



UNIVERSIDAD MAYOR
para espíritus emprendedores



PELIGRO Y RIESGO GEOLÓGICO: MANEJO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL"

Dr. Christian Salazar

Geólogo



Dr. Christian Salazar

- Geólogo, Universidad de Concepción
- Exploración Minera
- Beca Presidente de la República
- Doctor of Sciences, Universität Heidelberg – Alemania
- FEI – Holanda
- Consultor internacional
- Museo Nacional de Historia Natural
- Sernageomin
- Universidades



Desastres Naturales

Proceso natural que afecta la superficie terrestre.

Eventos sísmicos
Erupciones volcánicas
Inundaciones
Remociones en masa
Marejadas

Los cuales han ocurrido desde hace miles o millones de años, independiente de la existencia de la humanidad.



Volcán Villarrica, 2015



Región del Maule, 2023

Peligro Natural

Fenómenos naturales que
pueden tener efectos
negativos en el territorio

personas

infraestructura

medio ambiente

Estos pueden ser geológicos,
hidrológicos, climáticos,
incendios entre otros.



Coquimbo, 2022



Valparaíso, 2021

Peligro Geológico

Es un evento o proceso natural generado por la dinámica interna o superficial del planeta, que pueden ocasionar daño a la sociedad o al ambiente.

erupciones volcánicas

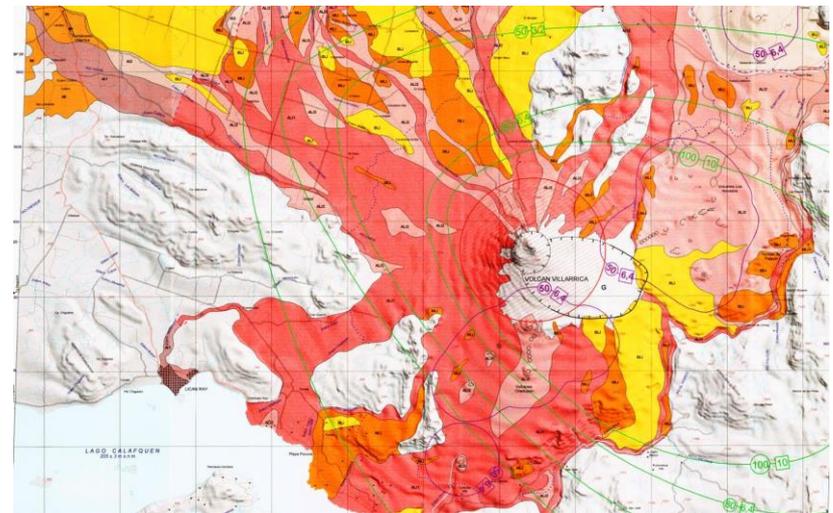
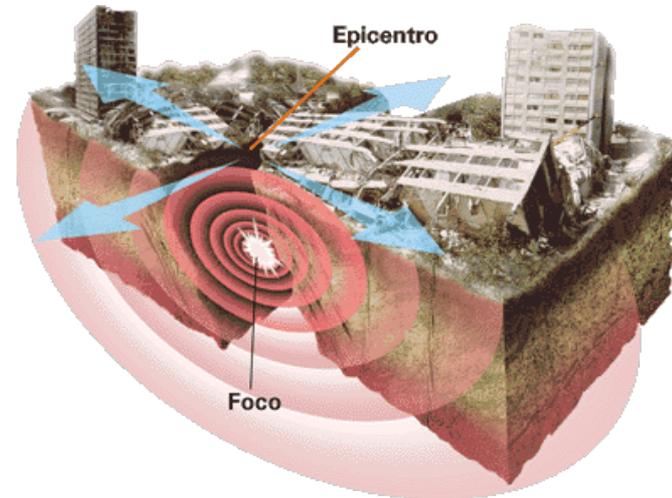
remociones en masa

Inundaciones

terremotos tsunamis

Estos tienen diferentes magnitudes y características

Afectan directa o indirectamente las actividades humanas



Mapa de peligro volcánico, Volcán Villarrica, Sernageomin

Peligrosidad (Amenaza o *Hazard*)

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo y en un área determinada.

Para su evaluación es necesario conocer:
Donde y cuando ocurrieron los procesos en el pasado.

La intensidad y magnitud que tuvieron.
Las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros.

La frecuencia de ocurrencia



Peligrosidad (Amenaza o *Hazard*) (P)

También se puede definir o expresar a partir
del **Periodo de Retorno**

Que corresponde a los años transcurridos
entre 2 eventos o procesos de semejantes
características, que es la inversa de la
probabilidad anual de excedencia $P(a)$

$$T = \frac{1}{P(a)}$$



Riesgo (*Risk*)

Corresponde al concepto que incorpora consideraciones socio-económicas.

