) Terrenos planos o de piedmont (plano inclinado) que por factores climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para producción de praderas naturales todo el año o parte de él. Como por ejemplo se puede mencionar: Turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc., es decir, suelos demasiados húmedos susceptibles a ser drenados, por lo tanto cultivados. O bien suelos de valles andinos y/o costinos, en posiciones piedmont, que por razones de clima (ejemplo: pluviometría) no pueden ser cultivados.

Clase VI: Los suelos de la Clase VI corresponden a suelos inadecuados para los cultivos y su uso está limitado para pastos y forestales. Los suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes muy pronunciadas, susceptibles a severa erosión, efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad, baja retención de humedad y alto contenido de sales.

Clase VII: Asociada a pendientes muy pronunciadas, presenta restricciones más severas que la clase VI. Su uso es fundamentalmente pastoreo y forestal

Clase VIII: Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación y protección de hoyas hidrográficas

Tabla 5 Clase de suelos por superficie en la Intercomuna

Clase	Hectáreas	%
I	195,38	0,3%
II	3456,26	5,6%
III	19334,21	31,2%
IV	6093,39	9,8%
N.C.	3435,22	5,5%
VI	3079,4	5,0%
VII	24164,1	38,9%
VIII	2300,71	3,7%
Total	62058,67	100,0%

Fuente: CIREN 2011 EPSG:32719

Las capacidades productivas en los suelos de clases I, II y III constituyen un potencial de gran desarrollo económico para un territorio, por cuanto a partir de ellos se conforman una serie de sistemas productivos de distintas escalas. En el caso de la comuna los suelos de clases I, II y III constituyen un 36% de la superficie total catastrada y se concentran en el sector del valle central.

Los suelos clase IV (9.8%), si bien presentan buenas cualidades agronómicas cuentan con limitaciones para algunos cultivos, siendo más restrictiva la elección de estos. Se localizan posteriores al pie de monte, por lo tanto su limitación se asocia a mayor pendiente que los suelos I, II y III, y a la presencia de un porcentaje mayor de arcilla que interfiere en la capacidad de infiltración de agua de manera natural.

Los suelos no clasificados (NC) corresponden principalmente al lecho de inundación del de los principales cursos de aguas y a los centros poblados de la intercomuna. Su superficie representa un 5.5% de la superficie

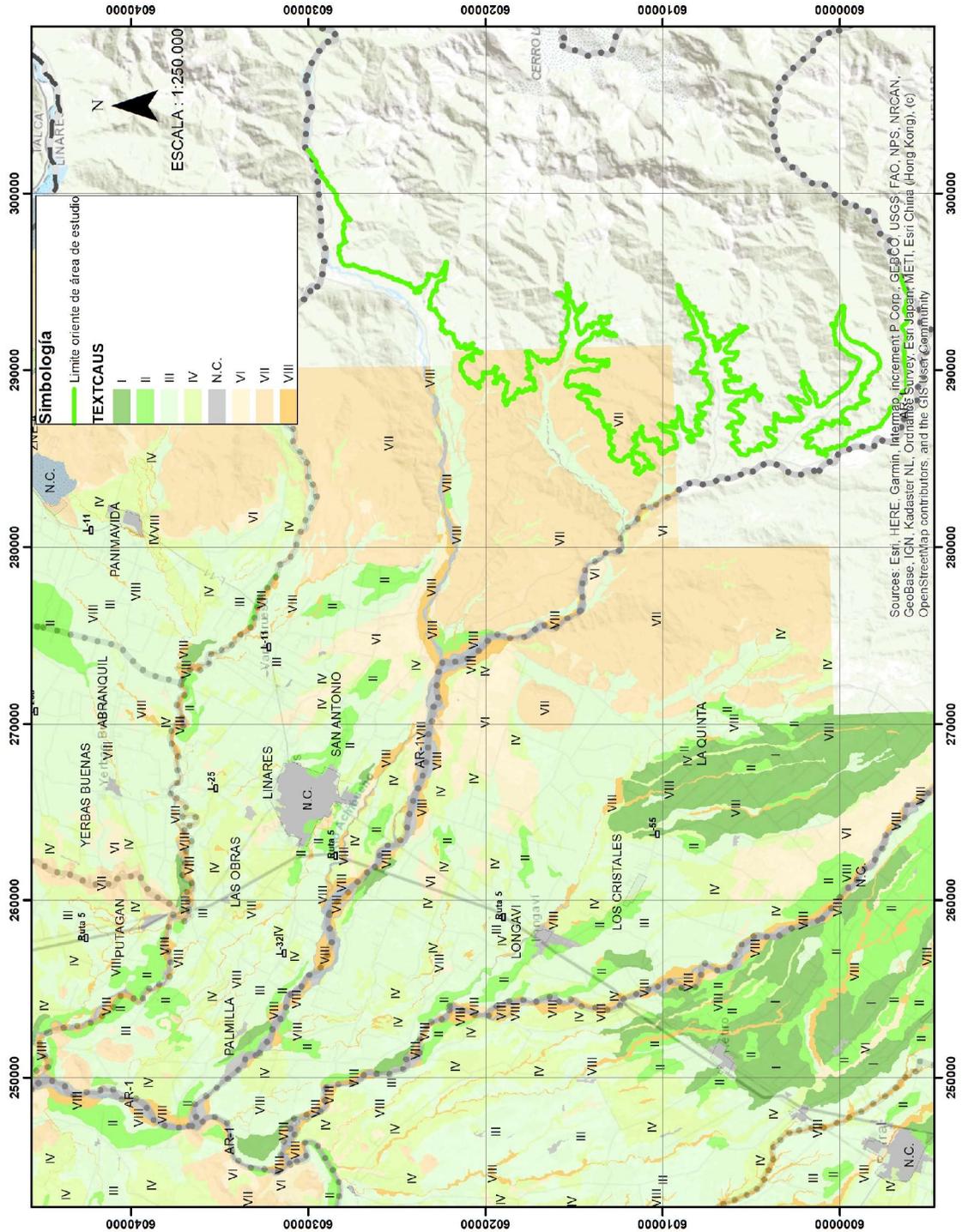
Los suelos clase VI representan un 5% de la superficie y se localizan en la sección más alta de los conos de deyección, entre los suelos clase IV y los suelos clase VII. Sus capacidades agronómicas son limitadas debido a la pendiente, no permitiendo el riego por inundación.

Los suelos de clase VII, los cuales representan un 40% de la superficie total catastrada, se localizan principalmente en la pre cordillera andina. Su capacidad de uso de suelo se asocia con la presencia de vegetación nativa o introducida (plantaciones forestales).

Los suelos VIII se concentran principalmente en las llanuras de inundación de los principales lechos de ríos, caracterizándose por un alto contenidos de áridos de distintas dimensiones, aportados por las crecidas del río.

Si se suman las superficies de los suelos clases I, II y III, se tiene que el 37% de la superficie total comunal presenta suelos con aptitud agrícola. Si adicionalmente se suma los suelos clase IV se llega a un 48% de suelos con aptitud agrícola.

Figura 6 Clases de capacidad de uso de suelo



Fuente: CIREN 2011 EPSG:32719

2.7 Catastro de riesgos área de estudio

El catastro tiene como objetivo reconocer los riesgos naturales existentes en el área de estudios, determinar sus causas y analizar posteriormente las posibilidades de zonificar como áreas de riesgos.

a continuación, se presenta la información de Riesgos naturales y sus distintas fuentes.

Tabla 6 Registro de riesgos naturales por Desinventar Sendai¹ para comuna de Linares

Evento	Comuna	Fecha	Lugar	Observación
STORM	Linares	01-08-1971	Barrios marginales de ciudad	Inundación de casas y calles.
STORM	Linares	09-05-1972		Declarada zona de catastrofe..Se calculan perdidas de E° 40 mill para las provincias de Talca y Linares..Embalse Ancoa en peligro.
STORM	Linares	11-05-1972		1000 familias damnificadas.
STORM	Linares	08-06-1972		Dañados cultivos.
STORM	Linares	25-06-1974		Se suspendieron las clases por 3 días. Declarada zona de catástrofe.
STORM	Linares	17-06-1976		23 personas aisladas
STORM	Linares	12-07-1978		camino cortados
STORM	Linares	31-07-1979		El escurrimiento violento de nieve y del caudal de las lluvias a destruido puentes en la zona cordillerana. //camino inundados
STORM	Linares	22-04-1980		Junto con Parral tienen un 40% de pérdidas en producción de arroz porotos trigo y otros 65 a 80% perdidas en perdidas
STORM	Linares	18-05-1980		canal que abastece de agua de riego a Linares Colbun y Longavi. Tiene compuertas en mal estado por las lluvias debido a esto el rio Latigo y su gran [...]
STORM	Linares	30-06-1980		
STORM	Linares	01-07-1984	Toda la comuna	Corte de caminos rurales. 2 puentes destruidos y más de 2000 personas aisladas.
STORM	Linares	14-06-1986		
STORM	Linares	28-11-1986		
RAIN	Linares	18-05-1991	Zona precordillerana Lomas de Jorquera	aisladas 2 patrullas Carabineros y personal del SAG por fuerte temporal de pp. y nieve

¹ DesInventar Sendai es una nueva versión del software ampliamente utilizado y ampliamente probado que implementa todos los Indicadores y datos necesarios para el Monitoreo de las Metas A a D del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, que corresponden a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) paralelos. indicadores de los Objetivos 1, 11 y 13.

Evento	Comuna	Fecha	Lugar	Observación
FLOOD	Linares	26-05-1991	ciudad - temporal	desborde de río Achibueno y Longaví; viv. anegadas e inundadas; 50 personas albergada./ Desaparecidos por desborde río Melado que arrasó con casas (2 [...])
STORM	Linares	26-05-1991	comuna	15 familias damnificadas.; anegamiento en pob.; caída de árboles voladura de techos
STORM	Linares	30-06-2000	Localidad de Huapi y localidad de pejerrei	Dejó 200 personas aisladas en Huapi y 100 aisladas en pejerrei
STORM	Linares	28-03-2004	Localidad de Llancanao.	Un agricultor recibió una fuerte descarga eléctrica.
STORM	Linares	15-08-2009		Los afectados fueron quienes quedaron atrapados

Fuente: <https://www.desinventar.net/DesInventar/results.jsp>

De acuerdo a lo consultado en “Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres” (SENAPRED) se determinaron los puntos críticos de invierno 2022 y su nivel de riesgo para la comuna de Linares.

