

INFORME DE VIABILIDAD HIDROCLIMÁTICA

Evaluación preliminar para decisiones de
inversión, construcción y planificación
territorial



Recomendable con mitigación

Resultado de la evaluación

6.8/10

RIESGO INTEGRADO

Media

CONFIANZA

Coordenadas: -28.8239° S / 70.4435° O

Fecha de emisión: 3 de mayo de 2026

Identificador: b81ef06d-a5c...

Plan: Premium

Versión metodológica: v2.0



Verificar autenticidad

InformeHidrico — Plataforma de Informes Hidroclimáticos Profesionales
Evaluación preliminar automatizada • No reemplaza estudio de ingeniería

Resumen Ejecutivo



Recomendable con mitigación

El sitio presenta un riesgo hidrológico medio-alto (score 6.8/10), asociado a susceptibilidad a inundación y sequía y estrés hídrico. El desarrollo es posible con mitigación adecuada y validación técnica adicional.

RIESGO INTEGRADO: 6.8 / 10



⚠ Principales Alertas

La simulación indica que el 30.0% del área es potencialmente inundable.

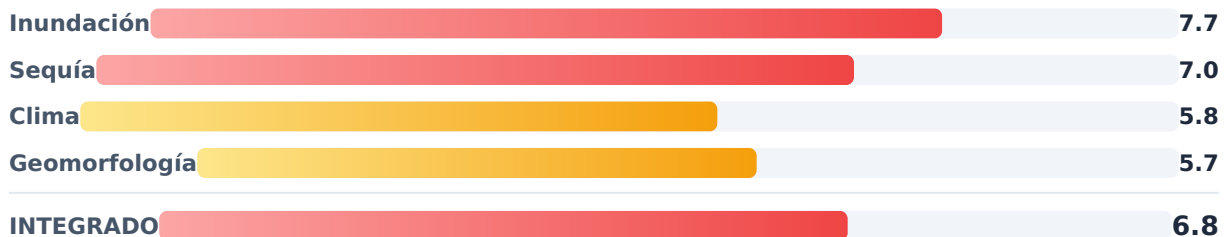
La susceptibilidad topográfica muestra un alto riesgo con un HAND de 1.0 m.

Se detectaron 2 períodos de sequía, con una duración máxima de 11 años.

Se proyecta una reducción del 18% en la precipitación bajo el escenario RCP 4.5.

⚠ Existe una discrepancia entre fuentes satelitales con una correlación de $r=0.29$.

DIMENSIÓN	NIVEL	SCORE
Inundación local	● Alto	7.7 / 10
* Sequía / estrés hídrico	● Alto	7.0 / 10
Cambio climático	● Medio	5.8 / 10
Geomorfología	● Medio	5.7 / 10



Confianza del análisis: Media

✓ Fortalezas

- Buena cobertura temporal (62 años de datos)
- Amplio respaldo de datos (6 fuentes)
- Metodología reproducible con trazabilidad completa

⚠ Limitaciones

- Baja correlación CHIRPS vs CR2MET ($r=0.29$)
- Validación con estaciones favorece CR2MET mensual agregado, pero con ajuste limitado ($r=0.88$)
- Modelo hidráulico simplificado (HAND), pendiente de validación local

¿Qué significa para tu proyecto?

Vivienda

La construcción residencial está desaconsejada sin estudios de ingeniería detallados y obras de mitigación.

Loteo / Inmobiliaria

El desarrollo inmobiliario presenta riesgos significativos. Se requieren estudios obligatorios antes de avanzar.

Agricultura

Existe un alto riesgo por la disponibilidad hídrica. No es recomendable para cultivos de alta demanda sin tecnificación.

Industrial

Se requiere un diseño resiliente, sobredimensionamiento de drenaje y planes de contingencia hídrica.

Infraestructura crítica

Es necesario diseñar para $T \geq 50$ años. Es obligatorio un estudio hidrológico/hidráulico de detalle.

Acción Recomendada

Solicitar estudio hidrológico local y validar condiciones de drenaje antes de avanzar con el proyecto.

- Estudio de drenaje y diseño hidráulico local
- Implementar sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS)
- Evaluar seguridad hídrica y fuentes alternativas de agua
- Diseñar con período de retorno $T \geq 25$ años (adaptación climática)

Índice de Contenidos

1. Resumen de Riesgo

2. Descripción del Área de Estudio

3. Metodología

3.1 Fuentes de Datos

3.2 Criterios de Clasificación de Riesgo

3.3 Limitaciones y Alcance

3.4 Marco Normativo de Referencia

4. Eventos Extremos

4.1 Precipitaciones Máximas

4.2 Frecuencia de Eventos Intensos

4.3 Implicancias

5. Análisis de Sequías

5.1 Periodos Secos

5.2 Sequías Recientes

5.3 Impactos de la Sequía

6. Variabilidad Climática

6.1 Variabilidad Interanual

6.2 Anomalías y Tendencias

6.3 Distribución Mensual

7. Proyección de Riesgo Futuro

8. Períodos de Retorno

9. Análisis del Terreno e Hidrografía

10. Susceptibilidad a Inundación

11. Red Hídrica HydroSHEDS

12. Sequía Multiescala (SPEIbase)

13. Balance Hídrico Complementario (TerraClimate)

14. Simulación de Inundación

15. Derechos de Aprovechamiento de Aguas

16. Contexto Urbano y Normativo (MINVU IDE)

17. Susceptibilidad Hidrológica y Geomorfológica

18. Conclusiones y Recomendaciones

18.1 Conclusiones

18.2 Recomendaciones

Referencias

Resumen Ejecutivo IA

Según el análisis, el sitio presenta un riesgo alto de variabilidad climática, lo que implica fluctuaciones significativas en las condiciones de precipitación que podrían afectar la disponibilidad de agua. De acuerdo con los datos disponibles, no se detecta una tendencia estadísticamente significativa en la precipitación anual, lo que sugiere que las condiciones actuales podrían mantenerse a corto plazo. Los resultados indican que el área ha experimentado períodos de sequía prolongados, con un máximo de 11 años consecutivos, lo que podría impactar negativamente en la agricultura y el suministro de agua. Según las proyecciones climáticas, se espera una disminución de la precipitación de hasta un 26.9% para el período 2035-2065, lo que podría agravar la situación de escasez hídrica en el futuro. Se recomienda realizar una evaluación en terreno por un profesional competente para validar estos hallazgos y desarrollar estrategias de gestión hídrica adaptativas.

Resumen generado mediante inteligencia artificial a partir de los datos del informe. No reemplaza la lectura del informe completo.

1. Resumen de Riesgo

MEDIO-ALTO Riesgo hidroclimático integrado — 6.8/10

Según el análisis, el sitio presenta un riesgo hidroclimático integrado medio-alto con un score de 6.8 sobre 10. Este riesgo está principalmente asociado a la susceptibilidad a inundaciones.

Principales amenazas identificadas:

- Se han registrado **75** meses con precipitación superior al percentil 90, lo que indica una frecuencia elevada de eventos intensos.
- Se identificaron **2** periodos de sequía multianual, con una duración máxima de **11** años.
- La variabilidad interanual es clasificada como **alta** (CV = 84.1%).
- Las proyecciones climáticas indican cambios esperados en el régimen de precipitaciones para las próximas décadas.

Medio-Alto NIVEL DE RIESGO	75 mm PRECIP. MEDIA ANUAL	62 AÑOS ANALIZADOS
84.1% COEF. DE VARIACIÓN	2 PERIODOS DE SEQUÍA	38 EVENTOS > P95

Evento extremo detectado: Se identificó automáticamente el **1997-08-18** como el evento de precipitación más extremo del registro, con **120.6 mm** acumulados en 3 día(s) (fuente: cr2met_3day). Se incluye simulación de inundación para este evento.

Eventos Extremos de Precipitación Detectados

#	FECHA	PRECIPITACIÓN (MM)	VENTANA (DÍAS)
1	1997-08-18	120.6	3

#	FECHA	PRECIPITACIÓN (MM)	VENTANA (DÍAS)
2	1984-07-04	85.7	3
3	1987-07-25	82.8	3
4	1997-06-12	76.8	3
5	1991-06-18	70.3	3

2. Descripción del Área de Estudio

El presente informe analiza las condiciones hidroclimáticas y el nivel de riesgo asociado para la ubicación geográfica definida por las coordenadas **-28.8239° S, 70.4435° O**. El análisis se basa en series pluviométricas satelitales e interpoladas de alta resolución espacial y temporal.

PARÁMETRO	VALOR
Latitud	-28.8239°
Longitud	-70.4435°
Tipo de Informe	Riesgo Hidroclimático
Periodo de Análisis	62 años
Serie pluviométrica base	CR2MET mensual agregado
Fuente validada con estaciones	CR2MET mensual agregado
Fecha de Generación	3 de mayo de 2026
Identificador	b81ef06d-a5cd-47d3-9f93-6d94f9305626
Elevación	889 m s.n.m.
Cobertura de suelo	Cobertura arbórea

Identificación catastral: no disponible para esta ubicación (sin predio SII en el radio de búsqueda).

Contexto territorial para precompra

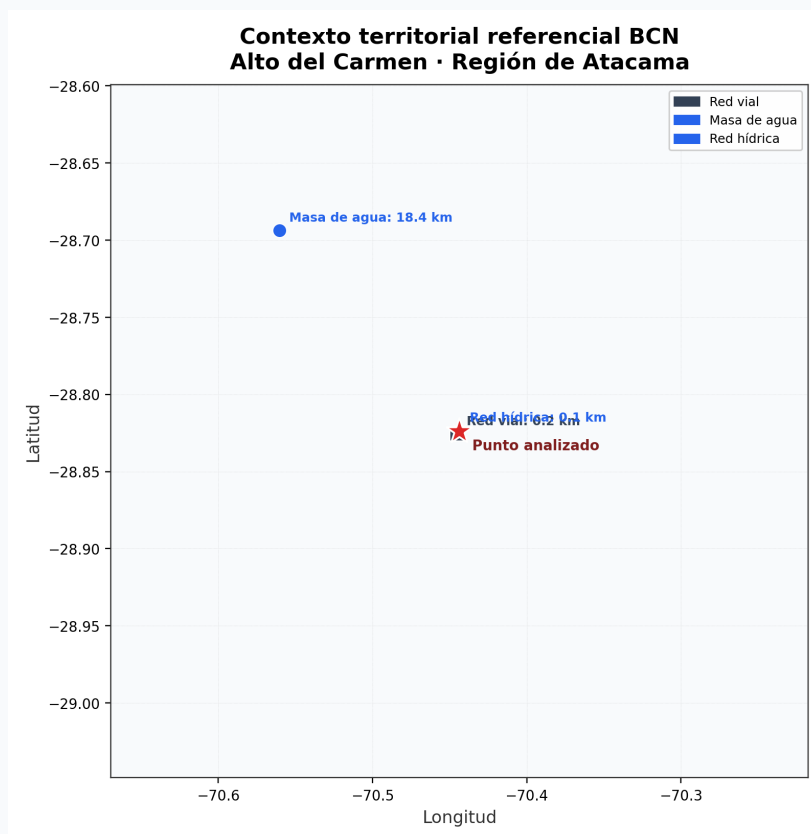
Región / comuna BCN	Región de Atacama · Región de Atacama · Alto del Carmen
Aeropuerto/aeródromo cercano	Sin aeródromo BCN dentro del radio analizado
Red vial cercana	26360.4931667 — 247 m
Ferrocarril cercano	Sin red ferroviaria BCN dentro del radio analizado
Área urbana	Fuera de área urbana BCN — 8.2 km
Agua superficial cercana	Masa de agua: Embalse Santa Juana — 18380 m
Área protegida SNASPE	Sin SNASPE BCN dentro del radio analizado

Alertas de revisión previa:

- Contexto rural o disperso según distancia a área urbana BCN.
- Red hidrográfica a menos de 100 m; revisar exposición hídrica y restricciones.

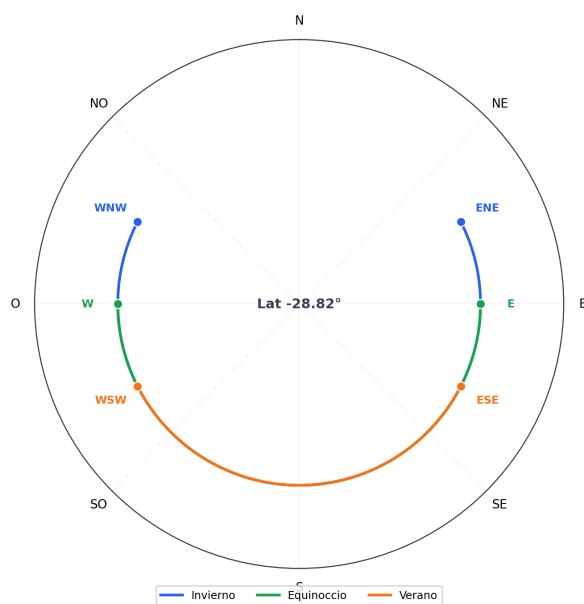
Orientación solar estimada:

FECHA DE REFERENCIA	SALIDA	PUESTA	DURACIÓN DÍA
Solsticio de invierno (21 de junio)	ENE · 63.0°	WNW · 297.0°	10.2 h
Equinoccio (20 de marzo / 22 de septiembre)	E · 90.0°	W · 270.0°	12.0 h
Solsticio de verano (21 de diciembre)	ESE · 117.0°	WSW · 243.0°	13.8 h



Contexto territorial referencial del punto consultado. Fuente: BCN SIIT.

Esquema de salida y puesta del sol (no considera sombras locales)



Esquema de salida y puesta del sol. No considera sombras locales por relieve, vegetación ni edificaciones.

Fuente: **Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, SIIT Mapoteca** ([mapas vectoriales](#)). Uso referencial: BCN indica que estas capas no deben utilizarse para trabajos que requieran precisión geodésica.

2.1 Contexto topográfico

El punto de estudio se ubica a **889 m s.n.m.** (DEM ALOS PALSAR, 12.5 m). En un radio de 5.0 km, la elevación varía entre 821 y 2454 m s.n.m. (media: 1512 m). El relieve circundante es un factor clave en la evaluación de riesgo por escorrentía, drenaje y acumulación de agua.

2.2 Cobertura y uso de suelo

La clase dominante en el punto es **Cobertura arbórea** (ESA WorldCover 2021, 10 m). La distribución en un radio de 2.0 km:

CLASE	PORCENTAJE (%)
Cobertura arbórea	4.7
Arbustos	4.6
Pastizales	9.8
Cultivos	1.0

CLASE	PORCENTAJE (%)
Zonas construidas	0.8
Suelo desnudo / vegetación dispersa	79.2
Cuerpos de agua permanentes	0.0

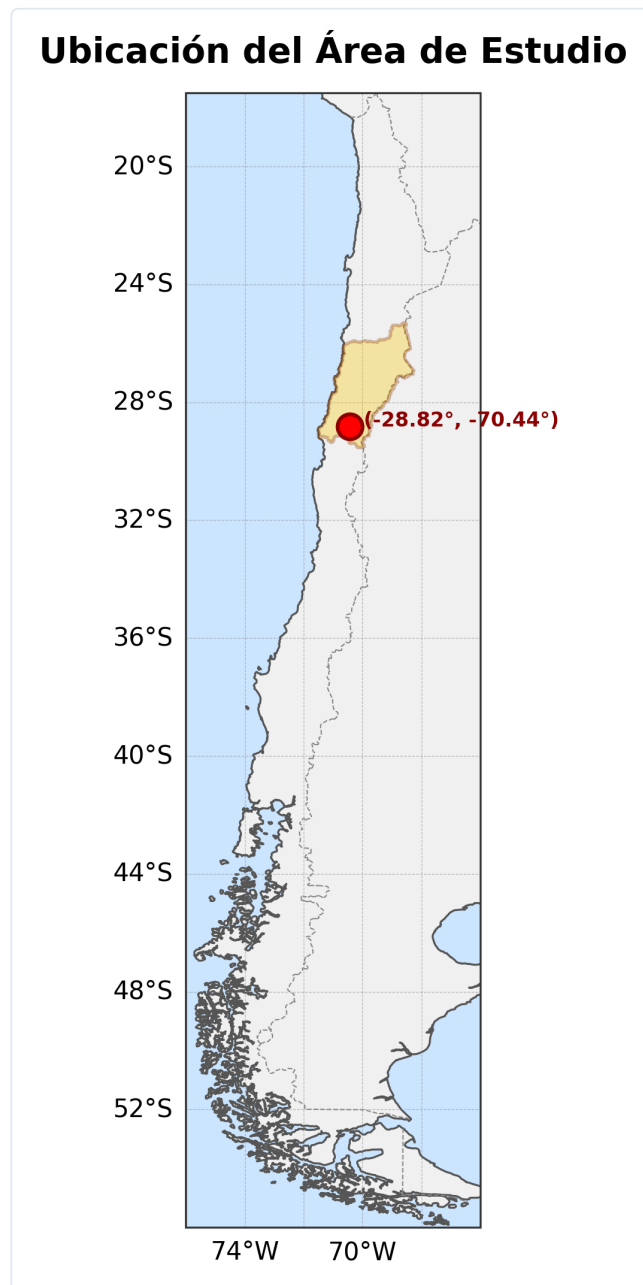


Figura 2.1. Ubicación del punto de análisis.