Se define como las pérdidas potenciales (vidas humanas, pérdidas económicas directas o indirectas, daños a edificios o estructuras, etc.) debido a un fenómeno determinado.

La evaluación del riesgo geológico resulta ser compleja, debido a los diversos factores que involucran y como interactúan entre ellos.

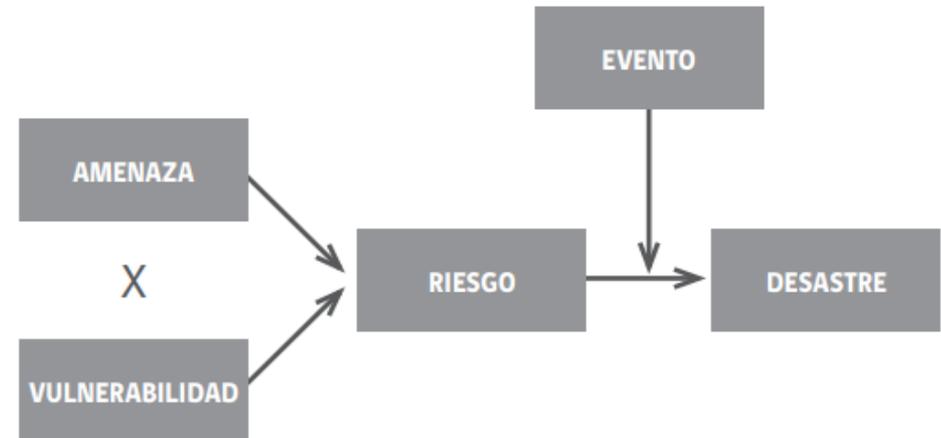


(Maule, 2010)

Evaluación del Riesgo (*Risk*)

Se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso y en los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro.

Los efectos sobre los elementos expuestos pueden ser expresados por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costes, exposición, etc.



SUBDERE, 2011

Evaluación del Riesgo (*Risk*)

El riesgo puede calcularse a partir de la expresión:

$$R = P * V * C = A * V * EE$$

Donde:

A = Amenaza = P = Peligrosidad

V = Vulnerabilidad

C = Coste = EE = Elementos
Expuestos

Si cualquiera de los factores es nulo,
entonces el riesgo es nulo.

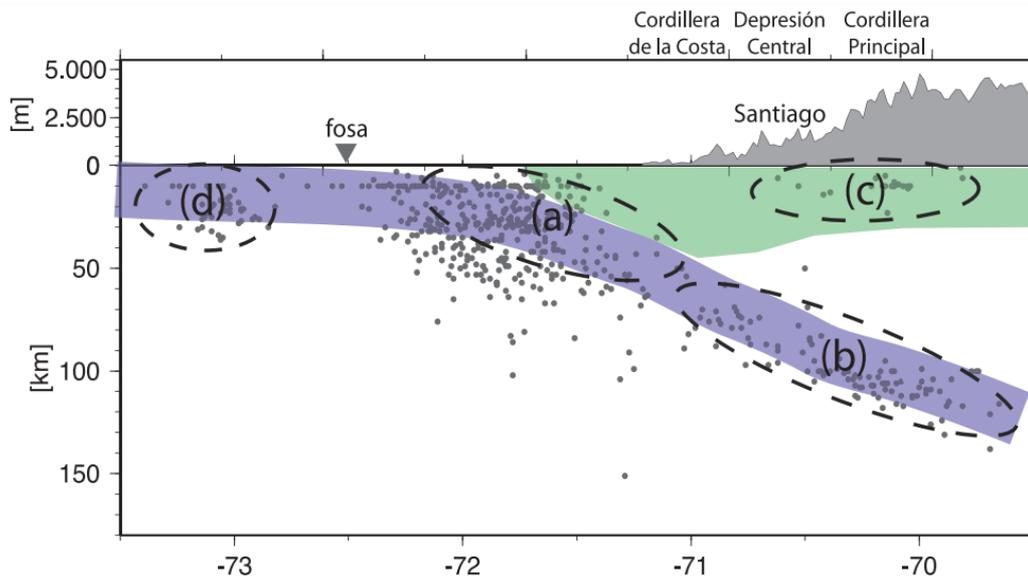


Volcán Chaitén.

SUBDERE, 2011

Peligro Sísmico

Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, siendo testigo de terremotos que han ocasionado pérdidas tanto humanas como materiales



(Leyton et al., 2010)

Perfil esquemático sísmico en la latitud 33.5°. El color azulado representa la placa de Nazca y verde, la placa Sudamericana.

Las líneas punteadas corresponden a las principales fuentes sísmicas.