El nivel de riesgo es determinado de acuerdo a la percepción del riesgo comunal, considerando la afectación e impactos que se producen por eventos meteorológicos en los siguientes ámbitos:

- Viviendas (con daño mayor o destruidas).
- Servicios básicos (agua potable, servicios sanitarios, energía, telefonía, gas y combustibles).
- Infraestructura crítica (salud, educación, líneas vitales tales como; caminos, puertos ,aeropuertos y ABC; servicios médicos de urgencia, Bomberos y Carabineros).
- Aislamiento (pérdida total de conectividad y accesibilidad).
- Pérdida de cultivos

A continuación se presentan los puntos críticos por sectores y nivel de riesgo, siendo la inundación por desborde de cauces y anegamientos un 76% de los puntos críticos de la comuna (39,4% inundación y 36,4 de anegamientos)

Tabla 7 Causas generadoras de puntos críticos de invierno 2024

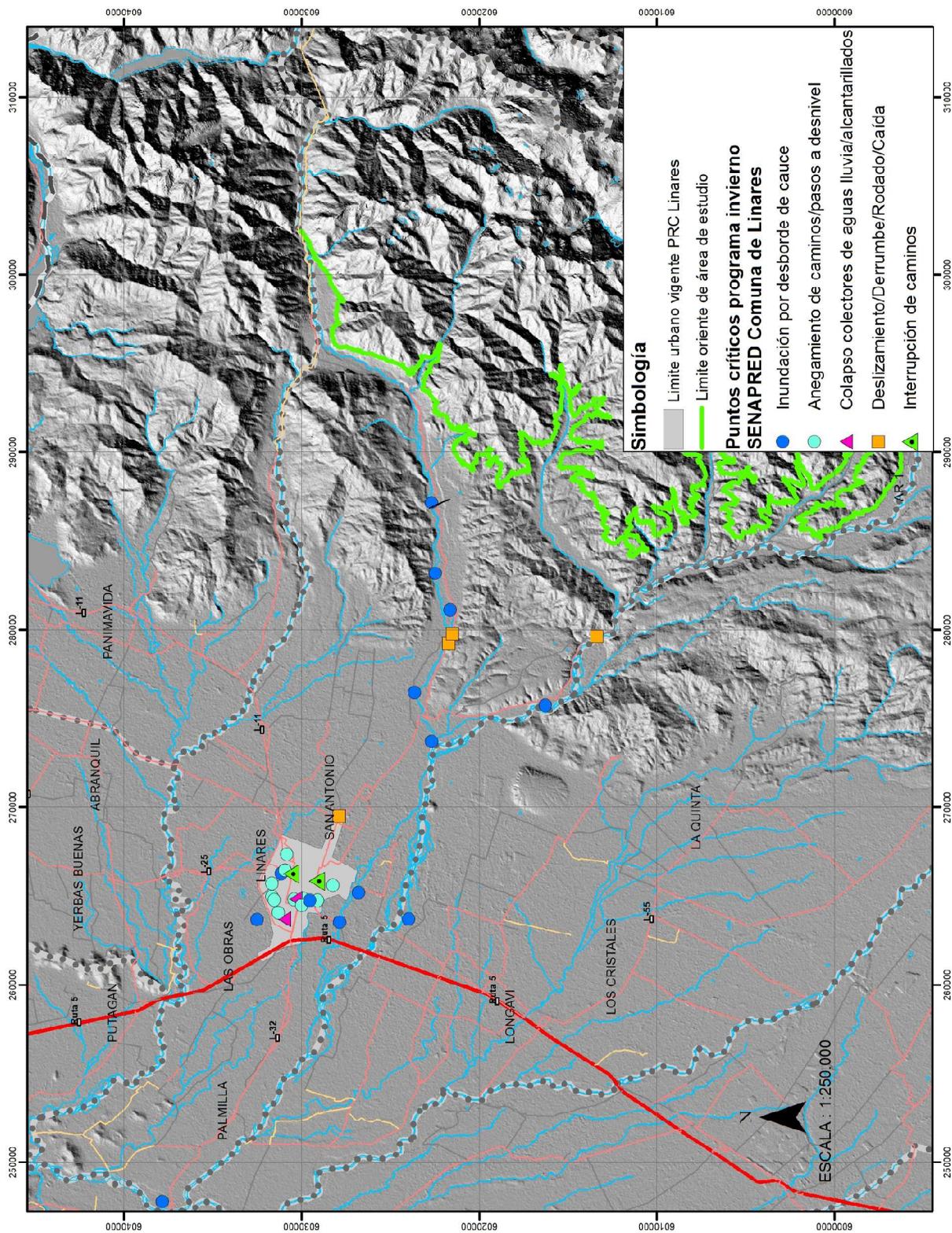
N° Total	Causa Generadora	Sector	Nivel de riesgo
12	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	EL ROBLE	Bajo
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	MAX JARA - RAMON OLATE	Medio
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	LAS BRISAS	Bajo
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	VALENTIN LETELIER-YUNGAY	Muy Alto
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	CORONEL DE ARTILLERIA- LA BARCA	Muy Alto
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	LAS BRISAS	Bajo
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	COVADONGA-SAN MARTIN	Medio
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	ESCUELA SALOMON SALMAN	Alto
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	CHORRILLO-CORONEL DE ARTILLERIA	Muy Alto
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	SECTOR POBLACIONAL CAMUS 1 A LA 5	Alto
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	VILLA PDTE. IBAÑEZ	Medio

N° Total	Causa Generadora	Sector	Nivel de riesgo
	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	CORONEL DE ARTILLERIA-EL TAMBO	Alto
2	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	KURT MOLLER-RAMON OLATE	Medio
	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	YERBAS BUENAS-LAS VEGAS-FINAL YERBAS BUENAS	Muy Alto
4	Deslizamiento/Derrumbe/Rodado/Caída	CAMINO EMBALSE ANCOA CORTES ALTOS	Alto
	Deslizamiento/Derrumbe/Rodado/Caída	CAMINO A PEJERREY	Alto
	Deslizamiento/Derrumbe/Rodado/Caída	PRECORDILLERA CAMINO PEJERREY	Alto
	Deslizamiento/Derrumbe/Rodado/Caída	CORTES ALTOS	Alto
2	Interrupción de caminos	PASO BAJO NIVEL PDTE. IBAÑEZ	Alto
	Interrupción de caminos	PASO BAJO NIVEL RENGO	Alto
13	Inundación por desborde de cauce	HUAPI BAJO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	COLECTOR IANSA MATADERO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	LLANKANAO/RIVERAS DE ACHIBUENO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	EL PEUMO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	SECTOR VEGA ANCOA	Alto
	Inundación por desborde de cauce	CANAL IBAÑEZ-LAS VEGAS-NVA JERUSALEN	Muy Alto
	Inundación por desborde de cauce	HUAPI BAJO / ALTO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	SALIDA CUELLAR/LA ISLA	Alto
	Inundación por desborde de cauce	LLEPO / PEÑASCO	Alto
	Inundación por desborde de cauce	VEGA ANCOA	Alto
	Inundación por desborde de cauce	PALMILLA CALLEJON LOS LOBOS	Alto
	Inundación por desborde de cauce	CANAL BATUCO	Medio
	Inundación por desborde de cauce	LA ISLA /EL MANZANO	Alto

Fuente: SENAPRED 2024

A continuación, se presentan espacialmente las causas generadoras de puntos críticos en la siguiente figura

Figura 7 Causas generadoras puntos críticos programa invierno 2024 SENAPRED



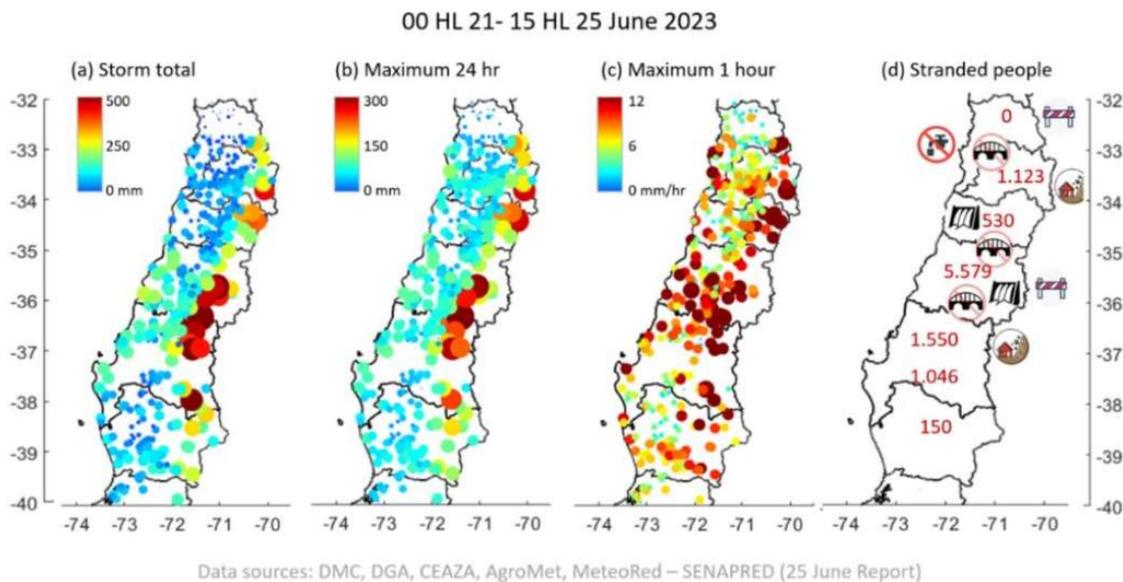
Fuente: SENAPRED 2024

Eventos ocurridos en los meses de junio y agosto de 2023

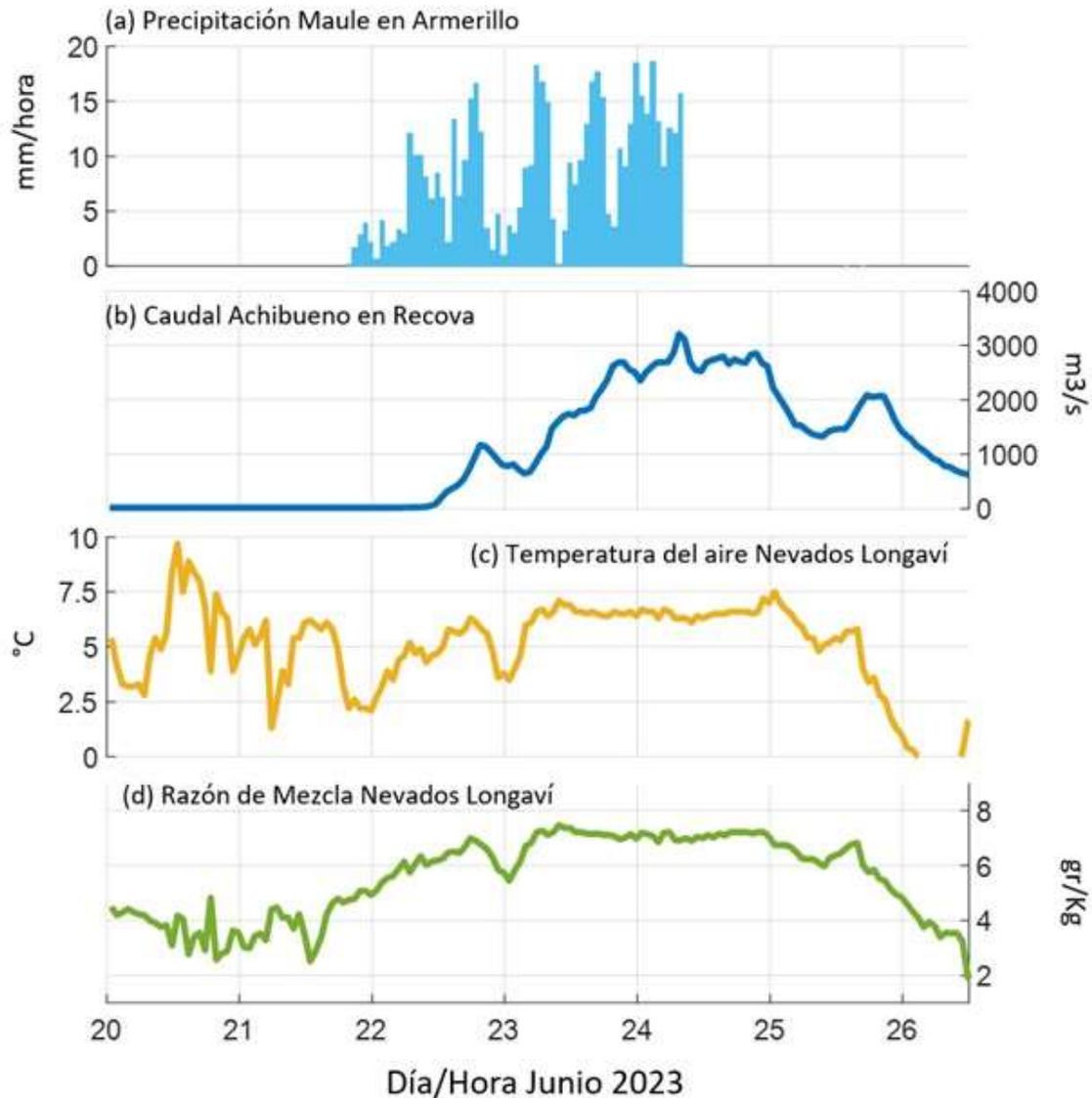
Análisis (CR)2 | Vuelven los gigantes: un análisis preliminar de la tormenta ocurrida entre el 21 y 26 de junio de 2023 en Chile central (<https://www.cr2.cl/analisis-cr2-vuelven-los-gigantes-un-analisis-preliminar-de-la-tormenta-ocurrida-entre-el-21-y-26-de-junio-de-2023-en-chile-central/>)