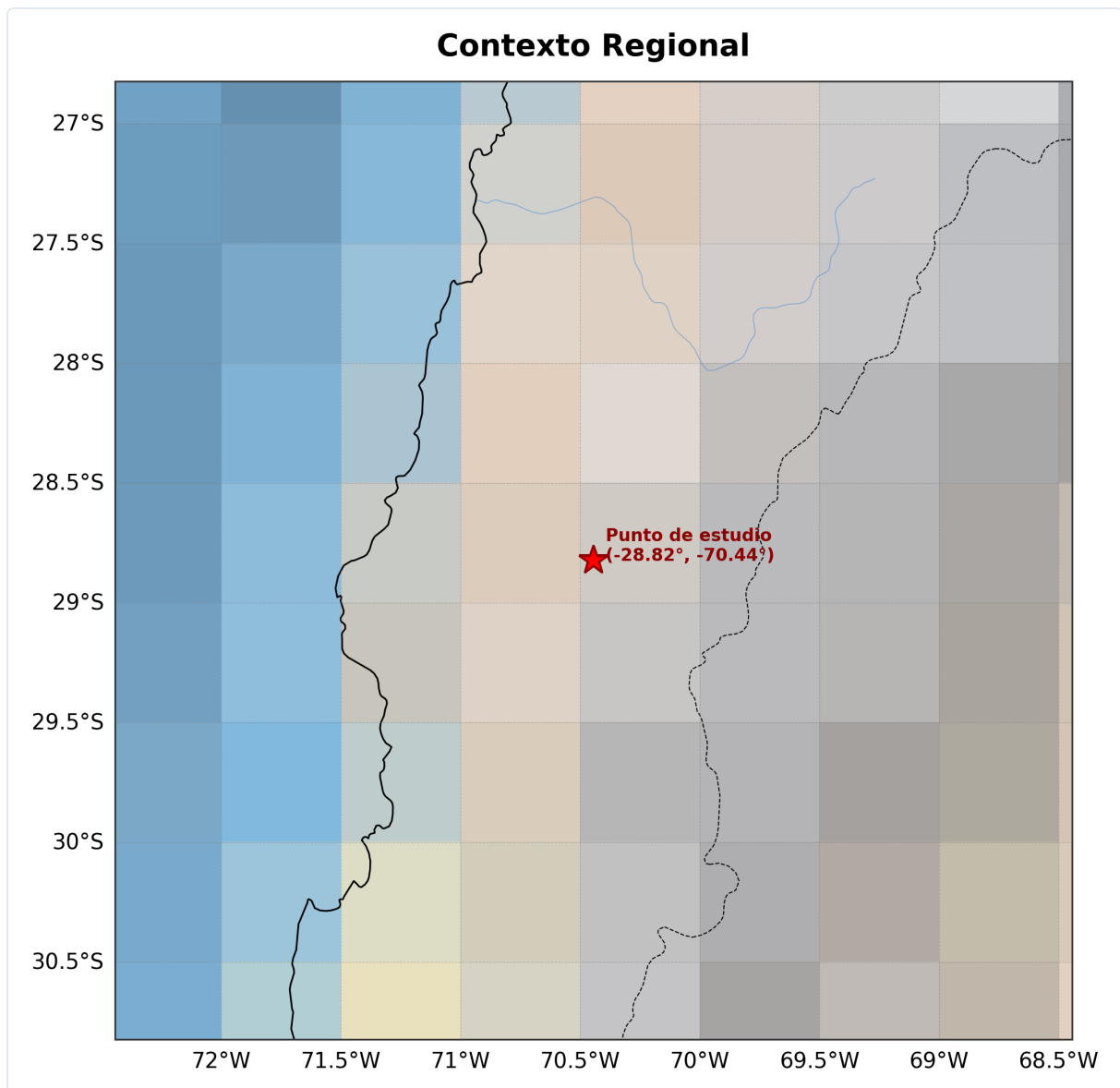


Figura 2.2. Contexto geográfico del área de estudio.

3. Metodología

La elaboración del presente informe de riesgo hidrológico se basa en el procesamiento y análisis estadístico de datos de precipitación provenientes de fuentes satelitales e interpoladas, complementados con información de proyecciones climáticas nacionales.

3.1 Fuentes de Datos

FUENTE	DESCRIPCIÓN	RESOLUCIÓN
CHIRPS v2.0	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data. Datos de precipitación mensual satelital con corrección estacional.	0.05° (~5.5 km), mensual
CR2MET v2.5	Precipitación diaria grillada para Chile continental (CR2, U. de Chile). DOI: 10.5281/zenodo.7529682.	0.05° (~5.5 km), diaria
ALOS PALSAR DEM	Modelo Digital de Elevación derivado de radar SAR (JAXA/CIREN). Remuestreado de 12.5 m a ~25 m.	12.5 m (nativo)
DGA Mapoteca Digital	Cuencas hidrográficas, estaciones de monitoreo y restricciones de uso (Dirección General de Aguas).	Variable
ARClim	Atlas de Riesgo Climático, Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Proyecciones climáticas regionalizadas.	Variable según indicador
HydroSHEDS	Red fluvial (HydroRIVERS), cuencas jerárquicas (HydroBASINS) y lagos (HydroLAKES). WWF / McGill University.	~500 m (derivado DEM 15")
TerraClimate	Clima y balance hídrico mensual de alta resolución, incluyendo precipitación, evapotranspiración, déficit hídrico y PDSI.	~1/24° (~4 km), mensual
SPEIbase	Índice estandarizado de precipitación- evapotranspiración multiescala para caracterización de sequía meteorológica.	0.5° (~50 km), mensual

El análisis de riesgo se realiza conforme a las directrices del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y los lineamientos del MINVU para estudios de riesgo. Se aplican métodos estadísticos de análisis de tendencias (Mann-Kendall), evaluación de variabilidad (coeficiente de variación), identificación de eventos extremos (percentiles) y detección de periodos secos.

Los métodos estadísticos utilizados son:

- **Precipitación:** Series CHIRPS (1981–presente) y CR2MET (1979–presente) por extracción puntual al píxel más cercano a la coordenada de interés.
- **Tendencia (Mann-Kendall):** Prueba no paramétrica para detectar tendencias monotónicas, con pendiente de Sen como indicador de la tasa de cambio. Significancia evaluada con $\alpha = 0.05$.
- **Variabilidad (CV):** Coeficiente de variación ($CV = \sigma/\mu \times 100\%$). Clasificación: baja (< 15%), moderada (15–30%), alta (> 30%).
- **Eventos extremos:** Identificación de meses con precipitación sobre el percentil 90 (P90) y percentil 95 (P95) del registro histórico.
- **Riesgo hidroclimático integrado (score 0-10):** Motor multi-factor que pondera inundación local (35%), sequía (25%), cambio climático (25%) y geomorfología (15%).
- **Simulación de inundación HAND:** El pipeline de evento estima el nivel de agua con precipitación del evento y acumulación de flujo normalizada; la condición de inundación se evalúa como $HAND < h$.

3.2 Criterios de Clasificación de Riesgo

El nivel de riesgo hidroclimático se determina mediante la evaluación conjunta de los siguientes indicadores:

NIVEL	CRITERIOS
Bajo	Score integrado ≤ 3.0 . Condiciones hidroclimáticas favorables o con exposición baja según los indicadores disponibles.
Medio-Bajo	Score integrado 3.1–5.0. Requiere revisión de factores específicos antes de invertir o construir.
Medio-Alto	Score integrado 5.1–7.0. Requiere mitigaciones y validación técnica según el uso previsto del terreno.
Alto	Score integrado > 7.0 . Riesgo relevante; la decisión debe apoyarse en estudios específicos y medidas de reducción de exposición.

Nota metodológica: La clasificación se calcula como score compuesto ponderado y se complementa con el nivel de confianza y el motor de decisión del informe. Las dimensiones individuales se reportan para identificar qué factor explica el resultado.

3.3 Limitaciones y Alcance

El presente análisis presenta las siguientes limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los resultados:

- **Resolución espacial:** Los productos de precipitación CR2MET y CHIRPS tienen resolución de ~5 km, lo que limita la representación de variabilidad local en zonas de topografía compleja. El DEM se utiliza a ~25 m de resolución.
- **Carácter referencial:** Este informe **no reemplaza** un estudio de ingeniería in-situ ni la evaluación de un profesional competente.
- **Validación local:** Los resultados deben validarse con datos de estaciones meteorológicas e hidrológicas locales, especialmente en zonas con alta variabilidad orográfica.
- **Estación DGA más cercana:** RIO TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN, ubicada a 8.9 km del punto de interés. A mayor distancia, mayor incertidumbre en la representatividad de los datos.

3.4 Marco Normativo de Referencia

El presente informe puede ser utilizado como antecedente preliminar en el contexto de las siguientes normativas y guías técnicas:

- **NCh 1105 Of.1999** — Ingeniería sanitaria – Cálculo de caudales de aguas lluvia.
- **Manual de Carreteras MOP, Volumen 3** — Instrucciones y criterios de diseño (hidrología y drenaje).
- **Decreto Supremo N° 50/2015 MINVU** — Aprueba Política Nacional de Desarrollo Urbano.
- **Ley 19.300** — Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- **Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA** (SEA, 2012).

3.5 Calibración de Datos Satelitales

Se compararon los datos de precipitación del producto satelital **CHIRPS** con la grilla observacional **CR2MET** (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, U. de Chile) para evaluar la calidad de los datos utilizados.

0.291 CORRELACIÓN (R)	-34.5% SESGO RELATIVO	16.8 mm RMSE MENSUAL
492 MESES DE SOLAPAMIENTO		

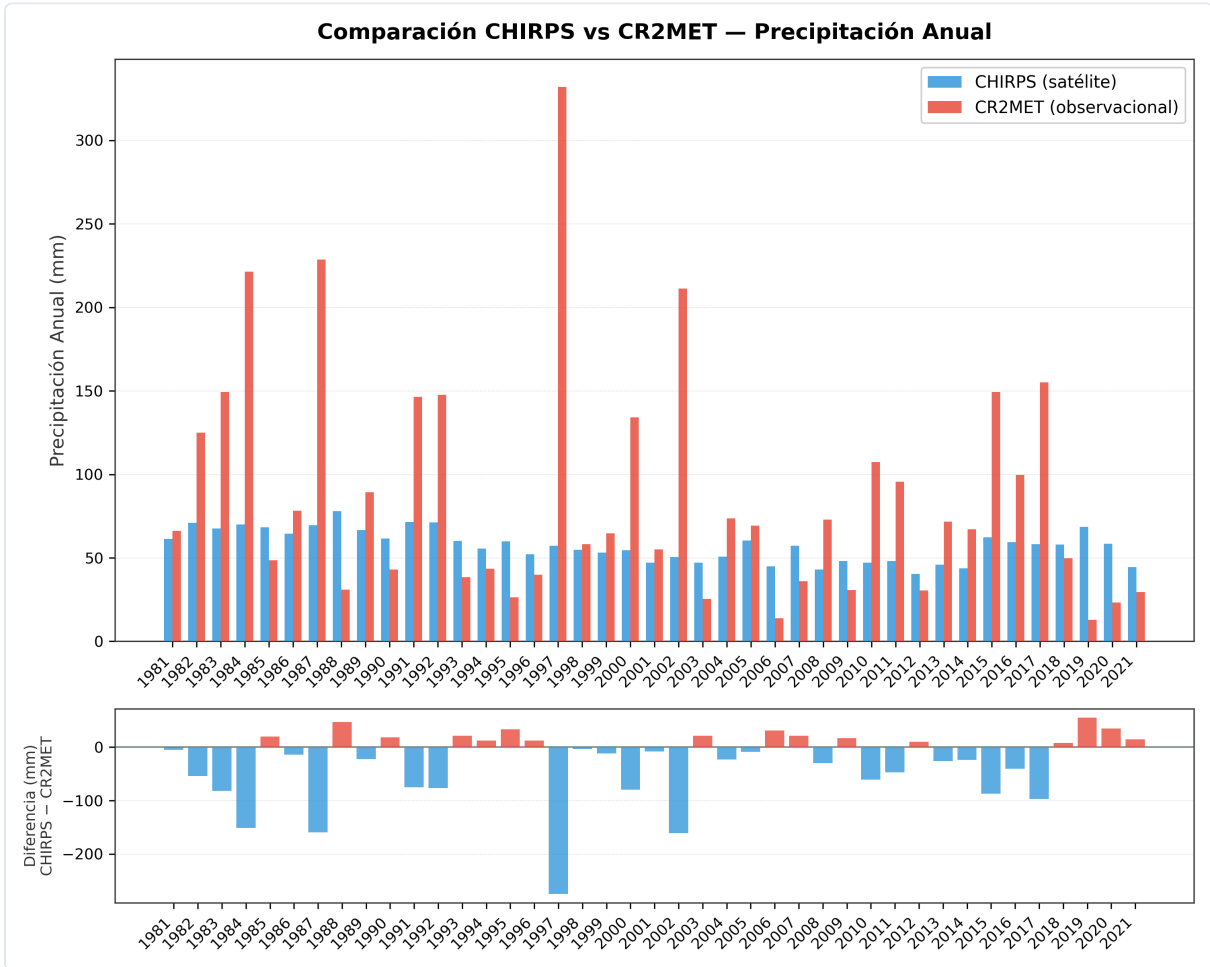


Figura 3.3. Comparación de precipitación anual CHIRPS vs CR2MET.

CHIRPS subestima la precipitación en un 34.5% respecto a CR2MET. La correlación es baja ($r = 0.29$), lo que sugiere discrepancias importantes. El RMSE mensual es 16.8 mm basado en 492 meses de solapamiento.

MES	CHIRPS (MM)	CR2MET (MM)	FACTOR DE CORRECCIÓN
Ene	0.2	1.8	1.0

MES	CHIRPS (MM)	CR2MET (MM)	FACTOR DE CORRECCIÓN
Feb	4.4	1.1	0.255
Mar	14.3	4.8	0.34
Abr	2.8	2.6	0.923
May	6.2	15.7	2.523
Jun	4.4	16.2	3.712
Jul	13.5	24.7	1.823
Ago	0.8	13.6	1.0
Sep	2.8	4.4	1.58
Oct	4.0	0.8	0.2
Nov	1.1	0.4	0.314
Dic	2.8	1.6	0.563

Tabla 3.3. Factores de corrección mensuales CHIRPS/CR2MET.

3.6 Validación con Estaciones CR2

Como validación local adicional, se compararon las series de precipitación usadas en el informe con una serie observacional mensual construida a partir de estaciones pluviométricas **CR2** cercanas al punto de estudio.



Se usaron 5 estaciones CR2 cercanas para construir una referencia observacional mensual. La fuente mejor respaldada es CR2MET mensual agregado ($r=0.88$,

sesgo=+50.7%, 698 meses). Frente a CHIRPS mensual, presenta un ajuste más robusto.

FUENTE	CORRELACIÓN (R)	SESGO RELATIVO	RMSE MENSUAL	MESES DE SOLAPAMIENTO	NIVEL DE AJUSTE
CHIRPS mensual	0.292	-2.4%	16.6 mm	446	Baja
CR2MET mensual agregado	0.876	50.7%	8.0 mm	698	Baja

Tabla 3.4. Comparación de CHIRPS y CR2MET frente a estaciones CR2 cercanas.