A: Interplaca tipo "thrust",

B: Interplaca de profundidad,

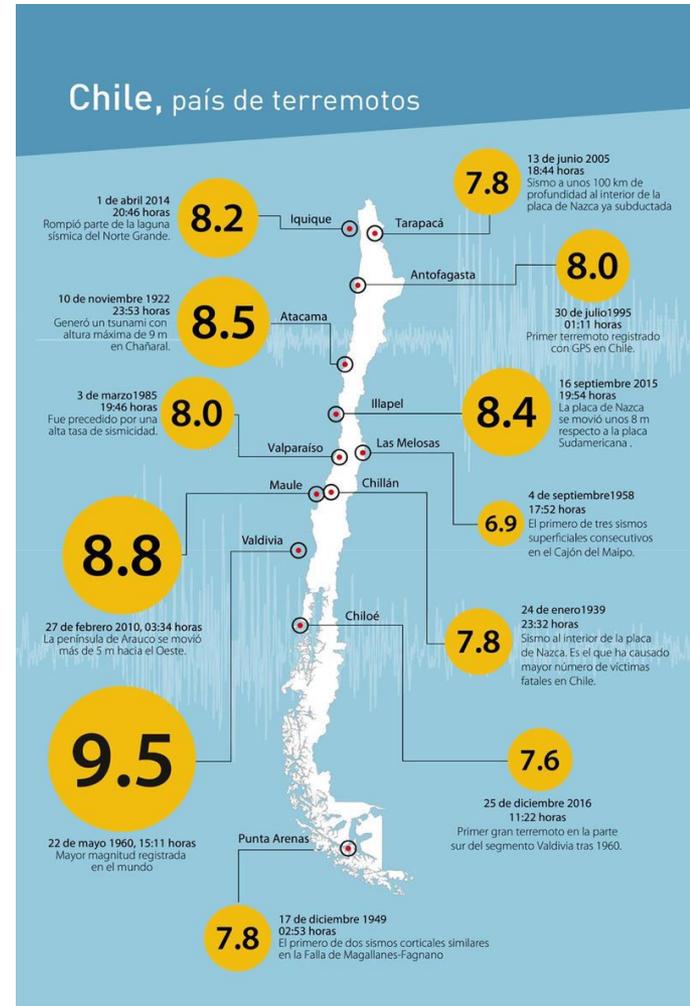
C: Corticales y D: "Outer-rise"



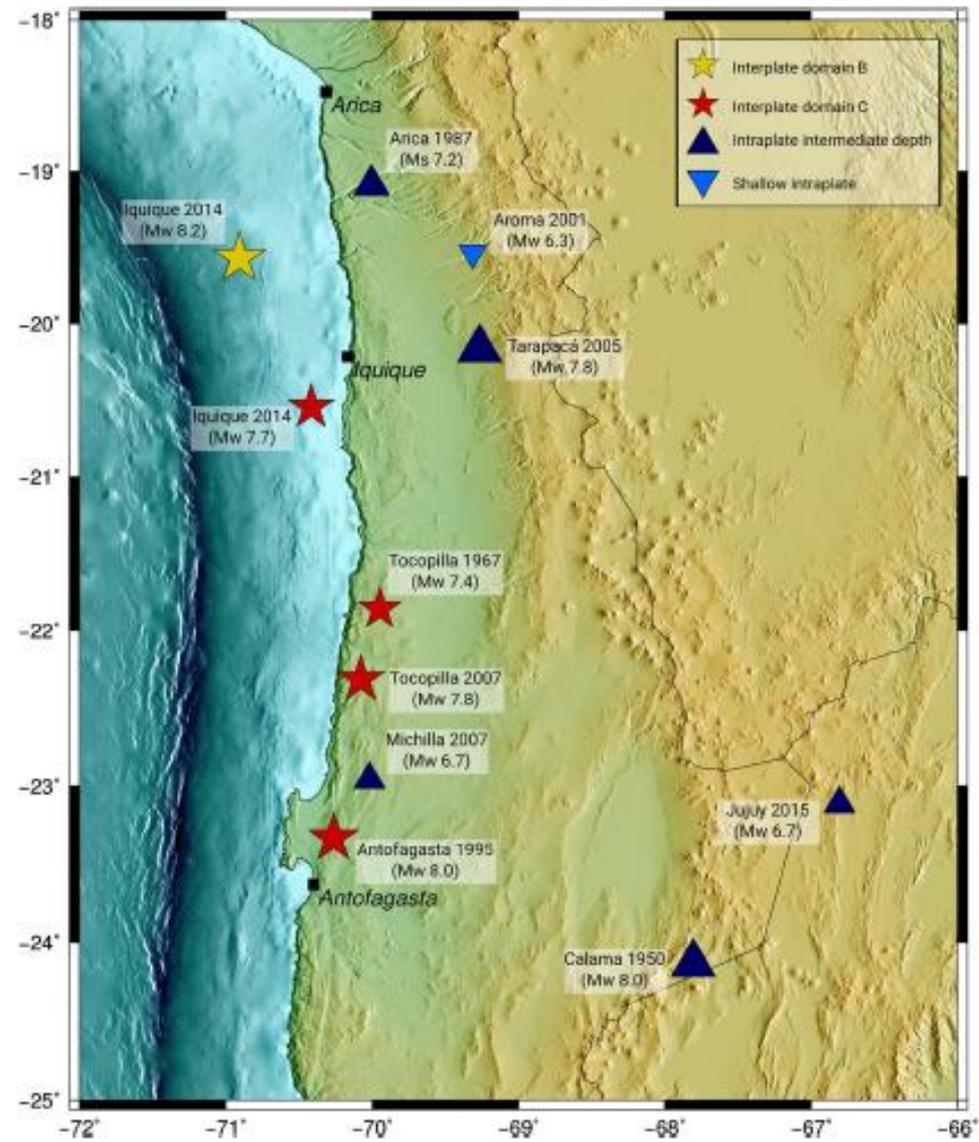
(Valdivia, 1960)