Un evento meteorológico extremo afectó la zona central de Chile -desde la región de Valparaíso hasta la del Biobío- entre el 21 y 26 de junio de 2023, provocando impactos sociales y ambientales muy negativos y extensos, lo que obligó a la autoridad a decretar estado de catástrofe en estas regiones

Los mapas en la siguiente Figura dan cuenta de la magnitud de la precipitación a lo largo de Chile central. La estación Cerro tres puntas (ubicada a 3300 msnm, en la cordillera de Santiago) acumuló 410 mm y muchas otras estaciones acumularon más de 200 mm. Las estaciones en la precordillera del Maule (como Maule en Armerillo, Figura 2a) acumularon sobre 500 mm en 48 hrs (el actual promedio de Santiago es 285 mm en un año), con máximos en 24 horas sobre los 300 mm. Adicionalmente, muchas estaciones en precordillera, valle y costa registraron intensidades sobre 12 mm/hora



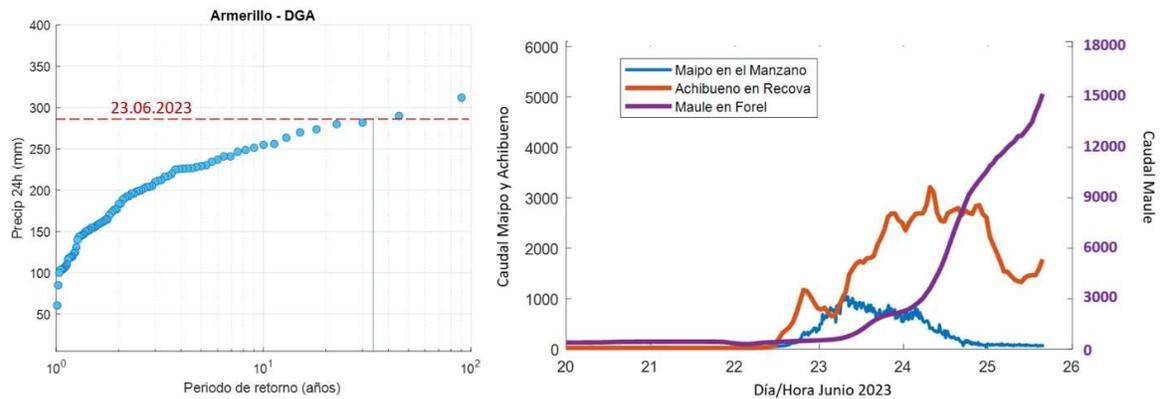
Mapas de (a) precipitación acumulada entre el 21 y 25 de junio de 2023, (b) máxima precipitación en 24 horas continuas durante ese periodo, (c) máxima precipitación horaria en ese periodo y (d) síntesis de daños



Series horarias de (a) intensidad de precipitación en Maule en Armerillo, (b) Caudal del río Achibueno en Recova, (c) temperatura del aire en Nevados de Longaví y (d) razón de mezcla de vapor de agua en Nevados de Longaví. Fuente: DGA-MOP.

Las precipitaciones comenzaron en forma más o menos simultánea entre las regiones del Maule y de Los Lagos al mediodía del miércoles 21 de junio. Al final de ese día las precipitaciones cesaron en la parte más austral, pero se extendieron hasta la región Metropolitana. Ya en la madrugada del día 22 las precipitaciones comenzaron a ser más intensas en la zona comprendida desde la latitud de Santiago (33°S) hasta el sur del Biobío (38°S) y se mantuvieron hasta el mediodía del 24 -unas 60 horas en total-, cuando la banda de precipitación sobre Chile se angostó y se movió primero más al sur y luego más al norte.

Una estimación preliminar del periodo de retorno de estas lluvias en la precordillera del Maule entrega valores entre 30 y 40 años (Figura siguiente). Y estas grandes acumulaciones produjeron la crecida en los ríos y las consecuentes inundaciones. Algunos ejemplos se presentan en la Figura 4: el río Maipo en el Manzano pasó de 25 a 1000 metros cúbicos por segundo (m³/s) el día 23. El Achibueno en Recova (precordillera del Maule) llegó a los 2300 m³/s y el Maule en Forel (cerca de su desembocadura en Constitución) alcanzó los 16.300 m³/s en la noche del día 25. Todos estos caudales superaron largamente los umbrales de alarma definidos por la Dirección General de Aguas (DGA-MOP), gatillando los mensajes de alerta emitidos por Senapred por posibles inundaciones en las zonas adyacentes a los ríos de la zona central, lo cual se constató con la consiguiente afectación a la población.



Panel izquierdo: Periodo de retorno en años de la precipitación máxima en 24 horas en la estación Armerillo (Maule) de la DGA-MOP. La línea roja indica el valor alcanzado en la tormenta de este análisis. El gráfico de la derecha muestra la serie horaria del caudal en tres ríos de la zona central (datos hasta las 5 PM del día 25 de junio).

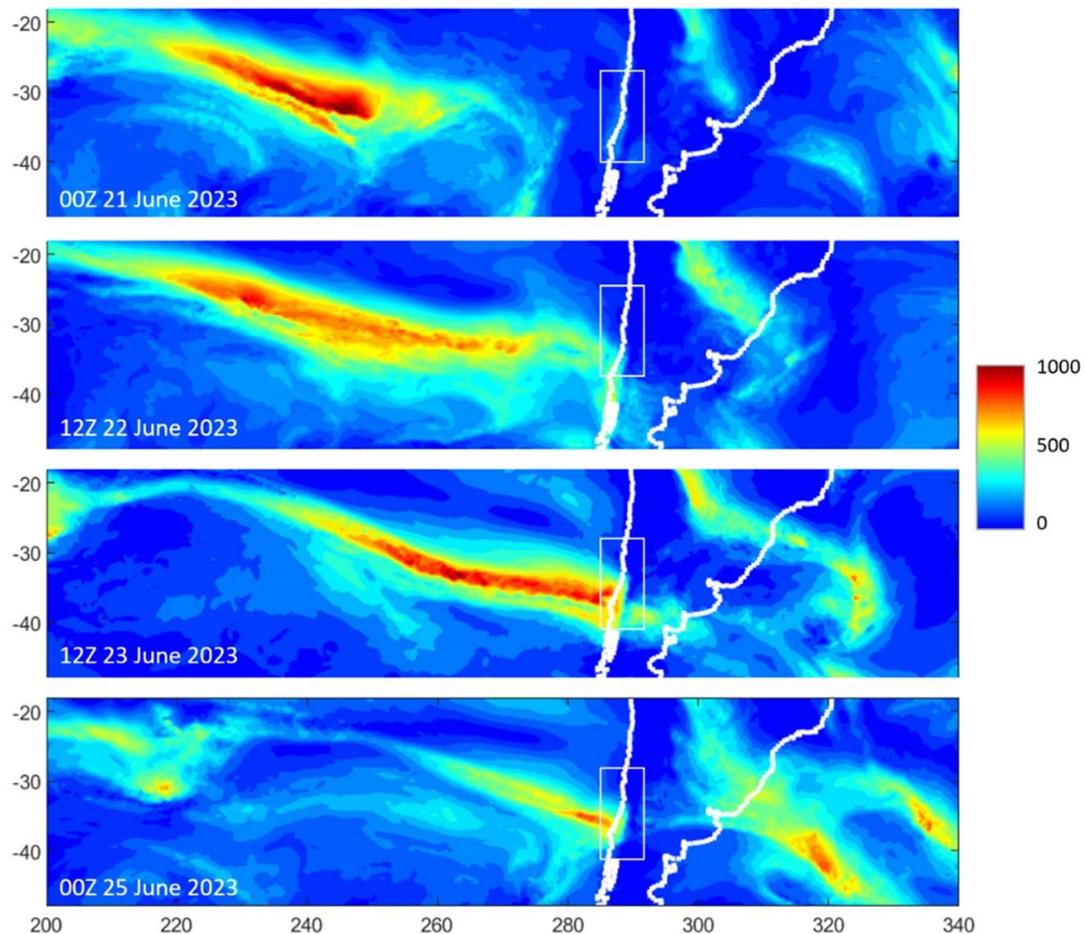
Nuevamente, de manera preliminar, el periodo de retorno de la crecida en el Maule es mayor a los 40 años (Aguilera 2007), más que el periodo de retorno de la precipitación. Esta diferencia parece tener su origen en otro elemento distintivo de esta tormenta: el ambiente cálido en cual ocurrieron las precipitaciones. Con una altura de la isoterma 0°C (Ho) que se mantuvo cercana a los 3300 msnm, el melting level estaba cercano a los 3000 msnn, generando un área pluvial mucho mayor que en una tormenta fría más tradicional (con un Ho cercano a los 2200 msnm).

Además de eso, la tormenta anterior (ocurrida entre el 8 y el 10 junio) había dejado nieve hasta unos 2100 msnm en la cordillera desde la región de O'Higgins hasta la del Biobío, y buena parte (más bien la totalidad) de ese manto nival se derritió con las condiciones cálidas y la lluvia-sobre-nieve de la actual tormenta.