ESTACIÓN	CÓDIGO	DISTANCIA
Junta Del Carmen	03804007	8.6 km
San Felix	03815004	12.0 km
Rio Huasco En Algodones	03820001	12.1 km
El Transito	03806002	16.6 km
Rio Huasco En Chepica	03820002	17.3 km

Tabla 3.5. Estaciones CR2 cercanas consideradas en la validación local.

Decisión metodológica: a partir de esta comparación, las secciones analíticas del informe (eventos extremos, sequías, tendencia y variabilidad) utilizan como **serie base CR2MET mensual agregado**. En este caso, CHIRPS se conserva como referencia satelital y control cruzado, pero la narrativa principal se apoya en la serie con mejor respaldo frente a estaciones cercanas.

4. Eventos Extremos

4.1 Precipitaciones Máximas

El análisis de precipitaciones extremas permite identificar los eventos de mayor magnitud registrados en el periodo de estudio y evaluar su potencial impacto.

163.0 mm MÁXIMO MENSUAL REGISTRADO	1984-07 FECHA DEL MÁXIMO	1984 AÑO DEL MÁXIMO
---	------------------------------------	-------------------------------

A continuación se presentan los meses con precipitaciones extremas registradas (superiores al percentil 90):

N°	FECHA	PRECIPITACIÓN (MM)
1	1960-06	69.3
2	1961-08	39.0
3	1965-07	24.9
4	1965-08	36.1
5	1966-06	21.5
6	1969-08	22.8
7	1971-09	33.0
8	1973-06	20.9
9	1973-07	18.4
10	1975-05	44.3
11	1975-06	29.6
12	1976-05	42.9
13	1976-08	39.6
14	1978-07	26.0

N°	FECHA	PRECIPITACIÓN (MM)
15	1980-04	77.7

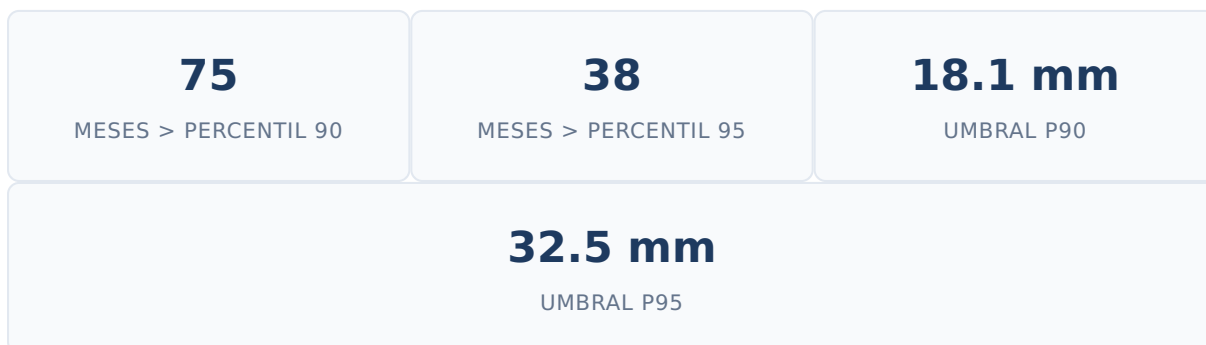
Se muestran los 15 eventos más recientes de un total de 75.

Tabla 4.1. Meses con precipitación extrema (sobre percentil 90).

4.2 Frecuencia de Eventos Intensos

La frecuencia de eventos intensos se calcula sobre la **serie mensual base del informe (CR2MET mensual agregado)**, identificando los meses que superan los umbrales percentílicos del propio registro histórico. En términos simples, el **percentil 90** representa el 10% de los meses más lluviosos observados, y el **percentil 95** el 5% más extremo.

En la serie analizada (1960-01 a 2021-12; 744 meses), se registran **75** meses sobre P90 (umbral: **18.1 mm/mes**) y **38** meses sobre P95 (umbral: **32.5 mm/mes**).



Este indicador sirve para dimensionar el nivel de exigencia que podrían enfrentar las obras de drenaje, caminos, cruces de cauce y medidas de mitigación. No reemplaza un período de retorno formal, pero ayuda a entender cuán frecuente es que la zona experimente meses excepcionalmente lluviosos dentro de su propia historia.

Alerta: La frecuencia de eventos extremos es elevada, lo que indica una alta exposición a precipitaciones intensas con potencial de causar inundaciones y daños a infraestructura.

4.3 Implicancias

Los eventos de precipitación extrema tienen implicancias directas sobre la seguridad de la infraestructura y la población. Entre los principales riesgos asociados se encuentran:

- **Inundaciones:** Las precipitaciones que superan el percentil 95 pueden generar acumulaciones que excedan la capacidad de drenaje natural y artificial, provocando anegamientos en zonas bajas.
- **Daño a infraestructura:** Eventos intensos pueden comprometer obras de drenaje, caminos, puentes y edificaciones, especialmente aquellas sin diseño para periodos de retorno adecuados.
- **Erosión y remoción en masa:** En zonas con pendiente, las precipitaciones extremas incrementan el riesgo de deslizamientos y procesos erosivos.
- **Contaminación de fuentes de agua:** El escurrimiento superficial intenso puede arrastrar contaminantes hacia cuerpos de agua y sistemas de captación.

Interpretación IA: Según el análisis, se identificaron 75 eventos mensuales con precipitaciones por encima del percentil 90 (P90), con un máximo mensual de 162.98 mm en julio de 1984. Esto sugiere que el diseño de obras de infraestructura debe considerar la posibilidad de eventos de lluvia intensa para mitigar riesgos de daños por inundaciones.

5. Análisis de Sequías

5.1 Periodos Secos

En zonas áridas, contar meses aislados bajo la mediana mensual puede exagerar artificialmente la sequía. Por eso, este informe identifica **sequías multianuales persistentes** a partir de la precipitación anual suavizada con una **ventana móvil de 5 años**. Se considera señal de sequía cuando esa serie suavizada cae por debajo del **percentil 20** histórico (umbral local: **44.3 mm/año**).

Este enfoque es más estable para climas hiperáridos y sirve mejor para interpretar restricciones de abastecimiento, recarga, disponibilidad para riego y persistencia del déficit hídrico de mediano plazo.



La señal seca multianual más prolongada se observa entre **1964** y **1974**, con una duración de **11 años**.

Alerta crítica: Se registran sequías multianuales persistentes del orden de una década, lo que constituye un riesgo muy alto para abastecimiento hídrico, recarga y actividades productivas.

5.2 Sequías Recientes

No se identificaron señales de sequía multianual persistente en los últimos 10 años.

5.3 Impactos de la Sequía

Los periodos prolongados de déficit hídrico generan impactos significativos en múltiples dimensiones:

- **Abastecimiento de agua potable:** La reducción sostenida de precipitaciones compromete la recarga de acuíferos y el caudal de fuentes superficiales, afectando directamente el suministro de agua para consumo humano.

- **Impacto agrícola:** Los periodos secos reducen la disponibilidad de agua para riego, disminuyen la productividad de los cultivos y pueden generar pérdidas económicas significativas en el sector agropecuario.
- **Ecosistemas:** La sequía prolongada afecta la biodiversidad local, los humedales y los ecosistemas riparianos, reduciendo la capacidad de los sistemas naturales para proveer servicios ecosistémicos.
- **Riesgo de incendios:** La falta de precipitaciones combinada con altas temperaturas incrementa la susceptibilidad a incendios forestales.

Interpretación IA: Según el análisis, se registraron 2 períodos de sequía, con una duración máxima de 11 años entre 1964 y 1974. Esto indica una alta probabilidad de restricciones hídricas en proyectos agrícolas o de agua potable, afectando la disponibilidad hídrica a largo plazo.

6. Variabilidad Climática

6.1 Variabilidad Interanual

La variabilidad interanual de la precipitación es un indicador clave del riesgo hidroclimático. Un coeficiente de variación elevado refleja mayor incertidumbre en la disponibilidad hídrica año a año.

84.1% COEFICIENTE DE VARIACIÓN	alta CLASIFICACIÓN	63.2 mm DESVIACIÓN ESTÁNDAR
323 mm RANGO (MÁX - MÍN)	8.8 mm MÍNIMO ANUAL	332.0 mm MÁXIMO ANUAL

Variabilidad muy alta: El coeficiente de variación supera el 40%, lo que indica una incertidumbre crítica en la disponibilidad hídrica interanual. Esta condición contribuye significativamente al nivel de riesgo.

6.2 Anomalías y Tendencias

El análisis de tendencias mediante el test de Mann-Kendall permite evaluar si existe un cambio sistemático en la precipitación a lo largo del periodo de estudio.

Según el análisis, no se detecta una tendencia estadísticamente significativa en la precipitación anual ($p=0.2386$), lo que implica que, a corto plazo, no hay un cambio claro en los patrones de precipitación que afecte el futuro hídrico del sitio.

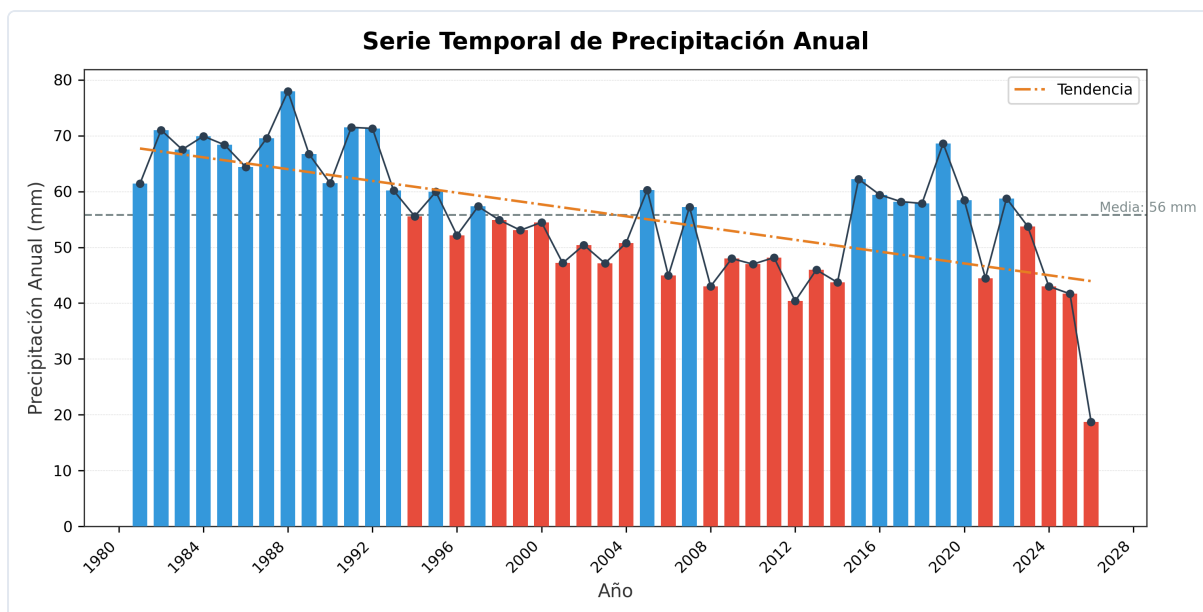


Figura 6.1. Serie temporal de precipitación anual con línea de tendencia.

Interpretación IA: Según el análisis, no se detecta una tendencia estadísticamente significativa en la precipitación anual ($p=0.2386$), lo que implica que, a corto plazo, no hay un cambio claro en los patrones de precipitación que afecte el futuro hídrico del sitio.

6.3 Distribución Mensual

La distribución mensual de la precipitación permite identificar los meses de mayor y menor aporte hídrico, información esencial para la planificación de recursos.

La distribución mensual muestra la estacionalidad característica de la precipitación en esta ubicación.

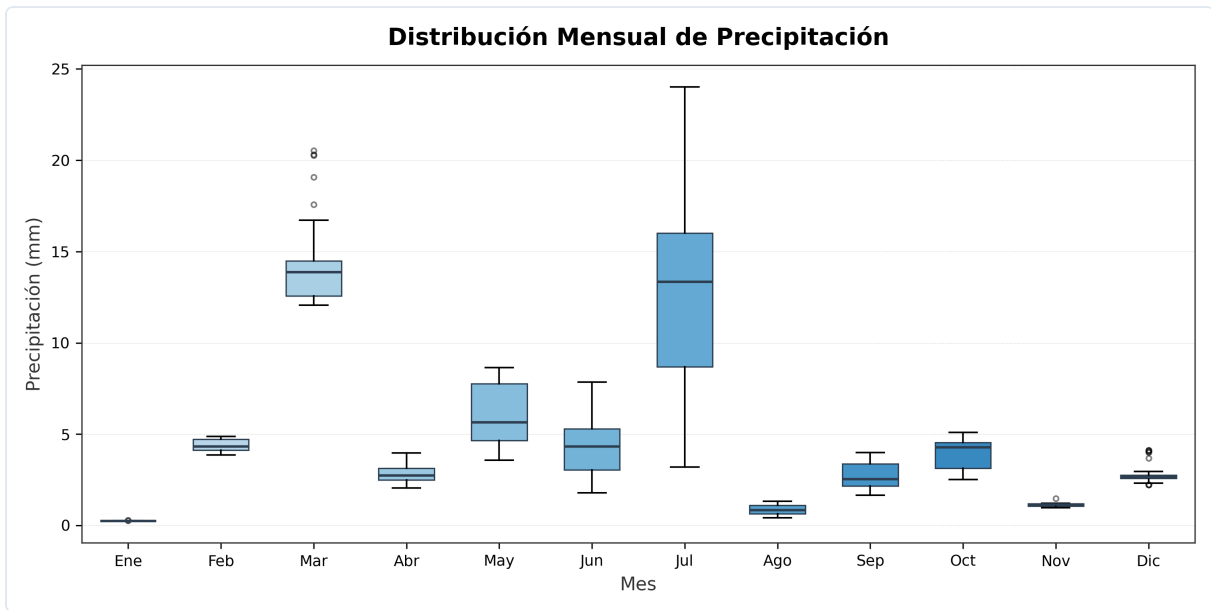


Figura 6.2. Distribución mensual de precipitación (diagrama de caja).

7. Proyección de Riesgo Futuro

Las proyecciones climáticas permiten anticipar cambios en el régimen de precipitaciones y temperatura para las próximas décadas. Según ARClím (Ministerio del Medio Ambiente), las siguientes proyecciones se aplican a la zona de estudio:

ESCENARIO	PERIODO	CAMBIO EN PRECIPITACIÓN (%)	CAMBIO EN TEMPERATURA (°C)
RCP 4.5	2035-2065	-17.6%	+1.8°C
RCP 8.5	2035-2065	-26.9%	+2.8°C

Tabla 7.1. Proyecciones climáticas para la zona de estudio (fuente: ARClím).

Interpretación: Bajo el escenario RCP 4.5 (período 2035-2065), se proyecta una disminución de precipitación de 17.6% y un aumento de temperatura de 1.8°C. Bajo el escenario RCP 8.5 (período 2035-2065), se proyecta una disminución de precipitación de 26.9% y un aumento de temperatura de 2.8°C.

La evaluación del riesgo futuro debe considerar que las proyecciones climáticas presentan incertidumbre inherente y que los escenarios representan trayectorias posibles según distintas concentraciones de gases de efecto invernadero. Se recomienda adoptar un enfoque precautorio y diseñar medidas de adaptación que contemplen los escenarios más desfavorables.

Proyección desfavorable (RCP 4.5): Se proyecta una reducción superior al 10% en precipitación para el periodo 2035-2065, lo que agravará las condiciones de déficit hídrico actuales y elevará el riesgo futuro.

Proyección desfavorable (RCP 8.5): Se proyecta una reducción superior al 10% en precipitación para el periodo 2035-2065, lo que agravará las condiciones de déficit hídrico actuales y elevará el riesgo futuro.