Un río atmosférico (AR, por sus siglas en inglés) muy intenso y persistente (hasta 72 horas). Como lo hemos descrito antes, un río atmosférico es un filamento de fuerte transporte de humedad, usualmente por delante de un sistema frontal. Es importante reconocer que, aunque el nombre de río atmosférico es relativamente reciente (Zhu and Newell 1998), este fenómeno ha estado presente históricamente. La intensidad de un AR se mide por el transporte integrado de vapor de agua (IVT, por sus siglas en inglés) y, de acuerdo con eso, los ríos se clasifican en cinco categorías (Ralph et al., 2019). Cuando el transporte es débil o moderado (AR de categoría 1-2) estos eventos son mayormente beneficios, por ejemplo, aumentando la disponibilidad hídrica en zonas de

escasez. Por el contrario, cuando el transporte es intenso y se encuentra con una cadena montañosa como los Andes (AR de categoría 4-5) esto eventos son mayormente peligrosos y pueden causar inundaciones y aluviones. Por cierto, el cambio climático altera la frecuencia e intensidad de los AR a nivel global (Payne et al. 2020) al modificar el contenido de humedad en la atmosfera y los patrones de circulación. Los AR han afectado históricamente a nuestro país (Viale et al. 2018) y su futuro es materia de estudio.

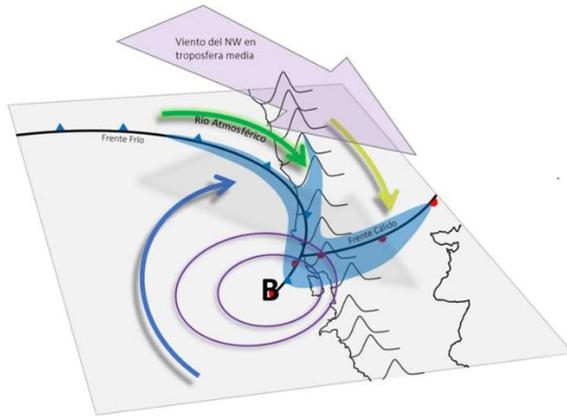
Mapas del transporte integrado de vapor de agua (magnitud en Kg/m/s) en instantes seleccionados durante la tormenta



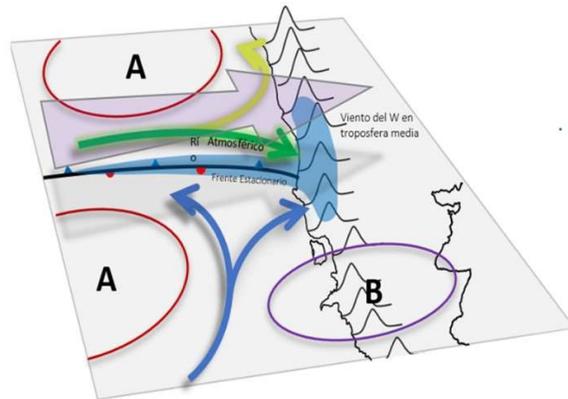
. Fuente de datos: Modelo GFS inicializado el 20 de junio de 2023.

En la mayoría de los AR la precipitación ocurre a medida que el vapor asciende sobre la masa de aire frío que viene desde el sur (aunque en Chile siempre hay un cierto grado de precipitación orográfica). Pero en un AR zonal, el flujo de humedad llega en forma normal a la cordillera y asciende sobre esta mucho antes que llegue el aire frío

(a) Río atmosférico inclinado
delante de un frente frío



(b) Río atmosférico zonal delante
de un frente estacionario



Imágenes satelitales post eventos

Se recopiló y analizaron imágenes satelitales Sentinel 2 LA2 Post eventos de precipitación ocurridos entre el 21 y el 26 de junio y del evento ocurrido entre el 18 y el 23 de agosto 2023

Obteniendo tres productos: a) Imagen optimizada color natural, b) NDWI y c) SWIR de fecha 26/06/2023 y 27/08/2023, siendo en ambos casos las más cercanas a los eventos.

Índice de diferencia normalizada del agua (NDWI) El índice de diferencia de agua normalizado es el más apropiado para el mapeo de cuerpos de agua. Los valores de las masas de agua son superiores a 0,5. La vegetación tiene valores menores. Las características construidas tienen valores positivos entre cero y 0,2.

Compuesto infrarrojo de onda corta (SWIR) Las mediciones de infrarrojos de onda corta (SWIR) pueden ayudar a los científicos a estimar cuánta agua hay presente en las plantas y el suelo, ya que el agua absorbe las longitudes de onda SWIR

Figura 8 Imagen satelital Sentinel 2LA2 26/06/2023

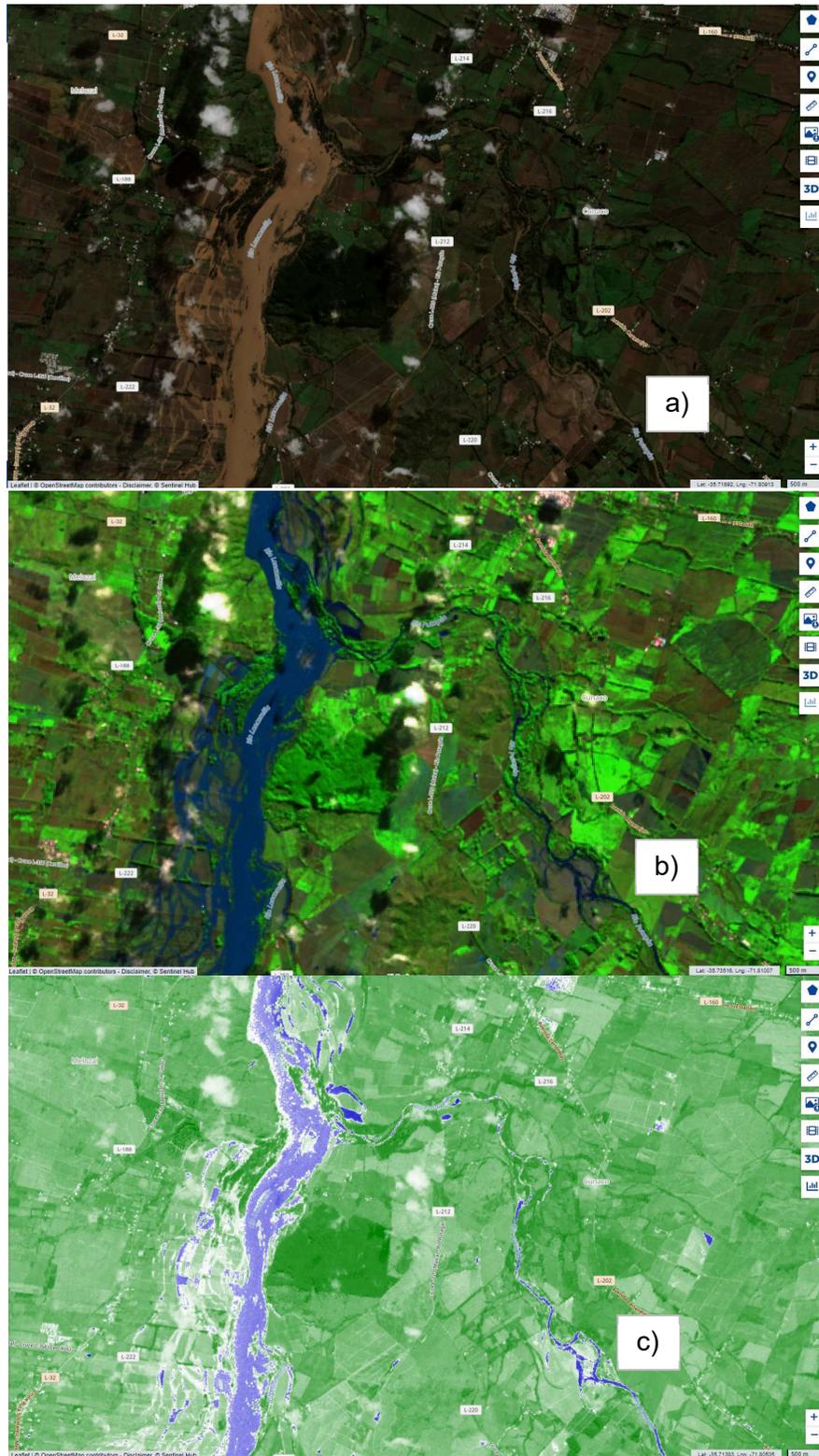
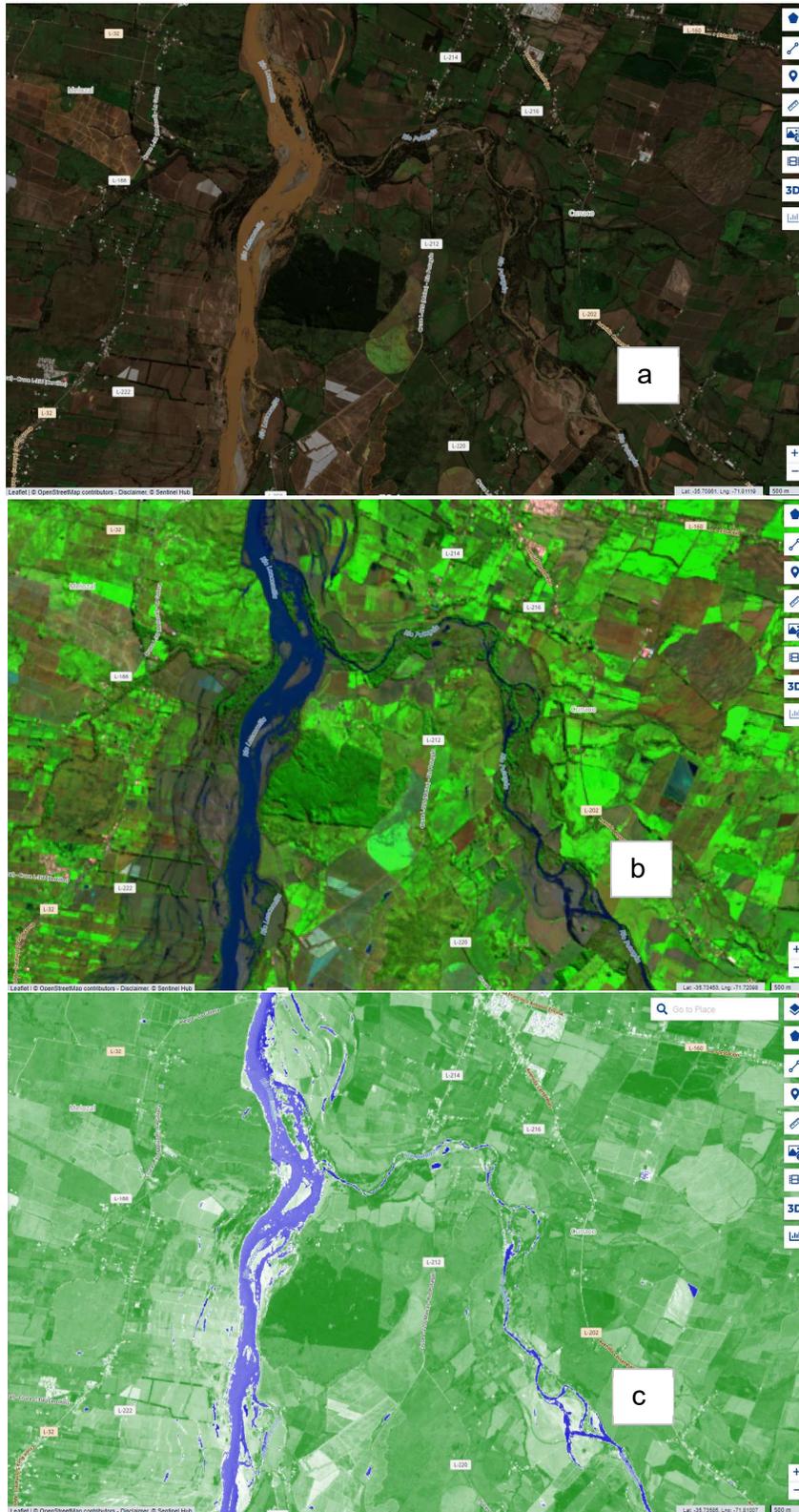
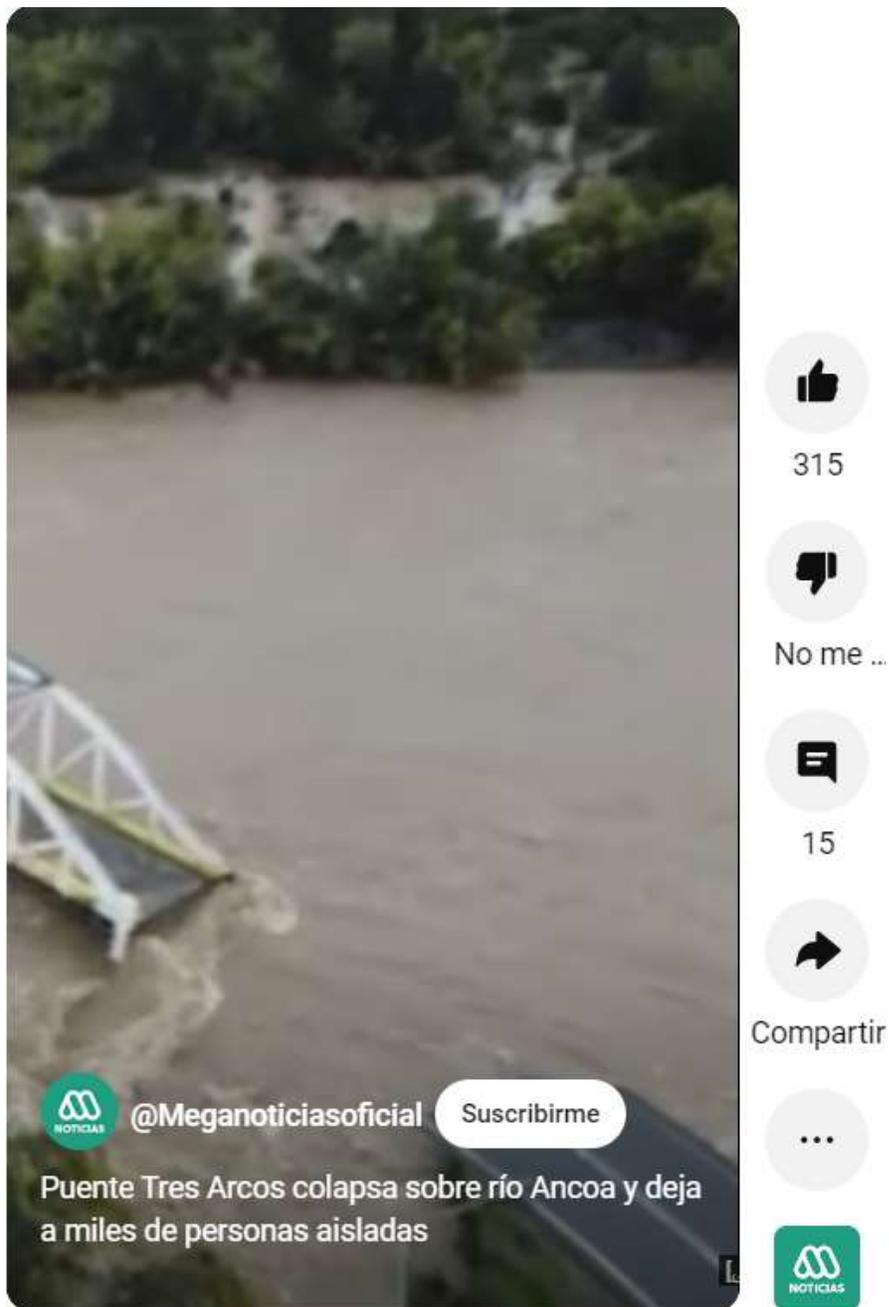