Interpretación IA: Según el análisis, las proyecciones climáticas bajo el escenario RCP 4.5 indican una disminución de la precipitación del 17.6% y un aumento de temperatura de 1.8°C para el período 2035-2065. Bajo el escenario RCP 8.5, la disminución de precipitación es del 26.9% con un aumento de temperatura de 2.8°C, lo que implica la necesidad de adaptar la planificación hídrica a largo plazo.

8. Períodos de Retorno

El análisis de frecuencia permite estimar la precipitación asociada a distintos períodos de retorno, es decir, el intervalo promedio en años entre eventos de igual o mayor magnitud. Esta información es fundamental para el diseño hidráulico y la evaluación de riesgo.

8.1 Precipitación de Crecida

Se ajustó la distribución **GEV (Generalizada)** a 62 años de datos (fuente: CR2MET (diario)). El test de Kolmogorov-Smirnov arroja un p-value de 0.651.

20.1 mm MEDIA DE MÁXIMOS ANUALES	76.2 mm MÁXIMO HISTÓRICO	15.2 mm DESV. ESTÁNDAR
---	------------------------------------	----------------------------------

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	PRECIPITACIÓN (MM)	IC 95% INFERIOR (MM)	IC 95% SUPERIOR (MM)
T = 2 años	15.2	11.7	18.7
T = 5 años	28.7	20.7	36.7
T = 10 años	41.0	26.5	55.5
T = 25 años	61.5	30.1	93.0
T = 50 años	81.6	25.3	138.0
T = 100 años	106.8	6.2	207.4
T = 200 años	138.4	0	317.9
T = 500 años	193.2	0	578.9

Tabla 8.1. Precipitaciones máximas por período de retorno (distribución GEV (Generalizada)).

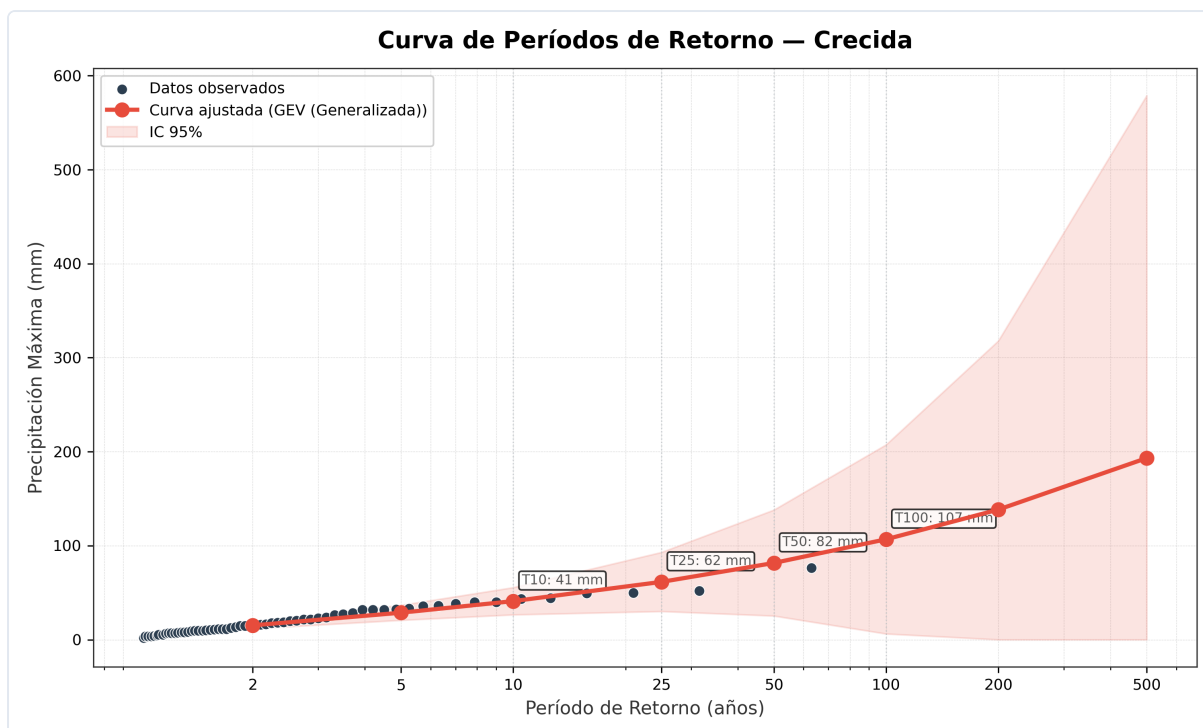


Figura 8.1. Curva de períodos de retorno — precipitación máxima anual.

Interpretación: Se ajustó la distribución GEV (Generalizada) a 62 años de datos. La precipitación con período de retorno de 10 años es 41 mm (IC 95%: 26–56 mm). Para T=25 años: 62 mm. Para T=100 años: 107 mm.

8.2 Precipitación de Sequía

Para el análisis de sequía se ajustó la distribución **Log-Normal** a los totales anuales de precipitación. La precipitación media anual es **75.0 mm** (desv. est. 63.0 mm).

UMBRAL (% DEL PROMEDIO)	PRECIPITACIÓN (MM)	PROBABILIDAD ANUAL (%)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)
80%	60.0	54.65	1.8
70%	53.0	48.18	2.1
60%	45.0	40.78	2.5
50%	38.0	32.45	3.1
40%	30.0	23.37	4.3
30%	23.0	14.08	7.1

Tabla 8.2. Períodos de retorno de sequía según umbrales de precipitación.

La precipitación media anual es 75 mm (desv. est. 63 mm). Un año con precipitación inferior al 60% del promedio (45 mm) tiene un período de retorno de aproximadamente 3.1 años.

9. Análisis del Terreno e Hidrografía

9.1 Topografía del Entorno

890.0 m ELEVACIÓN DEL PUNTO	1111.0 m RELIEVE LOCAL	2.6° PENDIENTE
NO ORIENTACIÓN		

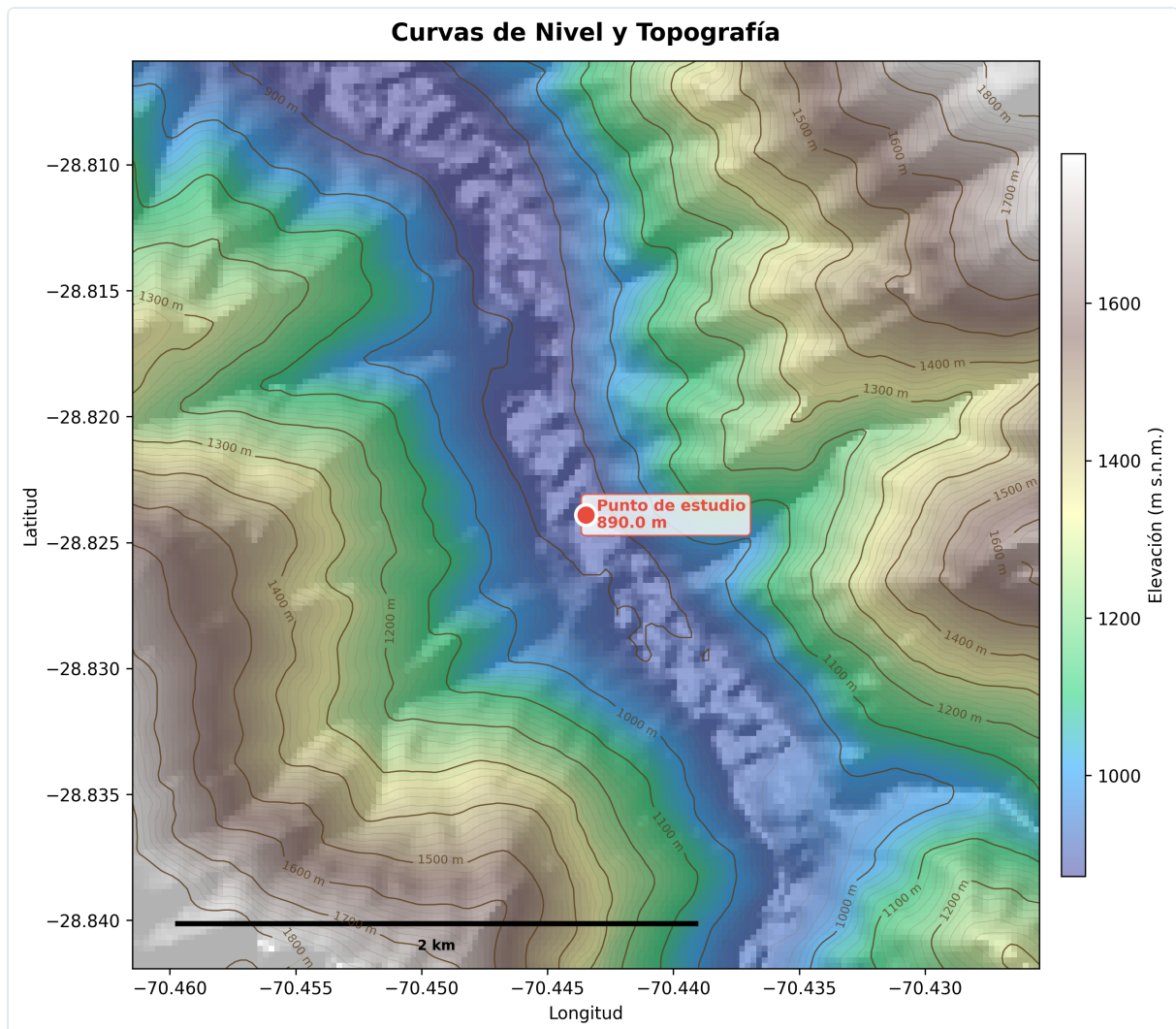


Figura 9.1. Curvas de nivel y topografía del entorno (DEM ALOS PALSAR 25m).

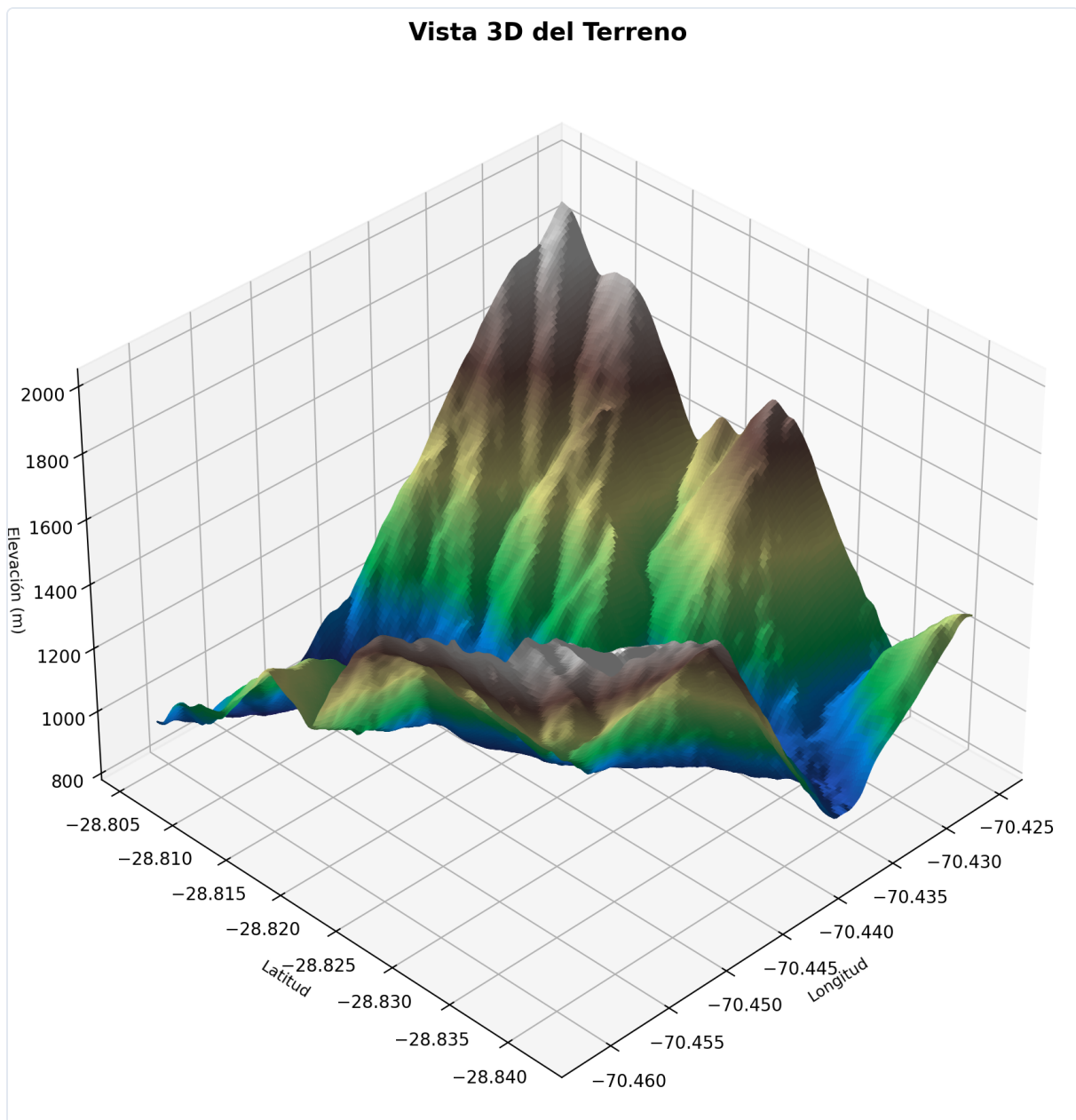


Figura 9.2. Vista tridimensional del terreno.

9.2 Proximidad a Cauces y Red Hídrica

<p>555 m</p> <p>DISTANCIA AL CAUCE MÁS CERCANO</p>	<p>APR RETAMO</p> <p>ESTACIÓN DGA MÁS CERCANA (0.5 KM)</p>	<p>Rio Huasco</p> <p>CUENCA HIDROGRÁFICA</p>
---	---	---

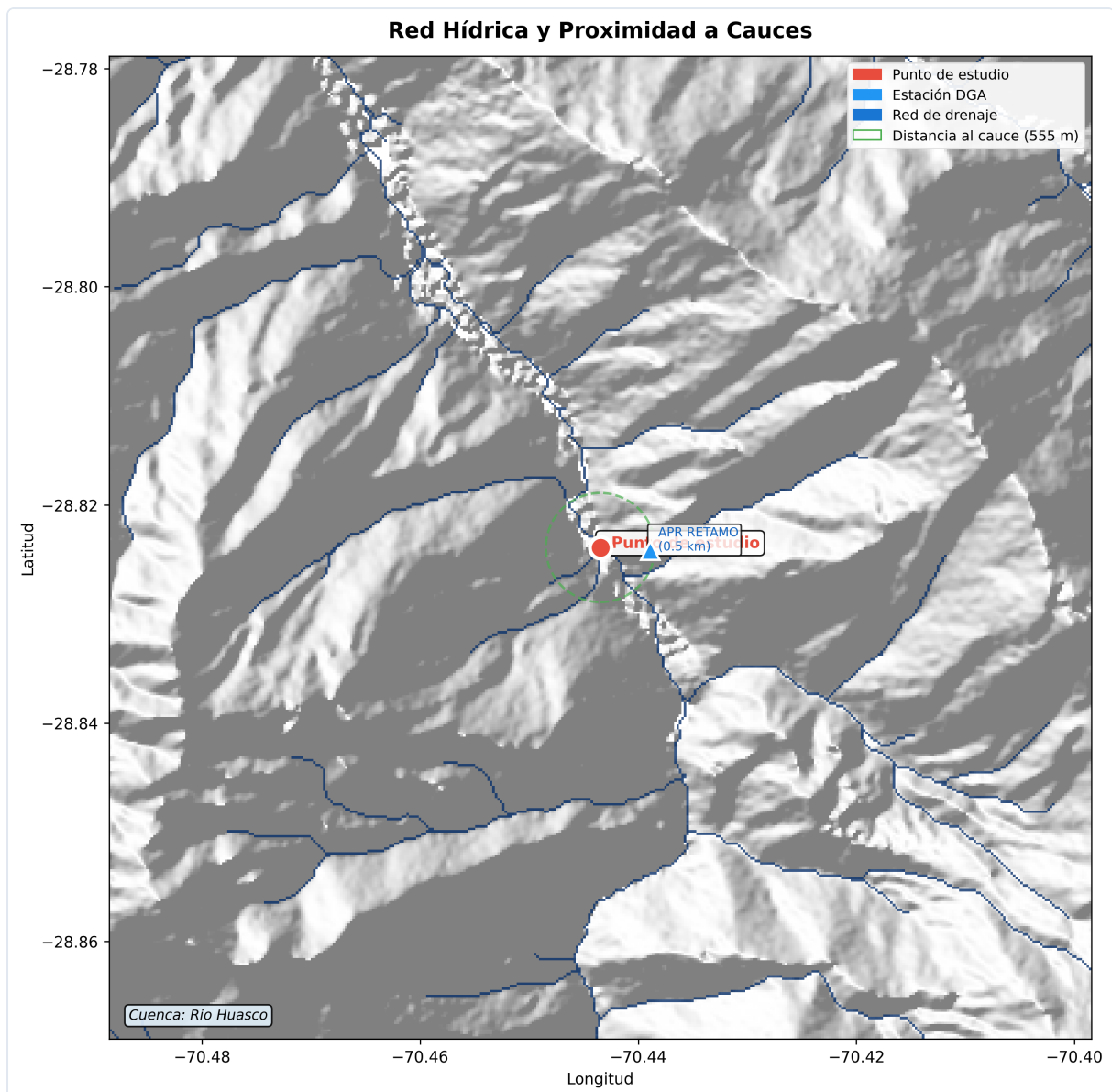


Figura 9.3. Red hídrica y proximidad a cauces.