Figura 9 Imagen satelital Sentinel 2LA2 27/08/2023



Videos inundaciones 2023 comuna de linares

Puente Tres Arcos colapsa sobre río Ancoa y deja a miles de personas aisladas



<https://www.youtube.com/shorts/8E7iuQSA6Vw?feature=share>

Río Ancoa destruyó puente de acceso al sector Chupallar en Linares

es el puente de chupayán

T13

1,4 K

No me ...

55

Compartir

Comprar Super Thanks

T13 @tele13 Suscribirme

Río Ancoa destruyó puente de acceso al sector Chupallar en Linares

T13

<https://www.youtube.com/shorts/cCiRHqG41lw?feature=share>

3 ANTECEDENTES TEÓRICOS SOBRE EL RIESGO

3.1 Riesgo de Inundación y Anegamiento

Las inundaciones corresponden, en la mayoría de los casos, a un fenómeno de origen natural y recurrente para un río. “Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual, cada 2,33 años (Leopold et al. 1984, en Rojas, 2009). La mayor parte de las inundaciones resultan de la interacción que se produce entre el agua y el sedimento que se mueve o permanece en el cauce del río (Keller & Blodgett, 2007).

Keller & Blodgett (2007), definen inundación como un proceso natural por el cual el flujo rebosa el cauce, relacionando el proceso generalmente con la cantidad y distribución de las precipitaciones en una cuenca. Para estos autores, el fenómeno puede caracterizarse por el caudal como por la altura de la lámina de agua.

Para Monsalve (1999, en Rojas, 2009), no se deben confundir los términos entre creciente e inundación. Una creciente es simplemente la ocurrencia de caudales relativamente grandes, en cambio una inundación es la ocurrencia de caudales suficientemente grandes que se salen de su cauce, de esta forma una creciente puede o no causar una inundación, como también una inundación puede o no provenir de una creciente (ej. Elevación del nivel del mar, represamientos). Conceptos similares son los ocupados en Estados Unidos por el Servicio Nacional de Meteorología, el que tiene un sistema de alertas de inundación designando una altura precisa en un lugar determinado. La fase de crecida comienza cuando se sobrepasa el nivel establecido, esperando que comience una inundación, una vez que el caudal se sitúa por debajo del nivel de crecida el río se encuentra en fase de encausamiento (Strahler, 1992).

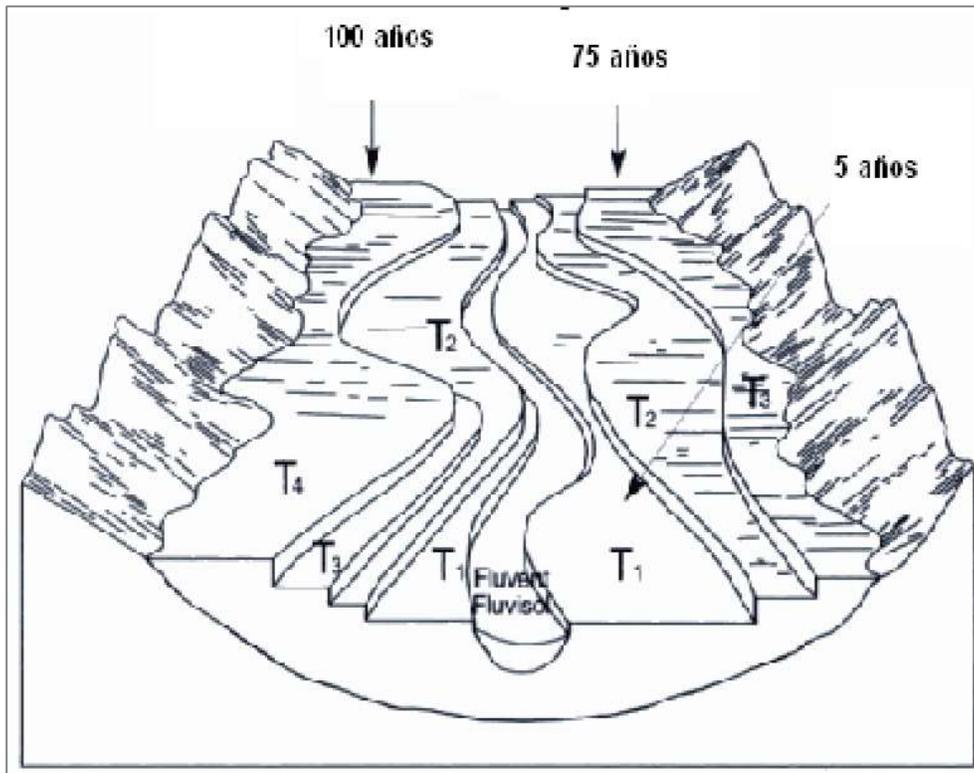
En síntesis, todas las definiciones apuntan a la superación de la capacidad de evacuación del cauce, pasando el agua a ocupar la llanura de inundación o lecho mayor, la definición de esta zona depende de la perspectiva del estudio, “como categoría topográfica es muy plana y se encuentra al lado un río; geomorfológicamente, es una forma de terreno compuesto primariamente de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos transportados por el río en cuestión; hidrológicamente, está mejor definida como una forma de terreno sujeta a inundaciones periódicas por un río padre” (Schmudde, 1968, en Rojas, 2009), en síntesis corresponde a una zona relativamente plana ubicada en una zona adyacente al cauce que sufre inundaciones periódicas.

El sistema fluvial responde al aporte de agua desde fuera del sistema (Camarasa, 2002, en Rojas, 2009), produciendo una aceleración de los procesos de erosión, transporte y sedimentación en el área afectada. En la intensificación de un proceso de crecida que puede terminar en inundación, intervienen factores espacio-temporales del evento, que dicen relación con la propagación del agua valle abajo, algunos de estos factores fueron expuestos por Mateu (1988, en Rojas, 2009): Condiciones climáticas e hidrológicas previas registradas en la cuenca; caracteres físicos de la cuenca: topografía, superficie drenada, litología, cubierta vegetal, uso de suelo, canalizaciones, tipo de suelo, densidad y jerarquización de la red de drenaje. Características de los canales: morfología del lecho, geometría del cauce, procesos naturales, obstrucciones.

Para determinar los alcances de una posible inundación se utiliza el concepto de intervalo de recurrencia o tasa de retorno, entendido como el tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud determinada, se acostumbra a denotarlo con T (Aparicio, 1989; Chow et al. 1994; Keller & Blodgett, 2007, en Rojas, 2009), generalmente y si las metodologías y datos disponibles lo permiten, cada terraza de inundación tendrá su propio período de retorno (Figura 19).

Tarback & Lutgens (2005, en Rojas, 2009), clasifican las inundaciones en primer lugar por sus causas, sean estas naturales o humanas. A partir de ello establecen una clasificación por cuatro tipos de inundaciones: inundaciones regionales; inundaciones repentinas o avenidas; inundaciones por obstrucción de hielo; inundaciones por rotura de represas.