El punto se encuentra a 555 m del cauce más cercano, fuera de la zona de influencia directa. La estación DGA más cercana es «APR RETAMO» (CALIDAD DE AGUA) a 0.5 km. El punto pertenece a la cuenca «Río Huasco».

10. Susceptibilidad a Inundación

El indicador HAND (Height Above Nearest Drainage) mide la altura del terreno respecto al cauce más cercano. Valores bajos indican mayor susceptibilidad a inundación.

Alto riesgo

CLASIFICACIÓN DEL PUNTO

1.0 m

HAND (ALTURA SOBRE CAUCE)

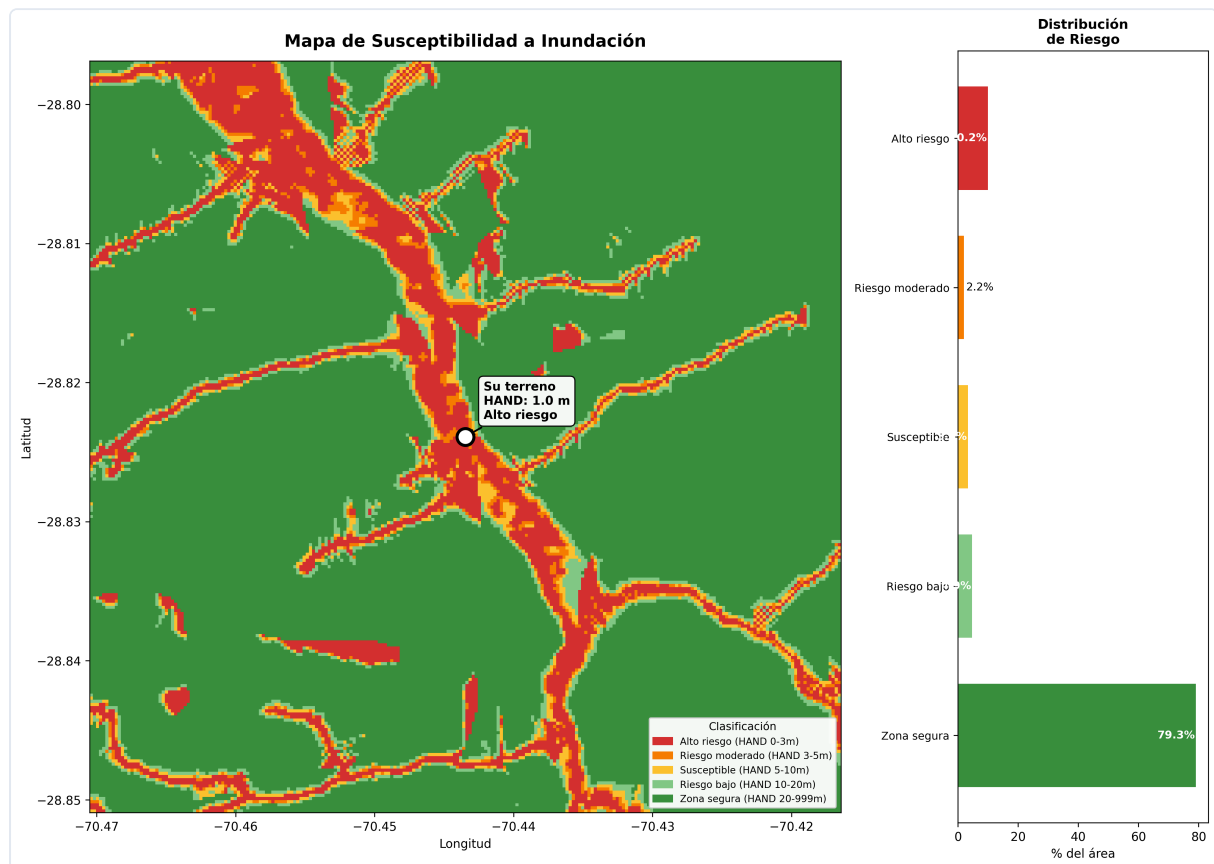


Figura 10.1. Clasificación de susceptibilidad a inundación basada en HAND.

CATEGORÍA	RANGO HAND (M)	% DEL ÁREA
● Alto riesgo	—	10.2%
● Riesgo moderado	—	2.2%
● Susceptible	—	3.5%
● Riesgo bajo	—	4.9%

CATEGORÍA	RANGO HAND (M)	% DEL ÁREA
● Zona segura	—	79.3%

Tabla 10.1. Distribución de categorías de riesgo por HAND.

Nota: El HAND es un indicador topográfico estático. No considera la intensidad de precipitación ni la capacidad de infiltración del suelo. Debe interpretarse como un indicador de susceptibilidad, no como una simulación de evento.

Interpretación IA: Según el análisis, el punto presenta una clasificación alto riesgo con HAND de 1.0 m. La lectura se apoya además en distancia al cauce de 22.2 m, TWI de -8.5. En el entorno analizado, la distribución HAND muestra 10.2% del área en alto riesgo, 2.2% en riesgo moderado, 3.5% susceptible, 79.3% en zona segura.

11. Red Hídrica HydroSHEDS

Se utilizó la base de datos **HydroSHEDS** (WWF / McGill University) para caracterizar la red fluvial y las cuencas hidrográficas del entorno. HydroSHEDS proporciona información estandarizada a nivel global derivada del modelo de elevación SRTM a ~500m de resolución.

11.1 Ríos Cercanos (HydroRIVERS)

DISTANCIA	ORDEN STRAHLER	LONGITUD	CAUDAL MEDIO	ÁREA DE DRENAJE
56 m	4	11.1 km	2.32 m ³ /s	2947.8 km ²
1560 m	4	4.9 km	2.31 m ³ /s	2886.7 km ²
1560 m	1	1.0 km	0.01 m ³ /s	12.6 km ²
5371 m	4	7.4 km	1.89 m ³ /s	3954.8 km ²
5659 m	4	5.9 km	1.97 m ³ /s	4109.0 km ²

Tabla 11.1. Ríos cercanos al punto de estudio (fuente: HydroRIVERS v1.0).

El punto de estudio se encuentra a **56 m** de un río de orden Strahler **4**, lo que indica un cauce de importancia regional o mayor.

11.2 Cuenca Hidrográfica (HydroBASINS)

La cuenca hidrográfica define el territorio que drena sus escorrentías hacia un mismo sistema fluvial. Conocer la subcuenca del punto ayuda a entender la escala de aporte aguas arriba, la conectividad con cauces principales y el contexto territorial en que podría propagarse una crecida.

66258070 ID PFAFSTETTER	Nivel 8 NIVEL JERÁRQUICO	1096.6 km² ÁREA SUBCUENCA
2947.8 km² ÁREA ACUMULADA		

Fuente: HydroSHEDS v1.0 — Lehner, B. & Grill, G. (2013). Datos bajo licencia CC-BY 4.0 (WWF / McGill University).

12. Sequía Multiescala (SPEIbase)

Se incorporó **SPEIbase** para evaluar la señal de sequía meteorológica e hidrológica en distintas escalas de acumulación temporal. Esto permite distinguir entre déficits de corto plazo y anomalías sostenidas de mayor persistencia.

Cómo leer esta sección: SPEI-1 refleja condiciones muy recientes, SPEI-3 y SPEI-6 capturan anomalías estacionales, mientras que **SPEI-12** y **SPEI-24** son más útiles para interpretar sequías prolongadas que afectan planificación, almacenamiento y disponibilidad hídrica. Valores negativos indican déficit de humedad; valores positivos, condiciones relativamente húmedas.

Período: 1901-01 a 2024-12

ESCALA	MEDIA	MEDIANA	DESV. EST.	MÍN	MÁX	ÚLTIMO VALOR	CLASIFICACIÓN ACTUAL
SPEI-1	0.005	-0.057	0.999	-3.017	2.877	-0.049	Cerca de normal
SPEI-3	0.005	-0.032	0.993	-2.759	2.518	0.86	Cerca de normal
SPEI-6	0.004	-0.028	0.994	-2.953	2.376	0.275	Cerca de normal
SPEI-12	0.005	-0.003	0.996	-2.951	2.285	0.821	Cerca de normal
SPEI-24	0.003	-0.077	0.993	-2.411	2.432	-0.259	Cerca de normal

Tabla 12.1. Resumen multiescala de SPEIbase para la ubicación analizada.

Como referencia operativa, la escala **SPEI-12** registra un valor actual de **0.821**, clasificado como **Cerca de normal**. Esta señal resume la condición de humedad reciente con una ventana temporal representativa para decisiones de planificación y screening.

Interpretación de referencia: cerca de 0 = condición normal; entre -1 y -1.5 = sequía moderada; entre -1.5 y -2 = sequía severa; menor a -2 = sequía extrema.

Fuente: SPEIbase v2.11, CSIC / Global SPEI database, resolución 0.5° (~50 km).

13. Balance Hídrico Complementario (TerraClimate)

El dataset **TerraClimate** aporta variables mensuales de clima y balance hídrico a una resolución aproximada de ~4 km, útiles para evaluar disponibilidad hídrica, déficit atmosférico, almacenamiento en suelo y señal nival desde una perspectiva climática de largo plazo.

Período: 2025-01 a 2025-12

VARIABLE	MEDIA	MEDIANA	DESV. EST.	MÍN	MÁX	UNIDAD
Precipitación	1.625	0.0	3.973	0.0	14.0	mm

Tabla 13.1. Variables mensuales TerraClimate para la zona de estudio.

Interpretación IA: Según el análisis, TerraClimate muestra una precipitación mensual media de 1.625 mm (mediana 0.0, máximo 14.0). Esto sugiere lluvias muy concentradas en pocos meses y largos períodos secos, por lo que la disponibilidad local depende de eventos puntuales más que de aportes regulares. La cobertura disponible en esta extracción es acotada (2025-01 a 2025-12); conviene leer esta sección como referencia reciente y no como climatología histórica completa.

Fuente: TerraClimate v1.1, University of Idaho / Climatology Lab, resolución ~1/24° (~4 km).

14. Simulación de Inundación

Se realizó una simulación de susceptibilidad a inundación utilizando el modelo **HAND** (Height Above Nearest Drainage). El modelo integra topografía (pendiente, acumulación de flujo, HAND) con la precipitación del evento extremo detectado para estimar la extensión potencial de zonas inundables.

Evento simulado: 1997-08-18 — 120.6 mm en 3 día(s).

ALTO NIVEL DE RIESGO	30.0% ÁREA POTENCIALMENTE INUNDABLE	2.61 m PROFUNDIDAD MEDIA
4.90 m PROFUNDIDAD MÁXIMA	0.1 km RADIO DE ANÁLISIS	HAND MODELO UTILIZADO

⚠ **Alerta:** El modelo estima que más del 10% del área de estudio presenta susceptibilidad de inundación para este evento.

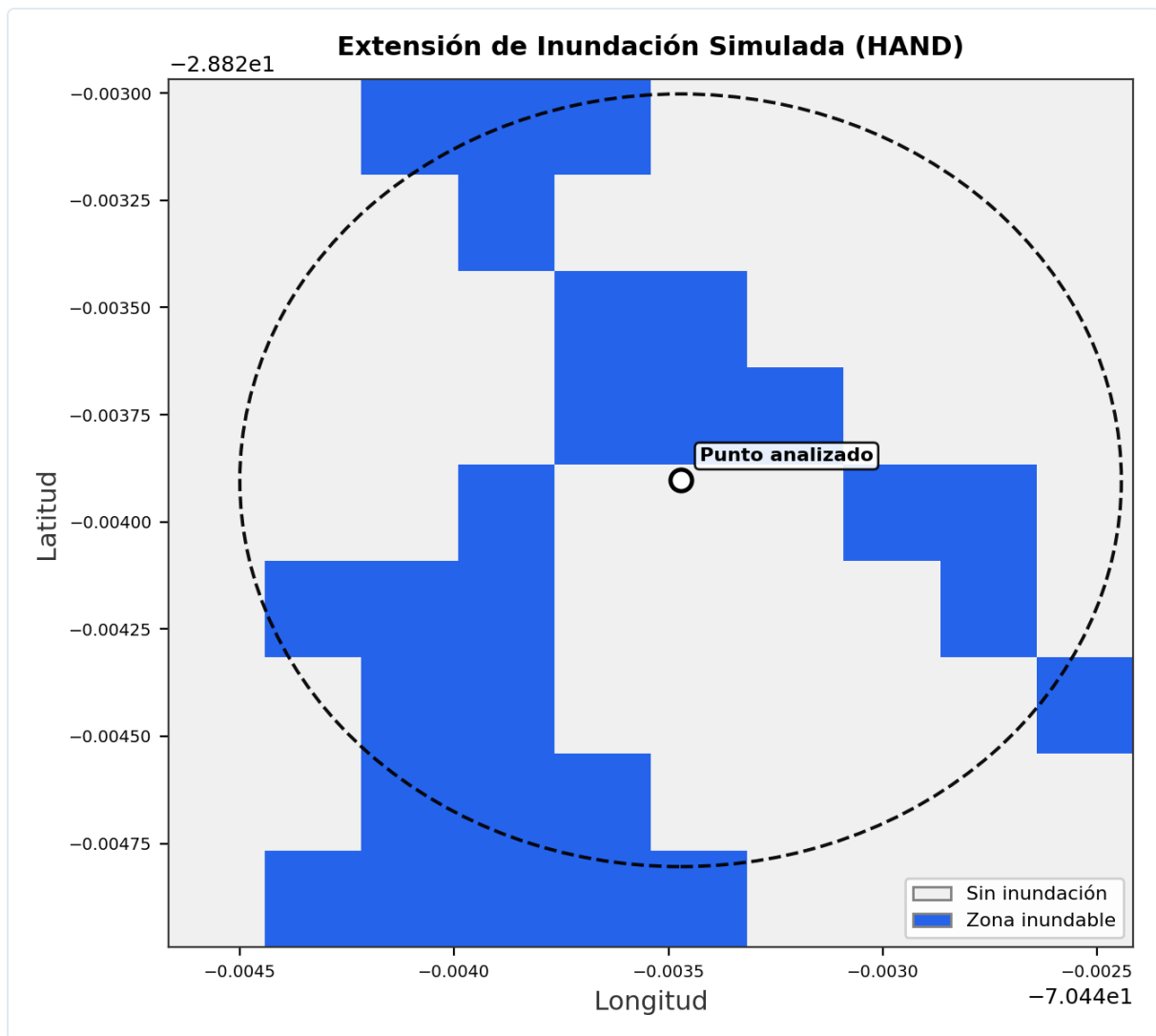


Figura 14.1. Extensión de inundación simulada (modelo HAND). Azul = zona potencialmente inundable. Marcador blanco/negro = punto consultado; elipse punteada = radio de análisis de 0.1 km.