Figura 10 Terrazas de inundación con periodos de retorno hipotéticos



Fuente: Modificado de Porta & López-Acevedo, 2005

Keller & Blodgett (2007), identifican dos tipos de inundaciones: inundaciones de cabecera y de valle. Las inundaciones de cabecera se producen en las partes altas de las cuencas fluviales, por rotura de presas, diques y obstrucciones de hielo. Por su parte las inundaciones de valle son las más conocidas, comúnmente aparecen en la prensa y son el resultado de tormentas que saturan el suelo y hacen aumentar la escorrentía. Ollero (1997, en Rojas, 2009), identifica seis tipos de inundaciones en cursos fluviales, y agrega las inundaciones provocadas por el mar, pero con la sinergia de las crecidas fluviales.

Los efectos de una inundación pueden ser vistos desde el punto de vista del medio natural como del medio antrópico. En el medio natural podemos mencionar: movilización de gran cantidad de sólidos desde la cabecera de la cuenca; aceleración de los procesos de erosión, transporte y sedimentación; generación de corrientes anárquicas en llanos de inundación como también microformas de relieve; variaciones de geometría y trazado del cauce; renovación del ambiente fluvial y de los hábitats. En el medio humano las consecuencias son en su

mayoría negativas: daños en infraestructuras; repercusiones en la vida humana (falta de comunicaciones, gastos económicos, cesantía, efectos psicológicos, sociológicos, problemas de salud, abastecimiento, etc.); pérdida de vidas humanas (Ollero, 1997, en Rojas, 2009).

Respecto de la carga sedimentaria y su relación con los desbordes, esto tiene como explicación el hecho que las variaciones de pendiente en el eje longitudinal de los cauces provocan modificaciones en la velocidad con que escurre el agua, lo que motiva la sedimentación o abandono local de la carga de sedimentos provocando consecuentemente una reducción de la sección transversal y, por lo tanto, de la capacidad de estos cauces para contener y evacuar las aguas.

En otros casos, cuando se trata de inundaciones o "salidas de madre" en condiciones de caudales "normales" (altas aguas medias), cuya causa suele encontrarse en la reducción de la sección de los colectores en forma artificial (angostamiento por urbanización, relleno por desechos), o natural (sedimentación progresiva o colmatación por arrastre de sedimentos), o accidental (eventos que provocan obstrucción parcial o total) como son los deslizamientos de tierra, los derrumbes, la caída de árboles, el derrumbe de puentes, etc.²

4 VISITAS A TERRENO.

Las visitas a terreno tienen como finalidad en primer lugar el reconocimiento del territorio y sus relaciones, en segundo lugar, el registro de procesos geomorfológico antiguos y recientes, conversaciones informales con los habitantes de los distintos sectores de la comuna y en tercer lugar revisar el producto de las modelaciones realizadas (áreas de riesgos) en terreno, de esta manera se puede ajustar las ponderaciones de los factores y acercarlos a la realidad territorial.

Las visitas a terreno comenzaron en el mes de diciembre de 2023, se recorrió gran parte del territorio comunal, centros poblados y sectores de interés. Desde la perspectiva de los riesgos naturales, se realizaron algunos hallazgos como los que se muestran a continuación.

² Ferrando A., Francisco J. Sobre inundaciones y anegamientos. En: Revista de Urbanismo, N°15, Santiago de Chile

Figura 11 Muestra registro fotográfico terreno diciembre 2023

a) Localidad de Palmilla, Callejón los aromos, sector los Maitenes



Activación de paleo cauce Río Achibueno genera inundación de una veintena de viviendas en callejón Los Aromos. En la fotografía se puede observar la socavación de la fundación de la vivienda

b) Sector Guapi Bajo



En la fotografía se puede observar troncos arrastrados por el caudal y las bancas de concreto removida de su posición original del parque inundable

c) Casa aislada por activación de palo cauces del Rio Ancoa



En distintos sectores de la precordillera y del valle se localizan viviendas en los lechos y terrazas adyacentes de los cauces principales, quedando altamente expuestas a inundaciones y daños en las viviendas

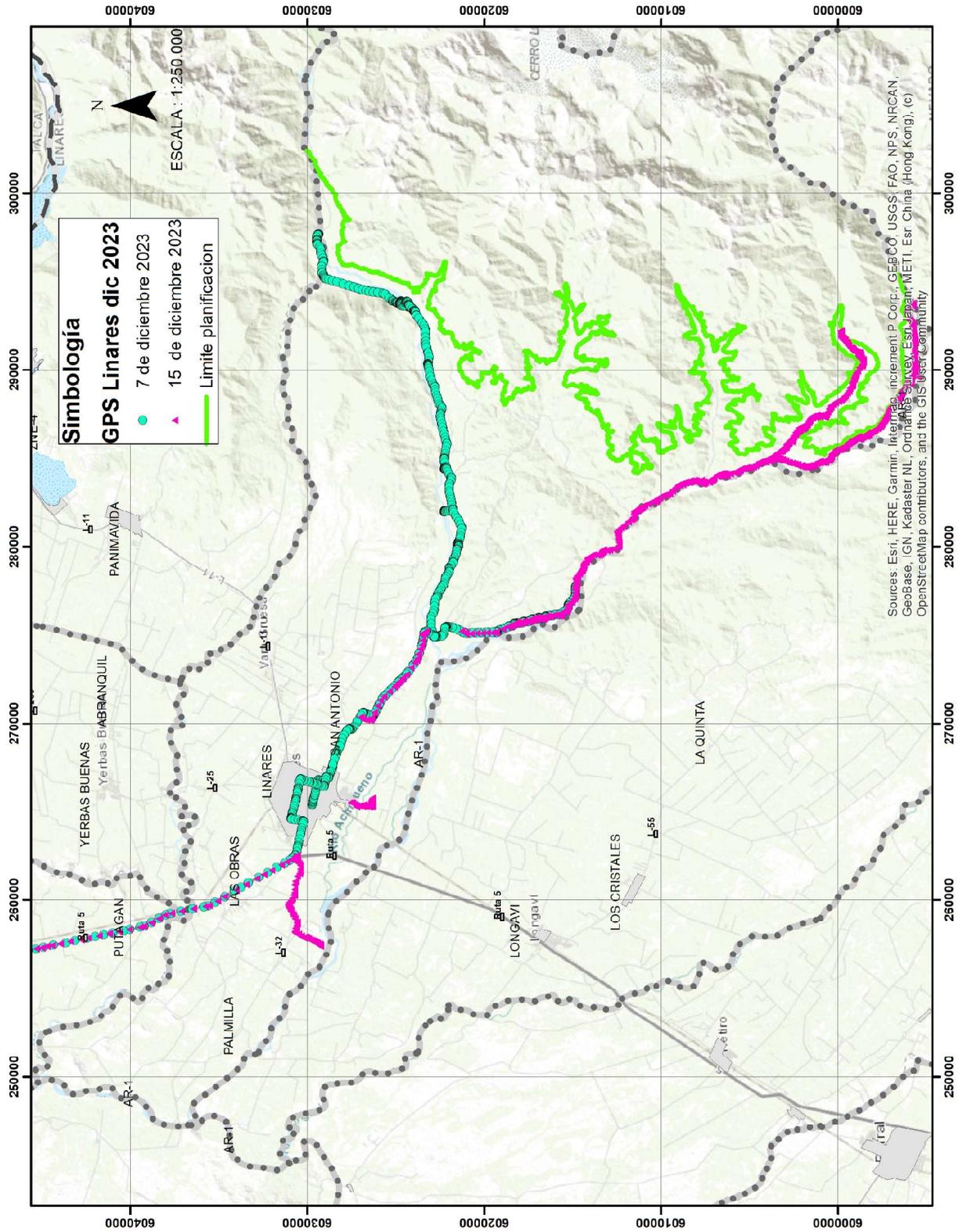
d) Socavamiento bases de puente, sector Chupallar



Actualmente se encuentra habilitado un Baden con tubos HDPE (media temporal de conexión)

En la siguiente figura se sintetizan 3 días de recorrido en el área de estudio con apoyo de GPS (truck), señalando los sectores de cada recorrido.

Figura 12 Campaña terreno diciembre 2023



Fuente: Elaboración propia

5 METODOLOGÍA

En el marco del desarrollo del estudio del Plan Regulador Comunal, ha sido necesario elaborar un estudio que permita determinar los niveles de riesgos por fenómenos naturales que es posible definir a escala 1:25.000.

A continuación, se efectúa el análisis respecto de los componentes físicos del riesgo y su evaluación en función de los objetivos del estudio. A continuación, se presenta el desarrollo de cada uno de estos aspectos en detalle.

- **Metodología General del Estudio**

El método utilizado para la definición de riesgos corresponde a la superposición de cartas temáticas digitales, utilizando como herramienta un sistema de información geográfico, obteniendo de esta forma una carta integradora de distintas variables, que condicionan la ocurrencia de fenómenos naturales, que se traducen en riesgo para la población.

Los pasos metodológicos aplicados se describen a continuación.

- **Definición de variables que determinan el riesgo**

Las variables que determinan los distintos tipos de riesgos corresponden a distintos factores que, por una parte, son componente importante del riesgo y que, a su vez, se encuentran disponibles a la escala de análisis necesaria para los objetivos del estudio.

- **Elaboración de Cartas temáticas para cada variable que determina el riesgo, determinando sub-unidades espaciales.**

Para cada una de las variables o factores que determinan los distintos tipos de riesgos se elabora una carta temática que busca identificar las condiciones específicas de cada variable, que permiten desencadenar distintos niveles de riesgo. Estas condiciones específicas de cada variable son espacializadas y representan sub unidades al interior de cada carta temática. Por ejemplo, uno de los factores que determina el riesgo de inundación es la Carta hidrológica, la cual define: ríos, esteros, canales, etc. En este caso, los ríos presentan mayor potencialidad de ser afectados por inundaciones que los esteros o quebradas, ya que constituyen drenes de mayor jerarquía.

- **Determinación de valores relativo para cada sub-unidad espacial**

Cada una de las sub-unidades descritas anteriormente reciben un valor relativo a la potencialidad de generar riesgo. El valor numérico asociado a cada valor relativo ha sido extraído de diversas fuentes, principalmente Ferrando (1998) y Brignardello (1997).

- **Determinación del Peso absoluto que tiene cada variable en la ocurrencia del riesgo.**

Del mismo modo que los valores relativos establecido para cada sub- unidad al interior de las cartas temáticas, Ferrando (Op. Cit.) define pesos absolutos de los distintos factores que determinan el tipo de riesgo. Sin embargo, al no utilizarse los mismos modelos de riesgo, sino que adaptaciones relacionadas a la disponibilidad de información, se modificaron dichos ponderadores mediante contrastación de los resultados del modelo y los riesgos catastrados en terreno.

- **Asociación del peso absoluto y los valores relativos que posee cada variable y sub-unidades al interior de cada carta temática.**

Como resultado de proceso anterior, se obtendrá una serie de cartas temáticas con sub unidades o polígonos. Cada sub-unidad tendrá asociado un valor relativo y cada carta temática tiene asociado un peso absoluto vinculado a la importancia que tiene dicho componente en la generación del tipo de riesgo. El siguiente paso del modelo es realizar una factorización de cada sub-unidad con el peso absoluto de la carta temática a la cual corresponde, es decir, se realiza a través del SIG (álgebra de mapas, a través de Spatial Analyst) la multiplicación del peso absoluto, definido para la carta temática, por los valores relativos asociados a cada polígono.