Lectura práctica: esta figura muestra la mancha potencialmente afectada por el evento simulado dentro del radio de análisis. Sirve para ver si el punto queda dentro, en el borde o fuera de la zona anegable, y para entender continuidad espacial de la inundación; no debe leerse como una delimitación hidráulica definitiva de obra.

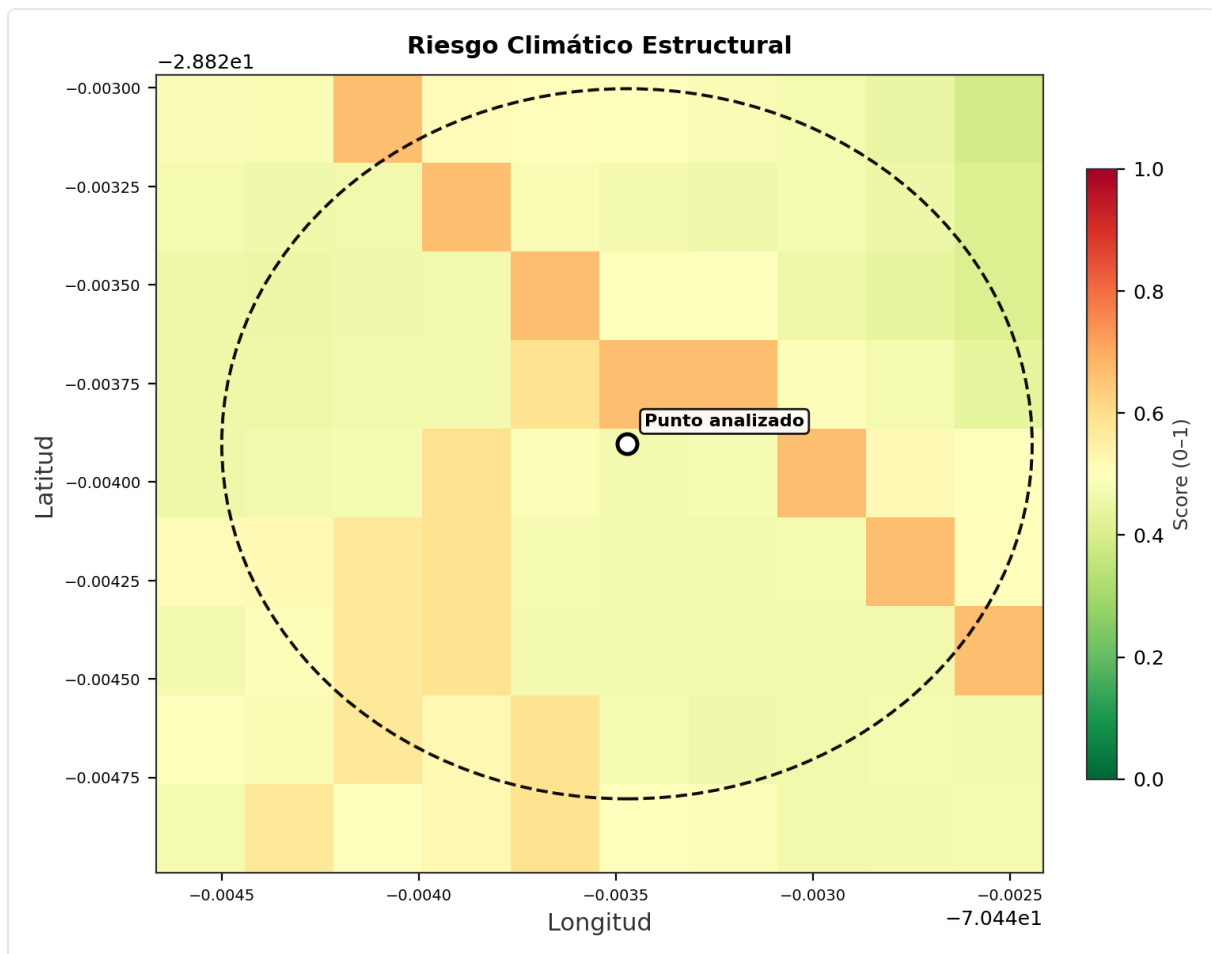


Figura 14.2. Riesgo climático estructural (0-1). Combina factores topográficos y de precipitación extrema histórica. Marcador blanco/negro = punto consultado; elipse punteada = radio de análisis de 0.1 km.

Lectura práctica: este mapa no representa agua observada ni inundación del evento. Es un score de susceptibilidad base: valores altos indican sectores que parten con condiciones menos favorables por topografía, drenaje y señal histórica de precipitación extrema, por lo que requieren mayor atención aun antes de incorporar la lluvia puntual del evento.

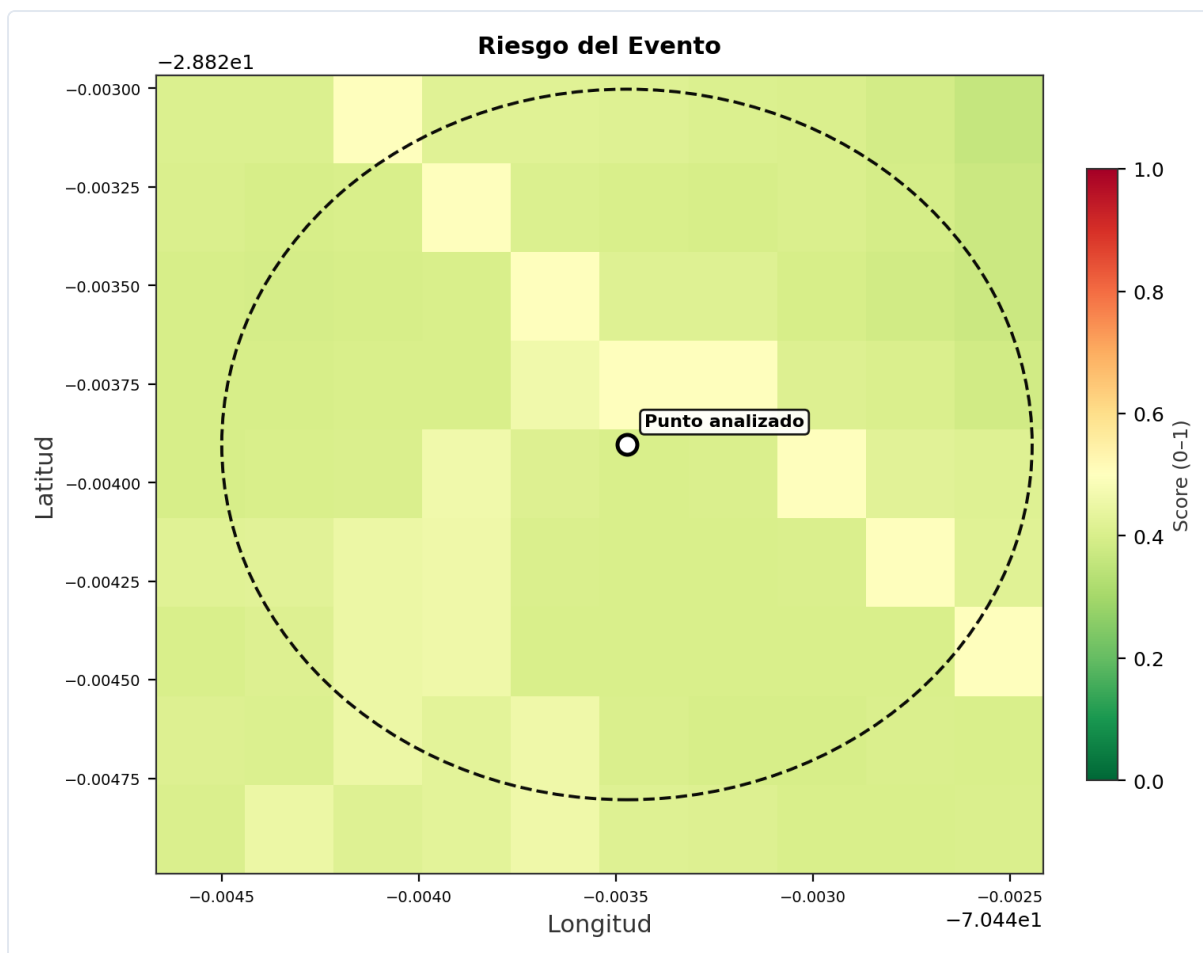


Figura 14.3. Riesgo combinado del evento — riesgo base (50%) + precipitación observada (50%).
 Marcador blanco/negro = punto consultado; elipse punteada = radio de análisis de 0.1 km.

Lectura práctica: aquí se ve dónde la lluvia del evento activa o intensifica la susceptibilidad base del terreno. Si alrededor del punto aparecen valores más altos que en la figura de riesgo estructural, significa que este episodio en particular aumenta materialmente la probabilidad de respuesta hidrológica adversa en el entorno inmediato.

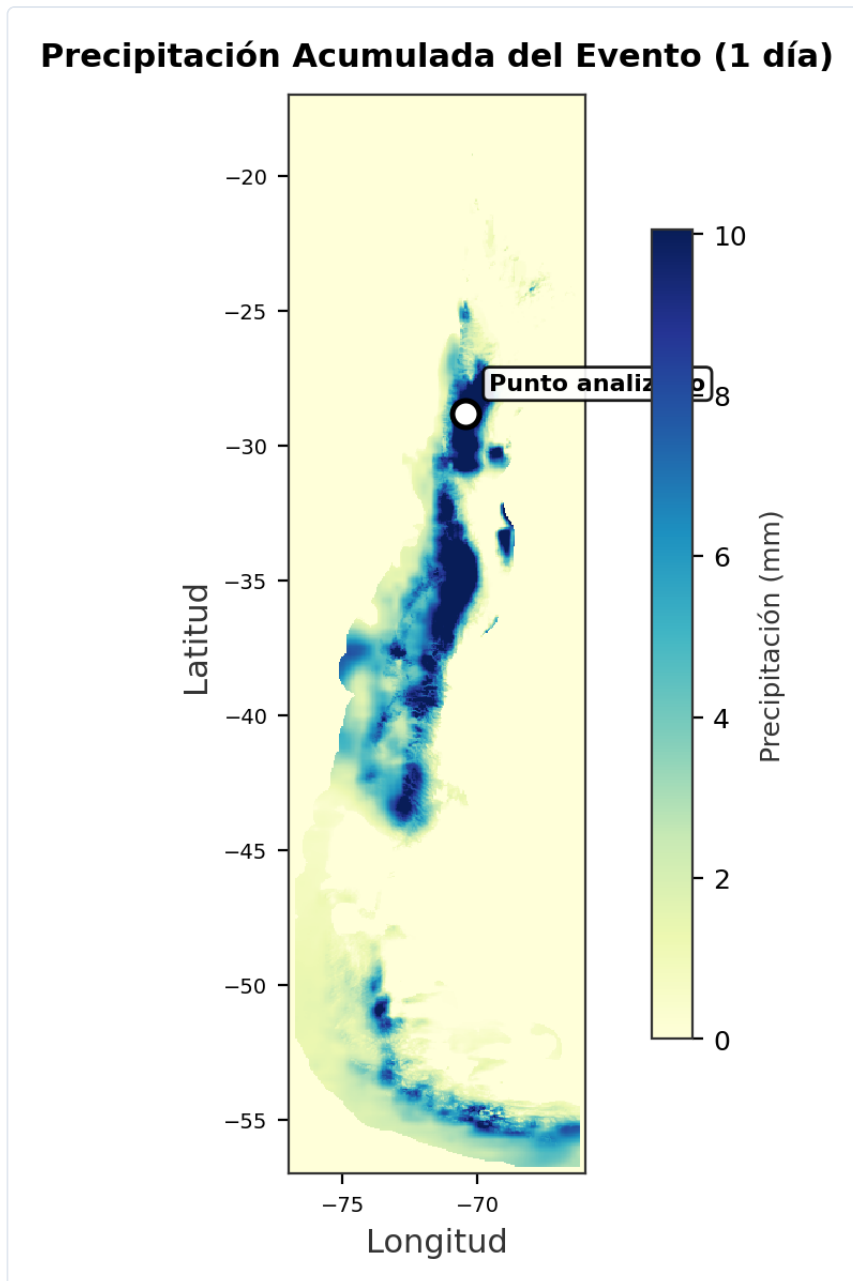


Figura 14.4. Distribución espacial de la precipitación acumulada del evento detectado.

Nota Metodológica

△ **Herramienta de screening:** Este informe es una evaluación preliminar automatizada. La simulación se basa en el modelo HAND simplificado, con lluvia de evento y acumulación de flujo normalizada, y **no reemplaza un estudio de ingeniería hidráulica**. Los resultados son indicativos y deben complementarse con modelaciones detalladas antes de tomar decisiones de inversión o construcción.

15. Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Esta sección analiza los **derechos de aprovechamiento de aguas registrados** por la Dirección General de Aguas (DGA) en torno al punto consultado, considerando captaciones superficiales y subterráneas, sus caudales otorgados y los radios de protección establecidos por el **DS 203/2013 MOP**. La fuente es el archivo consolidado nacional del Catastro Público de Aguas.

15.1 Resumen del entorno

Total de derechos en radio 5.0 km	7
Distribución por naturaleza	Subterránea: 5 · Superficial y Corriente: 2
Distribución por tipo	Consuntivo: 7
Por ejercicio del derecho	Permanente y Continuo: 7
Caudal total otorgado	47.2 l/s (0.0 m ³ /s)

15.2 Distribución espacial y radios de protección

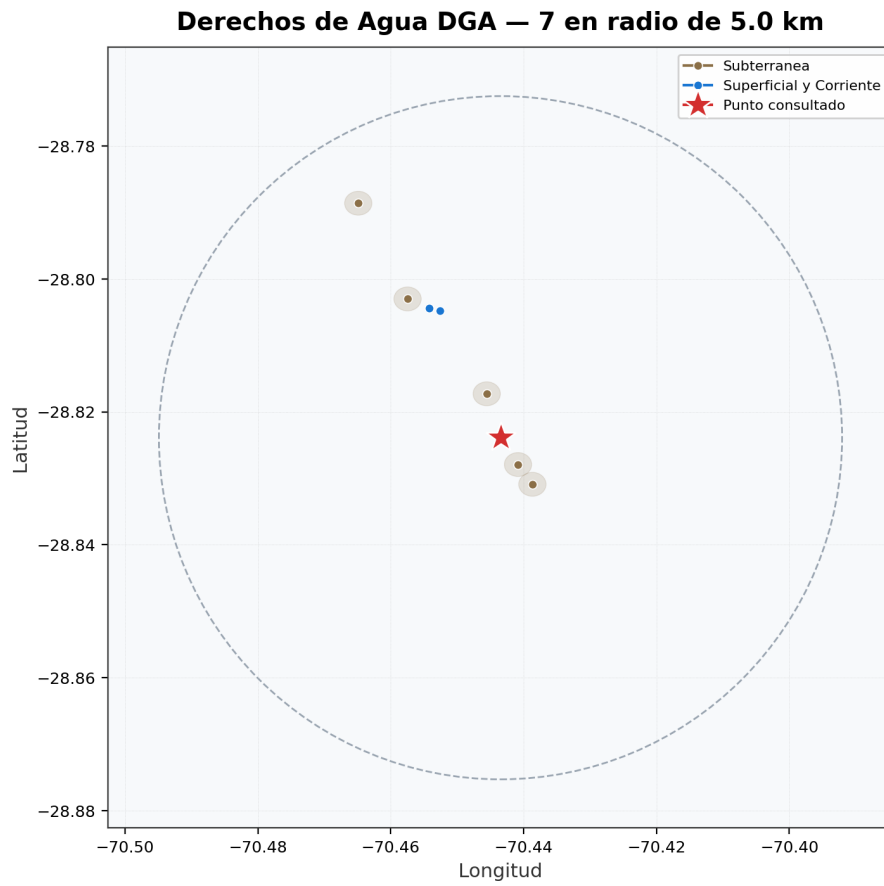


Figura 15.1. Captaciones registradas (puntos) y sus radios de protección (buffers translucidos) según el DS 203/2013 MOP. La estrella roja marca el punto consultado.

15.3 Caracterización de caudales y usos

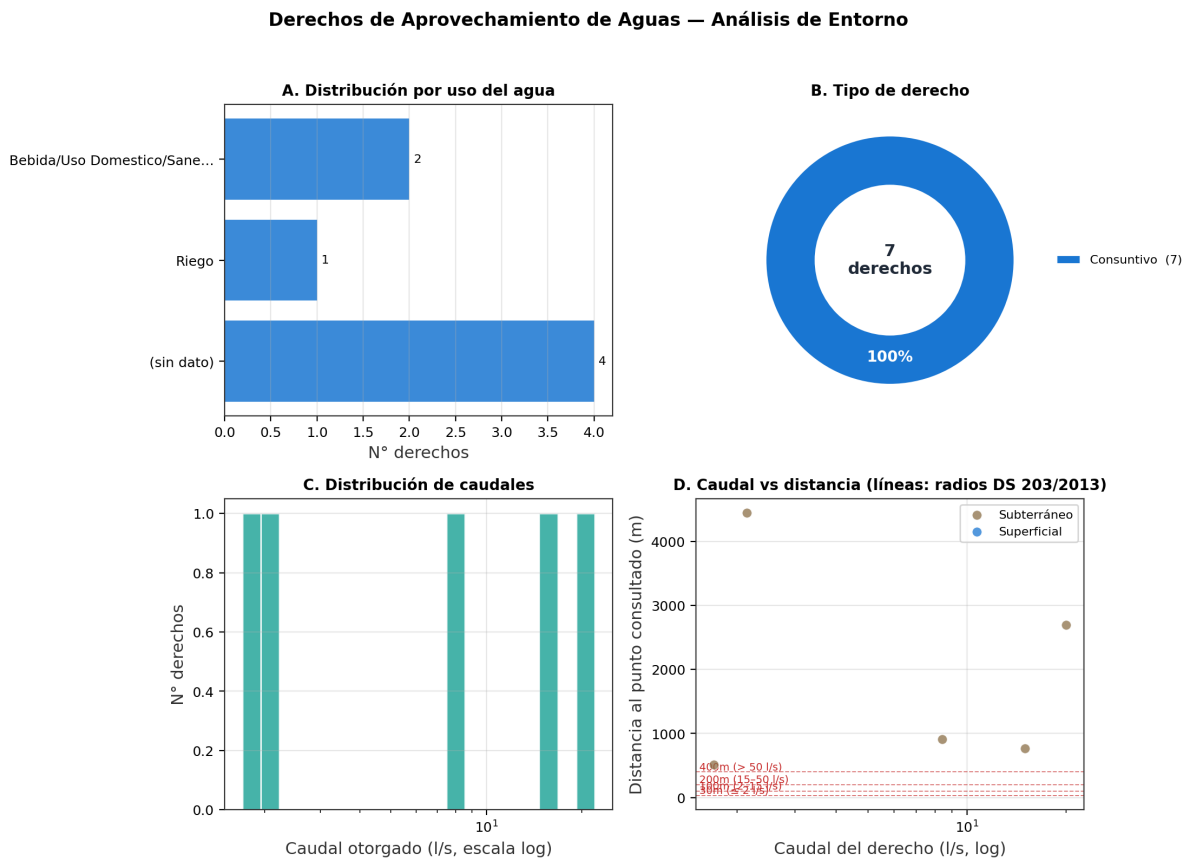


Figura 15.2. (A) Distribución por uso del agua. (B) Tipo de derecho. (C) Distribución de caudales. (D) Caudal vs distancia, las líneas rojas indican los radios mínimos del DS 203/2013 MOP.

15.4 Detalle de los derechos más cercanos

DISTANCIA	NATURALEZA	USO	CAUDAL	RADIO PROT.	EJERCICIO	EXPEDIENTE
517 m	Subterránea	Bebida/Usos Domésticos/Saneamiento	1.70 l/s	200 m (dga_declarado)	Permanente y Continuo	ND-0303-131
763 m	Subterránea	Riego	15.00 l/s	200 m (dga_declarado)	Permanente y Continuo	ND-0303-798
909 m	Subterránea		8.40 l/s	200 m (ds203_art26)	Permanente y Continuo	VPC-0303-5
2302 m	Superficial y Corriente		nan l/s	—	Permanente y Continuo	NR-0303-98
2403 m	Superficial y Corriente		nan l/s	—	Permanente y Continuo	NR-0303-98

DISTANCIA	NATURALEZA	USO	CAUDAL	RADIO PROT.	EJERCICIO	EXPEDIENTE
2693 m	Subterránea		20.00 l/s	200 m (dga_declarado)	Permanente y Continuo	ND-0303-831
4444 m	Subterránea	Bebida/Uso Domestico/ Saneamiento	2.14 l/s	200 m (dga_declarado)	Permanente y Continuo	ND-0303-145

15.5 Marco normativo: DS 203/2013 MOP

El **Decreto Supremo Nº 203 de 2013** del Ministerio de Obras Públicas («Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas») establece la **distancia mínima entre captaciones de aguas subterráneas** según el caudal otorgado:

CAUDAL OTORGADO	RADIO MÍNIMO	REFERENCIA
{{ no such element: dict object['rango_caudal'] }}	{{ no such element: dict object['radio_m'] }} m	DS Nº 203/2013 MOP, art. 26
{{ no such element: dict object['rango_caudal'] }}	{{ no such element: dict object['radio_m'] }} m	DS Nº 203/2013 MOP, art. 27
{{ no such element: dict object['rango_caudal'] }}	{{ no such element: dict object['radio_m'] }} m	DS Nº 203/2013 MOP, art. 28

En el dataset DGA, el campo Radio(m) recoge el radio declarado por el solicitante. Cuando está vacío o es cero, este informe aplica automáticamente la tabla del DS 203/2013 como referencia normativa de mínimos. Para captaciones superficiales, el reglamento aplicable es el DFL 1.122 (Código de Aguas) y normativa sectorial específica.

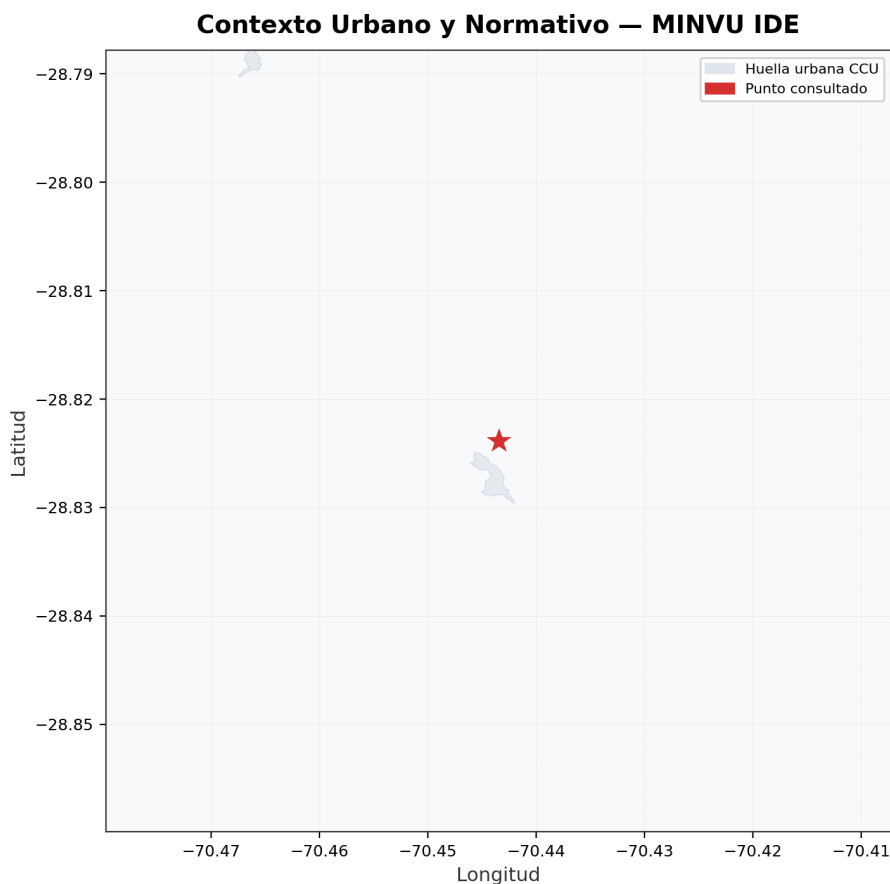
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA) — Catastro Público de Aguas, archivo consolidado DerechosConcedidos. Licencia CC-BY — Gobierno de Chile. URL: dga.mop.gob.cl/derechos-de-agua/derechos-registrados/.

16. Contexto Urbano y Normativo (MINVU IDE)

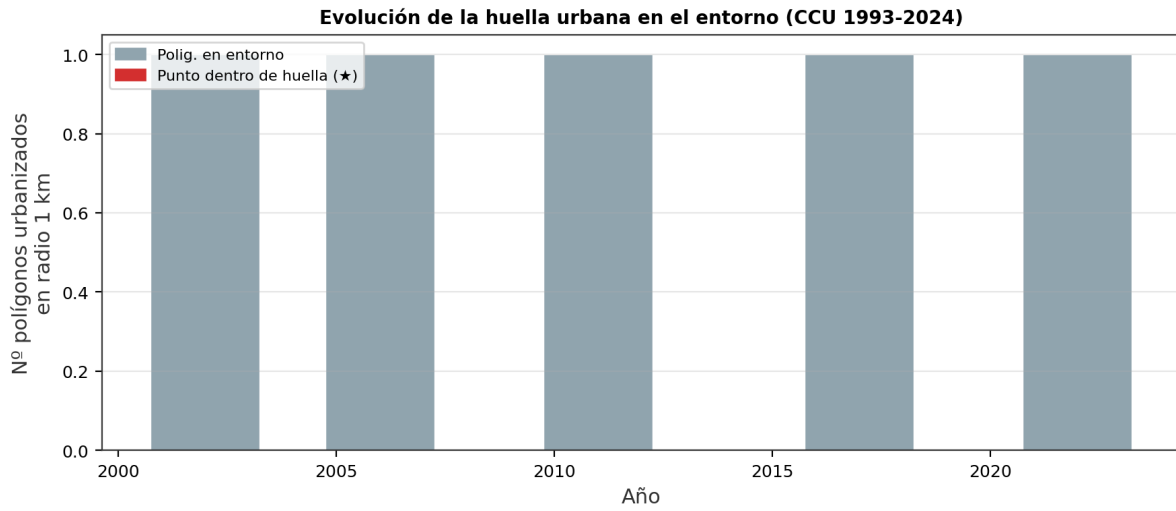
Esta sección cruza el punto consultado con las capas vectoriales oficiales del **Geoportal MINVU IDE**: límites urbanos vigentes, áreas de riesgo declaradas en Planes Reguladores Comunales (PRC) e Intercomunales (PRI), zonificación del PRMS para la Región Metropolitana, y evolución de la huella urbana del entorno (Continuo de Construcciones Urbanas, 1993-2024).

16.1 Resumen del cruce con capas IPT

CAPA	ESTADO
Límite urbano IPT	— sin información de límite urbano cercano
Área de Riesgo PRC/ PRI	Fuera de áreas de riesgo declaradas en planes reguladores
Huella urbana CCU (1993-2024)	Sin huella urbana consolidada en el entorno (radio 1 km)



Contexto urbano y normativo del punto consultado (límite urbano, áreas de riesgo PRC/PRI, PRMS si aplica, huella urbana CCU). Fuente: MINVU IDE.



Evolución de la huella urbana en el entorno del punto (radio 1 km), según el Continuo de Construcciones Urbanas 1993–2024 del MINVU.

Fuente: **Geoportal MINVU IDE** — ide.minvu.cl/pages/descargas. Capas: límites urbanos PRC/PRI/PRMS/PREVAL/PRMC, áreas de riesgo declaradas en planes reguladores (PRC consolidado nacional + PRI consolidado nacional), Continuo de Construcciones Urbanas 1993–2024. Licencia CC-BY · Gobierno de Chile.

17. Susceptibilidad Hidrológica y Geomorfológica

Este análisis complementa la evaluación de riesgo climático con indicadores topográficos y de escorrentía derivados del DEM ALOS PALSAR (12.5 m) y la cobertura de suelo ESA WorldCover.

Indicadores Geomorfológicos

INDICADOR	VALOR	CLASIFICACIÓN
HAND (Altura sobre drenaje)	1.0 m	Alto riesgo
TWI (Índice de Humedad)	-8.51	Bajo (ladera)
Distancia a cauce	22 m	Muy cercano

⚠ **Zona de alta susceptibilidad:** El punto analizado presenta un valor HAND de 1.0 m, indicando proximidad vertical al nivel de drenaje. Esta condición, combinada con los eventos extremos identificados, incrementa significativamente el riesgo de inundación en el área.

Escorrentía Superficial (SCS-CN)

PARÁMETRO	VALOR
Curve Number (CN)	79
Grupo hidrológico	D
Coefficiente de escurrimiento	0.15

Contexto Hidrográfico (DGA)

Cuenca	Rio Huasco
Subcuenca	Rio del Carmen
Subsubcuenca	Rio del Carmen entre Pueblo San Felix y Rio Huasco

⚠ Restricciones hídricas en la zona:

- **Declaración de agotamiento — Río Huasco y sus afluentes** — punto dentro de la zona (Res. DGA 24/2016)
- **Decreto de escasez hídrica — Provincia de Huasco** — punto dentro de la zona vigente (Decreto 261/2023)
- **Area de Restriccion — El Transito** — a 3.1 km (Res. DGA 207/2009)
- **Zona de Prohibicion — Vallenar Alto** — a 9.5 km (Res. DGA 207/2009)
- **Zona de Prohibicion — Quedrada Totoral Alto** — a 17.7 km (Res. DGA 11/2019)
- **Area de Restriccion — Tres Cruces** — a 26.6 km (Res. DGA 285/2005)

Estaciones DGA cercanas:

NOMBRE	TIPO	CÓDIGO	DIST. (KM)
RIO TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	Fluviométrica	03806001-5	8.9
RIO CARMEN EN RAMADILLAS	Fluviométrica	03815001-4	8.9
RIO CARMEN EN PTE. LA MAJADA	Fluviométrica	03815002-2	9.9
RIO HUASCO EN ALGODONES	Fluviométrica	03820001-1	12.0
RIO HUASCO EN CHEPICA	Fluviométrica	03820002-K	17.0

Embalses cercanos:

NOMBRE	DIST. (KM)
SANTA JUANA	25.3
LAGUNAS DEL HUASCO	58.2

Evaluación Normativa

Marco normativo chileno aplicable: urbanística, ambiental y gestión de riesgos.

CON CONDICIONES

Existen condiciones normativas que requieren estudios adicionales o medidas de mitigación.

Normativas aplicables

OGUC Art. 2.1.17

Áreas de riesgo en Planes Reguladores

- HAND = 1.0 m (riesgo de inundación fluvial)

El Plan Regulador debe identificar y zonificar esta área como zona de riesgo. La edificación puede estar restringida o condicionada a estudios de riesgo y medidas de mitigación.

Restricciones

- Zona con riesgo de inundación fluvial según análisis HAND

Recomendaciones normativas

- No se detectaron restricciones normativas significativas. Se recomienda verificar con la municipalidad local.

Nota: Evaluación referencial, no constituye dictamen jurídico.

18. Conclusiones y Recomendaciones

18.1 Conclusiones



Recomendable con mitigación

Según el análisis, el sitio presenta un riesgo hidrológico integrado medio-alto con un score de 6.8 sobre 10. Este riesgo está principalmente asociado a la susceptibilidad a inundaciones.

1. El nivel de riesgo hidrológico para la ubicación analizada (-28.8239° S, 70.4435° O) se clasifica como **MEDIO-ALTO** (score integrado: 6.8/10).
2. La precipitación media anual es de **75 mm**, con base en el análisis de **62** años de la serie **CR2MET mensual agregado**.
3. La variabilidad interanual, expresada mediante el coeficiente de variación (CV = 84.1%), se clasifica como **alta**.
4. El análisis de tendencias no revela tendencias estadísticamente significativas en la precipitación anual (pendiente: 0.35 mm/año, p-valor: 0.2386).
5. Se registraron 75 meses con precipitación superior al percentil 90 y 38 meses sobre el percentil 95.
6. Se identificaron 2 periodos de sequía multianual, con una duración promedio de 6.0 años y una duración máxima de 11 años.