- **Superposición de las distintas cartas temáticas**

Finalmente, las cartas temáticas asociadas a cada tipo de riesgo serán superpuestas a través del SIG, con el objetivo de realizar una suma de los valores que tendrá cada sub unidad de las distintas cartas temáticas, generando nuevas subunidades en una carta final resultante. Los valores que resulten de la suma de las distintas sub unidades serán agrupados en cuartiles que definirán (desde los rangos mayores a los menores) los distintos niveles de riesgo para la región.

A continuación se presentan los resultados y metodología específica de cada tipo de riesgo asociado a este estudio.

5.1 Inundación y desbordes

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, bien por desbordamiento de ríos y cursos de agua.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura en vegas y riberas.

La información relevante para la modelación del riesgo por inundaciones que ha sido analizada, espacializada e integrada a través de un SIG (Arc GIS – Spatial Analyst) para la determinación de áreas de riesgo de inundación, corresponde a las siguientes variables:

Información base

- Cartografía digital Instituto Geográfico Militar escala 1:50.000, Región del Maule.
- DEM Alos Palsar Región del Maule, 12.5x12.5 mts por pixel, año 2018
- Imagen satelital Sentinel T19HBA_20230826T143731_TCI_10m.jp2 de 10x10 mts por pixel de fecha 26 de agosto 2023 (post ultimo evento de inundaciones imagen color RGB)
- Estudio de riesgos “Plan Regulador Intercomunal de Linares” 2012

Procesos de morfometría basados en DEM Alos Palsar

- Pendiente en grados
- Elevación del terreno cada 5 m (generación de curvas de nivel 5 mts equidistancia)
- Curvatura (plano, cóncavo y convexo)
- Geomorfología de cauce (Terrazas basado en modelos Hillshade e imagen satelital sentinel)

Comprobación de terrazas inundables

La validación de la definición del cauce y terrazas inundables se realiza con la información de entregada por el mandante con el catastro georreferenciado de las inundaciones de la Ficha 2 MINVU 2023 y visitas a terreno validando información.

6 ÁREAS DE RIESGO

A partir de la superposición de información y análisis de los antecedentes, se identifican áreas de riesgo (o zonas con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de alguna amenaza), lo que permitirá actualizar y/o modificar el Plan Regulador Comunal, cumpliendo con la Ley General de Urbanismo y Construcciones y aplicación de artículo 27.

Es importante señalar que, dados los alcances del presente estudio, así como la escala de trabajo, existirán peligros reconocidos que serán zonificables y otros no. Como peligros no zonificables se considerarán aquellos que requerirían estudios de mayor detalle para poder determinar su distribución (licuefacción), o que quedan fuera de los alcances definidos para el presente trabajo. Por el contrario, como peligros zonificables se incluirán aquellas amenazas en que se puede categorizar la susceptibilidad y por lo tanto determinar una categorización de la misma. A medida que se realice una descripción de las amenazas identificadas para la comuna, se indicará si estos son o no zonificables, indicando los criterios utilizados y áreas susceptibles según corresponda.

Tabla 8 Homologación entre “áreas de riesgo” según el artículo 2.1.17 de la OGUC y la nomenclatura utilizada en este estudio.

“Áreas de riesgo” según artículo 2.1.17 de la OGUC	Tipo de peligro	Susceptibilidad
Zonas inundables o potencialmente inundables: debido a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.	Corresponde a: - Áreas de riesgo por desbordos de cauces y anegamiento.	- Muy alta - Alta - Moderada

Fuente: Elaboración propia en base a Art 2.1.17 OGUC

La zonificación de la Susceptibilidad

Para definir los criterios que permitan incorporar los peligros naturales dentro de la zonificación urbana, es necesario tener claros los criterios utilizados en la definición de las diferentes categorías de susceptibilidad y la zonificación resultante. En este sentido, en la siguiente tabla se resumen los factores que condicionan y desencadenan cada peligro geológico y los elementos metodológicos con los que se asignó la distribución espacial de la susceptibilidad, los que son descritos precedentemente.

Es muy relevante comprender que la categorización de susceptibilidad se relaciona con la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno dado en un área determinada, pero corresponde a una categorización cualitativa, de carácter relativo, y no cuantitativa.

Pese a que el concepto de susceptibilidad no contempla la cuantificación de períodos de retorno, ni probabilidades de ocurrencia, sí estipula niveles que indican de manera relativa la frecuencia con que ocurre un cierto fenómeno. En este sentido, las zonas de ‘muy alta’ susceptibilidad son aquellas que muy probablemente serán afectadas en caso de ocurrir un evento del peligro analizado, las zonas de ‘alta’ susceptibilidad serán aquellas afectadas por eventos extremos (en muchos casos son los más grandes de los que se tengan registros históricos) y las de ‘moderada’ susceptibilidad se asocian a eventos excepcionales, de los que muchas veces no existen registros históricos, pero si otro tipo de evidencias, como evidencias

geológicas o morfológicas. Por otra parte, mientras la magnitud de un evento sea más intensa, se producirán daños mayores, pero los daños serán más importantes en la medida que mayor sea la susceptibilidad del territorio. En consecuencia, se recomienda que, mientras mayor sea la susceptibilidad de un área específica, mayores sean las restricciones y/o condicionantes para su utilización.

Tabla 9 Resumen de factores que condicionan y desencadenan cada peligro geológico y criterios de zonificación de la susceptibilidad

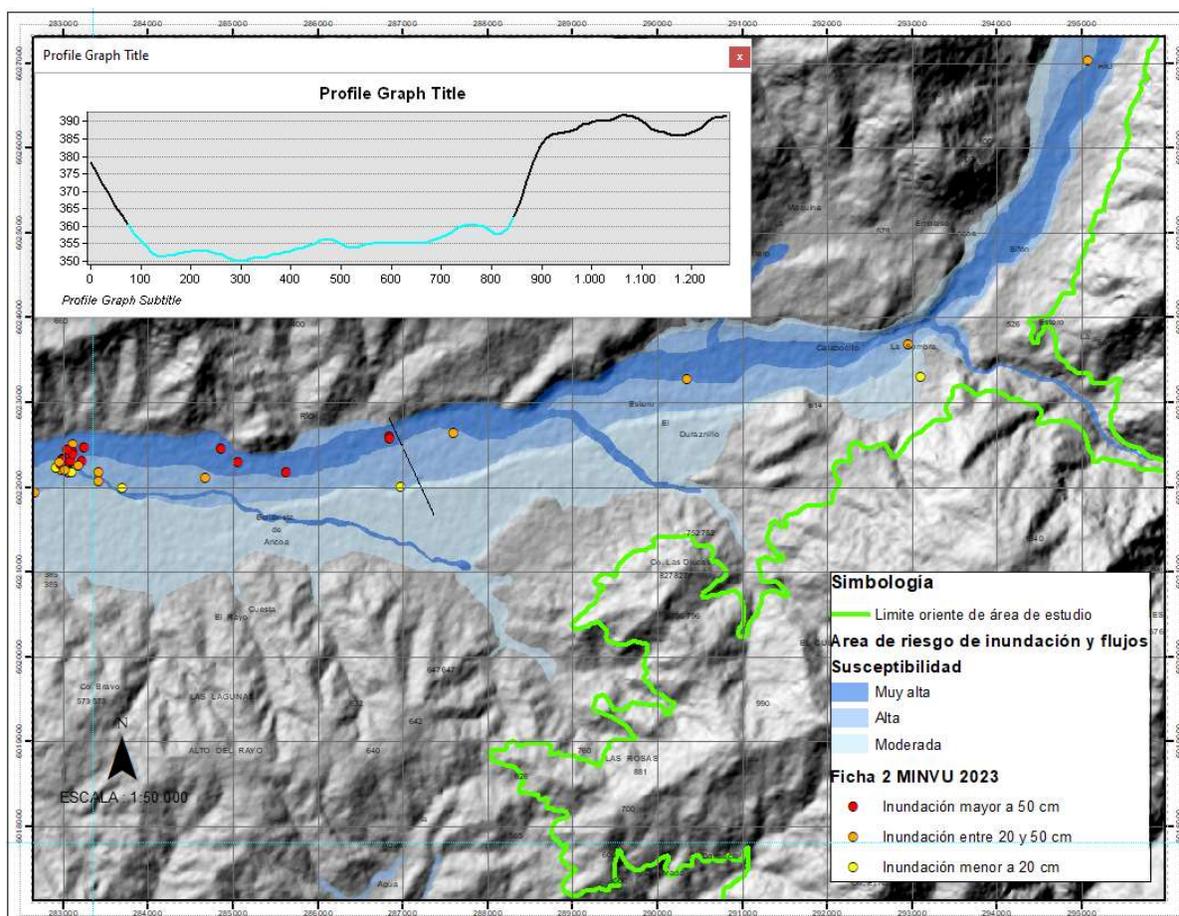
Peligro	Factores condicionantes	Factores desencadenantes	Elementos de zonificación
Inundaciones por desborde de cauce	- Características morfológicas de la red de drenaje	- Lluvias intensas	- Catastro de eventos de inundación (Ficha 2 MINVU 2023) - Unidades geológicas - Red de drenaje - Observaciones de terreno - Estudios hidráulicos existentes
Inundaciones por anegamiento	- Morfología - Malas condiciones de drenaje	- Lluvias	- Imágenes satelitales - Catastro de humedales