18.2 Recomendaciones

Acción Inmediata Recomendada

Solicitar estudio hidrológico local y validar condiciones de drenaje antes de avanzar con el proyecto.

Medidas de mitigación requeridas:

- Estudio de drenaje y diseño hidráulico local
- Implementar sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS)
- Evaluar seguridad hídrica y fuentes alternativas de agua
- Diseñar con período de retorno $T \geq 25$ años (adaptación climática)

Recomendaciones por Rubro

Vivienda

La construcción residencial está desaconsejada sin estudios de ingeniería detallados y obras de mitigación.

Loteo / Inmobiliaria

El desarrollo inmobiliario presenta riesgos significativos. Se requieren estudios obligatorios antes de avanzar.

Agricultura

Existe un alto riesgo por la disponibilidad hídrica. No es recomendable para cultivos de alta demanda sin tecnificación.

Industrial

Se requiere un diseño resiliente, sobredimensionamiento de drenaje y planes de contingencia hídrica.

Infraestructura crítica

Es necesario diseñar para $T \geq 50$ años. Es obligatorio un estudio hidrológico/hidráulico de detalle.

Recomendación prioritaria: Dado el nivel de riesgo determinado, se recomienda la elaboración de un estudio hidrológico/hidráulico de detalle antes de cualquier inversión o desarrollo. Este informe es una herramienta de screening y no reemplaza un estudio de ingeniería.

Referencias

- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., ... Michaelsen, J. (2015). The Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations — a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2, 150066. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Atlas de Riesgo Climático (ARClím). Plataforma de mapas de riesgo climático para Chile. <https://arclim.mma.gob.cl/>
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Estrategia nacional para la adaptación de los sectores productivos y la población ante los efectos del cambio climático.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Artículos referentes a estudios de riesgo para la planificación territorial y la aprobación de proyectos en zonas de riesgo.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). NCh 1105 — Ingeniería Sanitaria. Diseño y cálculo de obras de drenaje de aguas lluvias. Norma chilena para el dimensionamiento de sistemas de drenaje urbano.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
- Lehner, B. & Grill, G. (2013). Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15), 2171–2186.
- Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Scientific Data*, 5, 170191.
- Beguéría, S., Vicente-Serrano, S. M., Reig, F., & Latorre, B. (2014). Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10), 3001–3023.

Nota: Este informe ha sido generado de forma automatizada mediante la plataforma InformeHídrico. Constituye una **herramienta de screening preliminar** y no reemplaza los estudios de detalle requeridos por la normativa vigente. Se recomienda

complementar con estudios específicos de terreno y consultar a profesionales especializados para la toma de decisiones de inversión o construcción.

Aviso legal: Este informe ha sido generado de manera automatizada a partir de datos públicos satelitales y geospaciales. Los resultados son de carácter referencial y **no constituyen un estudio de ingeniería** ni reemplazan la evaluación de un profesional competente. La plataforma InformeHidrico y sus desarrolladores no se hacen responsables de decisiones tomadas exclusivamente en base a este documento. Para proyectos que requieran permisos de edificación, evaluación ambiental o diseño de obras, se debe complementar con un estudio hidrológico detallado realizado por un profesional habilitado.

Nivel de confianza del análisis: **Media**.

A. Trazabilidad y Fuentes de Datos

En cumplimiento con los estándares de transparencia y reproducibilidad técnica, se detallan a continuación las fuentes de datos utilizadas, sus condiciones de acceso, fechas de obtención y referencias bibliográficas.

ALOS PALSAR DEM (v12.5m)

ALOS PALSAR Digital Elevation Model — Mosaicos Regionales Chile

Institución:	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
Fuente:	https://geoportal.cl/
Licencia:	Gobierno de Chile — uso público (IDE Chile)
Resolución espacial:	12.5 m (~1:25.000)
Cobertura temporal:	2006-2011 (periodo de adquisición ALOS)
Archivos utilizados:	16
Fecha de obtención:	2026-03-21T20:39:28Z

Referencia bibliográfica:

Centro de Información de Recursos Naturales — CIREN (2016). DEM ALOS PALSAR 12.5 m para Chile. Mosaicos regionales elaborados a partir de escenas ALOS PALSAR (JAXA/ASF), corregidos de altura geoidal a NMM con modelo EGM2008. Distribuido por Geoportal de Chile, IDE Chile. <https://geoportal.cl/>

ARCLIM (v1.0)

Atlas de Riesgo Climático de Chile

Institución:	Ministerio del Medio Ambiente, Chile
Fuente:	https://arclim.mma.gob.cl/
Licencia:	Gobierno de Chile — uso público
Resolución espacial:	0.05° (~5.5 km)
Cobertura temporal:	Línea base 1976-2005 → Proyección 2035-2065
Archivos utilizados:	4
Fecha de obtención:	2026-03-21T18:59:18Z

Referencia bibliográfica:

Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2020). Atlas de Riesgo Climático (ARCLim). Plataforma de mapas de riesgo ante el cambio climático. <https://arclim.mma.gob.cl/>

BCN SIIT Mapas Vectoriales (v2014/2017/2018 referencial)

Sistema Integrado de Información Territorial - Mapoteca

Institución:	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
Fuente:	https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales
Licencia:	Uso público; citar fuente BCN. Carácter referencial.
Resolución espacial:	Vectorial referencial; no apto para precisión geodésica
Cobertura temporal:	Ediciones publicadas por BCN, incluyendo 2014/2017/2018
Archivos utilizados:	12
Fecha de obtención:	2026-05-02T01:12:41Z

Referencia bibliográfica:

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT), Mapoteca: Mapas vectoriales. https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales

CAMELS-CL (v2018 (actualizado ene-2022))

Catchment Attributes and Meteorology for Large Sample Studies — Chile Dataset

Institución:	Center for Climate and Resilience Research (CR) ² , Universidad de Chile / PANGAEA
DOI:	10.1594/PANGAEA.894885
Fuente:	https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.894885
Licencia:	CC-BY-4.0
Resolución espacial:	Escala de cuenca (516 cuencas)
Cobertura temporal:	1913-2016 (variable por estación)
Archivos utilizados:	13
Fecha de obtención:	2026-03-21T19:04:31Z

Referencia bibliográfica:

Alvarez-Garretón, C., Mendoza, P. A., Boisier, J. P., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A., Puelma, C., Cortes, G., Garreaud, R., McPhee, J., and Ayala, A. (2018): The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies — Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 5817–5846. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5817-2018>

CHELSA (vV1.2 climatologies)

CHELSA climatologies monthly climatology surfaces

Institución:	WSL / CHELSA climate team
DOI:	10.1038/sdata.2017.122
Fuente:	https://www.chelsa-climate.org/datasets/chelsa_climatologies
Licencia:	Uso con atribución según CHELSA / WSL
Resolución espacial:	30 arcsec (~1 km)
Cobertura temporal:	1979-2013

Archivos utilizados:	48
Fecha de obtención:	2026-03-27T22:44:03Z

Referencia bibliográfica:

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth land surface areas. *Scientific Data*, 4, 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

CHIRPS v2.0 (v2.0)

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data

Institución:	Climate Hazards Center, UC Santa Barbara
DOI:	10.1038/sdata.2015.66
Fuente:	https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/
Licencia:	Public domain (CC0 for US Government work)
Resolución espacial:	0.05° (~5.5 km)
Cobertura temporal:	1981-presente
Archivos utilizados:	543
Fecha de obtención:	2026-05-02T01:15:18Z

Referencia bibliográfica:

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2, 150066. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>

CR2MET v2.5 (v2.5)

Center for Climate and Resilience Research Meteorological Dataset

Institución:	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile
DOI:	10.5281/zenodo.7529682
Fuente:	https://zenodo.org/records/7529682
Licencia:	CC-BY-4.0
Resolución espacial:	0.05° (~5.5 km)
Cobertura temporal:	1960-2021
Archivos utilizados:	747
Fecha de obtención:	2026-03-21T19:01:53Z

Referencia bibliográfica:

Boisier, J. P. (2023). CR2MET: A high-resolution precipitation and temperature dataset for the period 1960-2021 in continental Chile. (v2.5) [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7529682>

DGA Derechos Concedidos (vConsolidado mensual (última actualización 2026-04))

Catastro Público de Aguas — Derechos de Aprovechamiento Concedidos (consolidado nacional). Dirección General de Aguas, MOP Chile.

Institución:	Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas, Chile
Fuente:	https://dga.mop.gob.cl/derechos-de-agua/derechos-registrados/
Licencia:	Creative Commons Attribution (CC-BY) — Gobierno de Chile
Resolución espacial:	Puntual (captaciones georreferenciadas en UTM)
Cobertura temporal:	Hasta fecha del consolidado más reciente
Archivos utilizados:	2
Fecha de obtención:	2026-04-30T20:17:37Z

Referencia bibliográfica:

Dirección General de Aguas (2026). Catastro Público de Aguas — Derechos Concedidos. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. <https://dga.mop.gob.cl/derechos-de-agua/derechos-registrados/>

DGA Mapoteca Digital (v2024-12 (actualización continua))

Mapoteca Digital — Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas de Chile

Institución:	Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas, Chile
Fuente:	https://dga.mop.gob.cl/mapoteca-digital/
Licencia:	Creative Commons Attribution (CC-BY) — Gobierno de Chile
Resolución espacial:	Variable (shapefiles vectoriales nacionales)
Cobertura temporal:	Variable por capa (1987-2025)
Archivos utilizados:	27
Fecha de obtención:	2026-03-23T19:17:17Z

Referencia bibliográfica:

Dirección General de Aguas (2024). Mapoteca Digital: Cartografía oficial de recursos hídricos de Chile. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. <https://dga.mop.gob.cl/mapoteca-digital/>

ERA5-Land (vmonthly-means)

ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present

Institución:	ECMWF / Copernicus Climate Change Service (C3S)
DOI:	10.5194/essd-13-4349-2021
Fuente:	https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-land-monthly-means
Licencia:	Copernicus Products Licence
Resolución espacial:	0.1° (~9 km native in ERA5-Land, regular lat-lon in CDS)
Cobertura temporal:	1950-presente

Referencia bibliográfica:

Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C., & Thépaut, J.-N. (2021). ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, 13, 4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>

ESA WorldCover 2021 (vv200 (2021))

ESA WorldCover 10 m 2021 v200 — Global Land Cover Classification

Institución:	European Space Agency (ESA) / VITO
DOI:	10.5281/zenodo.7254221
Fuente:	https://esa-worldcover.org/en/data-access
Licencia:	CC-BY-4.0
Resolución espacial:	10 m
Cobertura temporal:	2021
Archivos utilizados:	55
Fecha de obtención:	2026-03-21T19:04:27Z

Referencia bibliográfica:

Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.-E., Xu, P., Ramoino, F., & Arino, O. (2022). ESA WorldCover 10 m 2021 v200. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

GFPLAIN250m (vv1)

GFPLAIN250m — Global high-resolution dataset of Earth's floodplains

Institución:	Fernando Nardi / Antonio Annis / figshare
DOI:	10.6084/m9.figshare.6665165.v1

Fuente:	https://figshare.com/articles/dataset/GFPLAIN250m/6665165/1
Licencia:	CC-BY-4.0
Resolución espacial:	250 m
Cobertura temporal:	N/A

Referencia bibliográfica:

Nardi, F., Annis, A., Di Baldassarre, G., Vivoni, E. R., & Grimaldi, S. (2019). GFPLAIN250m, a global high-resolution dataset of Earth's floodplains. *Scientific Data*, 6, 180309. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.309>

CEMS GLOFAS Flood Hazard (v2.1.2)

Global river flood hazard maps — Copernicus EMS GLOFAS

Institución:	Copernicus Emergency Management Service / European Commission, Joint Research Centre (JRC)
Fuente:	https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/CEMS-GLOFAS/flood_hazard/
Licencia:	No restrictions, free and open Copernicus product
Resolución espacial:	3 arc seconds (~90 m)
Cobertura temporal:	N/A
Archivos utilizados:	94
Fecha de obtención:	2026-03-24T02:06:22Z

Referencia bibliográfica:

Baugh, C., Colonese, J., D'Angelo, C., Dottori, F., Neal, J., Prudhomme, C., & Salamon, P. (2024). Modelled flood inundation for different return period scenarios at the global scale. European Commission, Joint Research Centre (JRC), Copernicus Emergency Management Service GloFAS flood hazard maps.

MINVU IDE — Capas IPT y Riesgo (vEstado actual del servidor (descarga continua))

Capas geográficas del Geoportal MINVU — Instrumentos de Planificación Territorial, límites urbanos, áreas de riesgo declaradas y huella urbana histórica.

Institución:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Chile
Fuente:	https://ide.minvu.cl/pages/descargas
Licencia:	Creative Commons Attribution (CC-BY) — Gobierno de Chile
Resolución espacial:	Vectorial nacional (polígonos y líneas IPT)
Cobertura temporal:	1993 (CCU inicial) - fecha del catastro IPT más reciente
Archivos utilizados:	43

Fecha de obtención: 2026-04-30T21:15:15Z

Referencia bibliográfica:

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2026). Geoportal MINVU — Instrumentos de Planificación Territorial. Gobierno de Chile. <https://ide.minvu.cl/pages/descargas>

MODIS Snow Monthly CMG (v061)

MODIS/Terra Snow Cover Monthly L3 Global 0.05Deg CMG

Institución:	NASA NSIDC DAAC
DOI:	10.5067/MODIS/MOD10CM.061
Fuente:	https://nsidc.org/data/mod10cm/versions/61
Licencia:	NASA Earth Science Data and Information Policy
Resolución espacial:	0.05° CMG (~5 km)
Cobertura temporal:	2000-presente

Referencia bibliográfica:

Hall, D. K., Riggs, G. A., & Román, M. O. (2024). MODIS/Terra Snow Cover Monthly L3 Global 0.05Deg CMG, Version 61 [Data set]. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD10CM.061>

SII Estadísticas de Empresas (vSerie 2005-2024; última actualización publicada: octubre 2025)

Estadísticas de Empresas del Servicio de Impuestos Internos (SII), Chile

Institución:	Servicio de Impuestos Internos (SII), Chile
Fuente:	https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html
Licencia:	Datos públicos SII; citar fuente. Naturaleza tributaria.
Resolución espacial:	Agregado administrativo por comuna, provincia, región y otras clasificaciones publicadas por SII.
Cobertura temporal:	2005-2024
Archivos utilizados:	4
Fecha de obtención:	2026-05-03T08:07:41Z

Referencia bibliográfica:

Servicio de Impuestos Internos (SII), Chile. Estadísticas de Empresas. https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html

SPEIbase (vv2.11)

Global SPEI database

Institución:	Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC)
DOI:	10.1002/joc.3887
Fuente:	https://spei.csic.es/database.html
Licencia:	Uso con atribución según SPEI database / CSIC
Resolución espacial:	0.5° (~50 km)
Cobertura temporal:	1901-2024
Archivos utilizados:	5
Fecha de obtención:	2026-03-24T03:29:31Z

Referencia bibliográfica:

Beguiría, S., Vicente-Serrano, S. M., Reig, F., & Latorre, B. (2014). Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10), 3001–3023. <https://doi.org/10.1002/joc.3887>

TerraClimate (vv1.1)

TerraClimate monthly climate and climatic water balance

Institución:	University of Idaho / Climatology Lab
DOI:	10.1038/sdata.2017.191
Fuente:	https://www.climatologylab.org/terraclimate.html
Licencia:	Distribución pública Climatology Lab; uso con atribución
Resolución espacial:	~1/24° (~4 km)
Cobertura temporal:	1958-presente
Archivos utilizados:	360
Fecha de obtención:	2026-03-27T23:22:48Z

Referencia bibliográfica:

Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Scientific Data*, 5, 170191. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>

Nota sobre trazabilidad: Todos los datos utilizados en este informe se encuentran registrados en el sistema de trazabilidad de InformeHídrico, que mantiene un registro completo de: fecha y hora de descarga de cada archivo, URL de origen, hash de verificación (MD5), tamaño del archivo y cualquier procesamiento aplicado. Este registro permite la reproducibilidad completa de los resultados presentados.

Fecha de extracción de datos para este informe: 2026-05-03 08:25 UTC