Fuente: Elaboración propia

6.1 Inundaciones por desborde de cauces y anegamientos

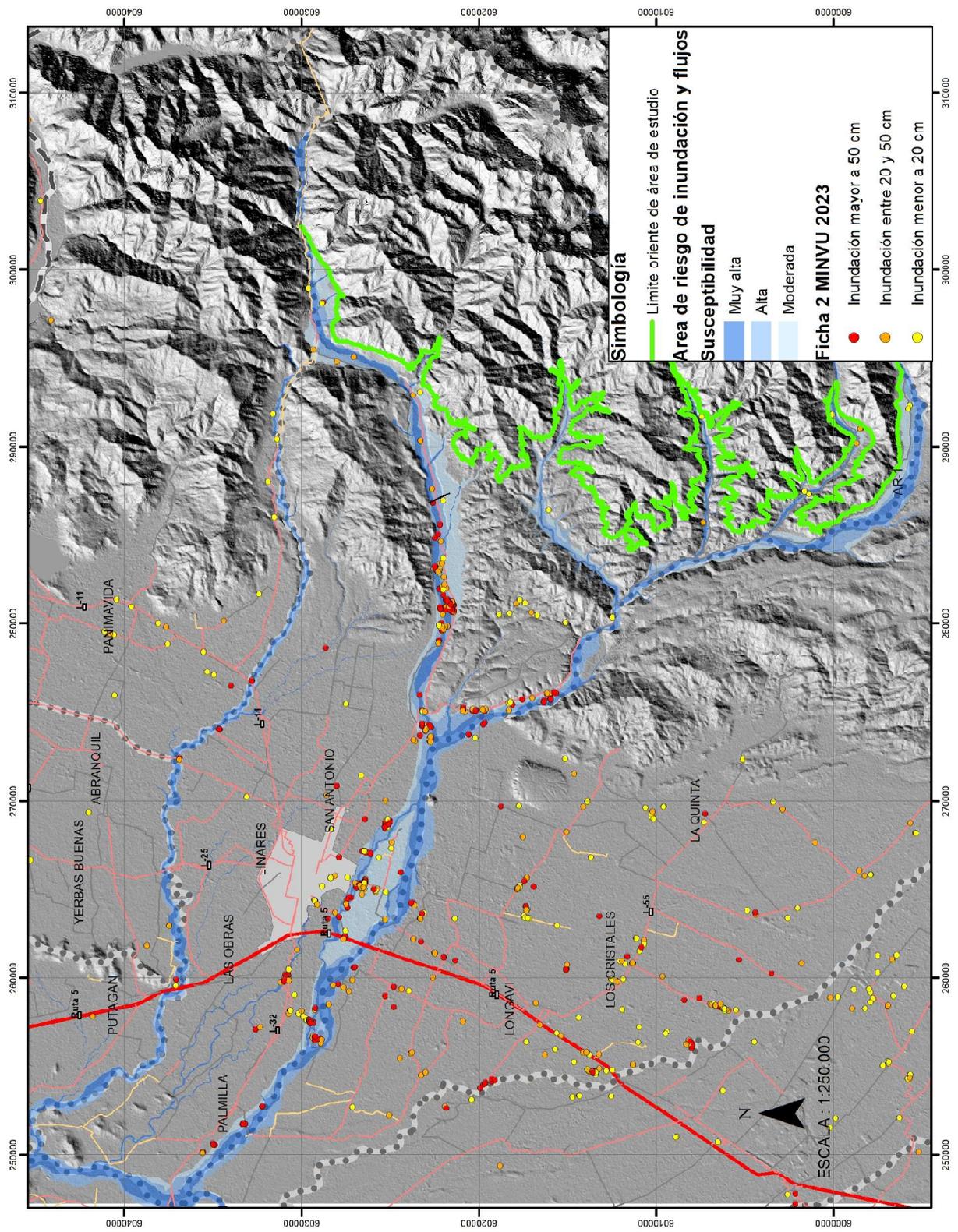
Identificación de terrazas de inundación y georreferenciación de Ficha 2 MINVU 2023 en sector Vega de Ancoa, donde el cauce actual del río presenta una diferencia de altura menor a 5 mts quedan el cauce actual como susceptibilidad muy alta y la terraza adyacente como alta, confirmados con los puntos de inundación de la ficha FIBE

Figura 13 Perfil topográfico y susceptibilidad de inundación sector Ancoa



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Áreas de riesgo de inundación por desborde de cauces



Fuente: Elaboración propia

7 CONCLUSIONES

En el área de estudio existe importantes cuencas (Río Achibueno, Río Ancoa y Río Putagan) de alimentación nivopluvial, generando dos periodos de aumento de caudal (invierno y verano). En dichas cuencas la isoterma 0° generalmente se encuentra a altura de 2000 2200 msnmm y en ocasiones pueden aumentar la altura sobre los 3000 msnmm aumentando significativamente el área aportante de la cuenca y consecuentemente importantes aumentos de caudal por el derretimiento de nieve como lo eventos hidrometeorológicos ocurrido en junio y julio de 2023. La conexión con ríos atmosféricos e isotermas 0° a gran altura son eventos recurrentes en la zona central del país y explican en parte la geomorfología con terrazas inundables de los principales cauces.

En el presente estudio se identificaron al menos 3 terrazas en los cauces principales, esto apoyados por DEM de 12,5x12,5 metros por pixel y de imágenes satelitales post eventos de 2023 el cruce de las áreas inundables coincide en gran medida con el levantamiento de Fichas 2 MINVU post eventos, donde se registraron inundación sobre los 20 cm y mayores a 50 cm

Cabe mencionar que los eventos ocurrido en junio y agosto de 2023 pueden seguir registrándose en el corto o mediano plazo (conjugándose nieve a baja altura e isoterma 0° sobre los 3000 msnmm), siendo la principal causa del gran aumento de caudal de los cursos principales de alimentación nivopluvial. Las tasas de retorno de precipitaciones rondan los 40 a 50 años, pero las crecidas de caudal superan los 100 años en los ríos de Maule y Mataquito a consecuencia de la isoterma 0° en altura

Recomendaciones

Respecto de las áreas de riesgo de inundación por desborde de cauces y en especial las asociadas a río y esteros se sugiere que desde la perspectiva de la planificación dichas áreas de riesgos sean incorporadas como áreas verdes intercomunales o parques de manera de no incentivar la ocupación residencial en dichos sectores. Este uso es compatible con el comportamiento de los cauces y sus terrazas inundables, y asegura el normal funcionamiento ecosistémico de los cauces (flora y fauna).

PLAN DE MITIGACION O DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES

Las medidas prevención/mitigación se basan en el supuesto básico de que el impacto de un desastre puede ser evitado, o reducido, cuando su ocurrencia haya sido prevista durante la planificación para el desarrollo. La mitigación de desastres generalmente supone reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, modificar la exposición del lugar al peligro o cambiar su función, con la finalidad de fortalecer la calidad de vida de la población evitando las crisis y reduciendo los daños o pérdidas.

El presente capítulo contiene las fichas resumen de medidas de mitigación propuestas. Estas han sido elaboradas considerando el desarrollo estratégico del territorio con la finalidad de hacer posible el desarrollo sustentable de la urbanización del área y mejorar las capacidades de repuesta del municipio/población ante las diferentes emergencias.

- Estudio de capacidad de respuesta ante emergencias

Nombre de la Iniciativa	Estudio de capacidad de respuesta ante emergencias.
Objetivo General	Analizar la capacidad de respuesta comunal frente a diversos riesgos.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar los recursos disponibles por territorios para dar respuesta a diversas emergencias. •Establecer brechas de capacidades territoriales para respuesta ante emergencias. •Confeccionar un programa de inversión para superar las brechas establecidas a nivel de los territorios comunales.
Tipo de Medida	Medida de gestión municipal y estudios

- Estudio de estándar de albergues para la comuna y certificación de mismos.

Nombre de la Iniciativa	Estudio de estándar de albergues para la comuna y certificación de mismos.
Objetivo General	Analizar las características de la infraestructura comunal que pueda ser utilizada como albergue de emergencia.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> •Analizar el cumplimiento de los requisitos básicos de la infraestructura a utilizar como albergues durante emergencia en la comuna. •Certificar los albergues comunales designados.
Tipo de Medida	Medida de gestión municipal y estudios.

- Plan anual de simulacros, actualización PISE y planes de emergencia de reparticiones.

Nombre de la Iniciativa	Plan anual de simulacros, actualización PISE y planes de emergencia de reparticiones.
Objetivo General	Generar un instrumento de preparación y respuesta basado en simulación y simulacros que facilite el desarrollo de acciones organizadas y coordinadas al enfrentar emergencias siconaturales.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> •Crear un plan anual de simulacros comunitarios y en las reparticiones municipales. •Dar apoyo municipal en la coordinación y actualización de los PISE para los establecimientos educacionales de la comuna. •Desarrollar planes de emergencia en las diferentes reparticiones municipales.
Tipo de Medida	Medida educación y comunicación del riesgo

- Potenciar capacitación comunitaria

Nombre de la Iniciativa	Potenciar capacitación comunitaria
Objetivo General	Potenciar capacitación comunitaria en materia de riesgo, emergencias y desastres
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> •Detectar necesidades de capacitación comunal. •Definir contenidos y resultados de aprendizajes de capacitaciones. •Establecer calendario anual de capacitaciones
Tipo de Medida	Medida educación y comunicación del riesgo.

- Plan de contingencia en materia de residuos sólidos; escombros y restos de demolición durante desastres.

Nombre de la Iniciativa	Plan de contingencia en materia de residuos sólidos; escombros y restos de demolición durante desastres.
Objetivo General	Establecer plan de gestión de residuos sólidos en situaciones de desastres.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar las fuentes de residuos sólidos en situaciones de desastres. •Evaluar diferentes escenarios de desastres para determinar impactos. •Diseñar (actualizar) plan de gestión de residuos sólidos para responder antes las situaciones de desastres.
Tipo de Medida	Medida de gestión municipal y estudios.

8 REFERENCIAS

- Araya-Carcedo, F.; Olcina J. 2002. Riesgos Naturales. Editorial Ariel S.A., 1512 pp.
- Escobar, F.; Guzman, R.; Vierina, C., 1977. Avance geológico de las Hojas Rancagua – Curicó – Talca – Linares – Chanco, Concepción y Chillán. Escala 1:250.000. Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG). Inédito.
- González de Vallejo, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. 2002. Ingeniería Geológica. Editorial Pearson. 744pp
- Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Gobierno de Chile, Junio 2011. Registro de Propiedad Intelectual N°: 205-409. I.S.B.N.: 978-956-8468-34-7
- Keller, E.; Blodget, R. 2004. Riesgos naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. Editorial Pearson, S.A., Madrid 2004. 448 pp.
- Moreno P Daniela 2015, Recarga Artificial de Acuíferos En La Cuenca del Río Maule: Determinación de Sectores Favorables y Evaluación Económica. Tesis de grado, Depto. de Geología. Universidad de Chile, 121 pp.
- Minvu 2023, Ficha 2 (catastro georreferenciado de viviendas inundadas)
- Norma Chilena Oficial. Diseño Sísmico de Edificios. NCh433.Of.1996. Instituto Chileno de Normalización y modificaciones 2010 y 2011.
- SERNAGEOMIN. Mapa geológico de Chile escala 1:1.000.000.
- SERNAGEOMIN. Preliminar de Peligros Volcánicos Complejo Volcánico Laguna Del Maule (escala 1:100.000, año 2012). Álvaro Amigo R. Daniel Bertin U. Escala 1: 100.000
- SERNAGEOMIN. Preliminar de Peligros Volcánicos Volcán Cerro Azul – Quizapu (Escala 1: 100.000, año 2012), 71°04' 5°20' TALCA Álvaro Amigo R. Daniel Bertin U. Gabriel Orozco L.
- SERNAGEOMIN. Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile.
- Rojas, Octavio, Mardones, María, Arumí, José Luis, & Aguayo, Mauricio. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. Revista de geografía Norte Grande, (57), 177-192

Otras Fuentes:

- www.csn.uchile.cl/ Centro Sismológico nacional. Sismos y sismicidad en Chile.
- www.bcn.cl/siit/nuetropais/
- <https://www.cr2.cl/analisis-cr2-vuelven-los-gigantes-un-analisis-preliminar-de-la-tormenta-ocurrida-entre-el-21-y-26-de-junio-de-2023-en-chile-central/>
- <https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=14&lat=-35.87858&lng=-71.59069&themeld=DEFAULT->

[THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Ff393-4320-bc0f-990129bd9e63%2Fd%2Fdataset%2FS2_L2A_CDAS&fromTime=2023-06-26T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2023-06-26T23%3A59%3A59.999Z&layerId=6-SWIR&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE](https://f393-4320-bc0f-990129bd9e63.dataspace.copernicus.eu/f393-4320-bc0f-990129bd9e63/dataset/S2_L2A_CDAS?fromTime=2023-06-26T00:00:00Z&toTime=2023-06-26T23:59:59Z&layerId=6-SWIR&demSource3D=MAPZEN&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE)

•