(Constitución, 2010)



(Centro Sismológico Nacional, 2019)



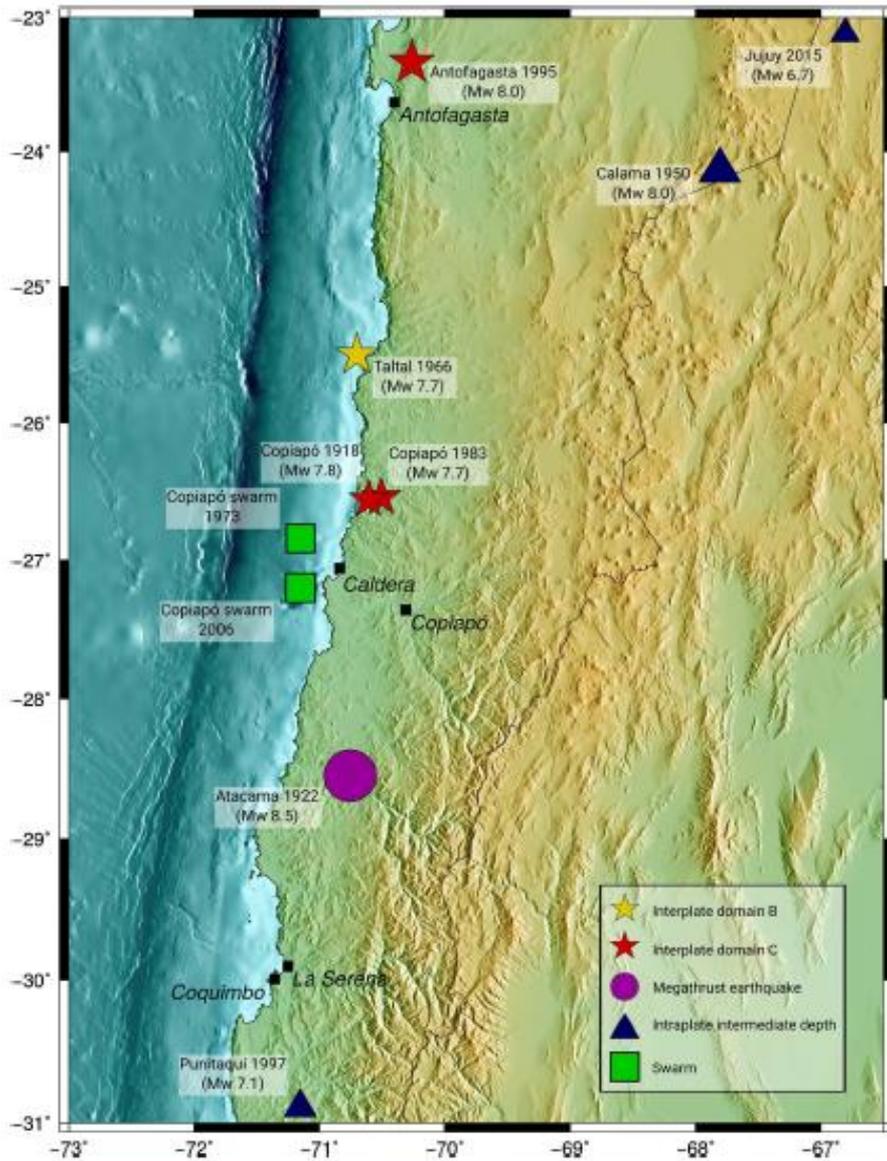
Ruiz y Madariaga (2018)



(Iquique, 2014)



(Tocopilla, 2007)



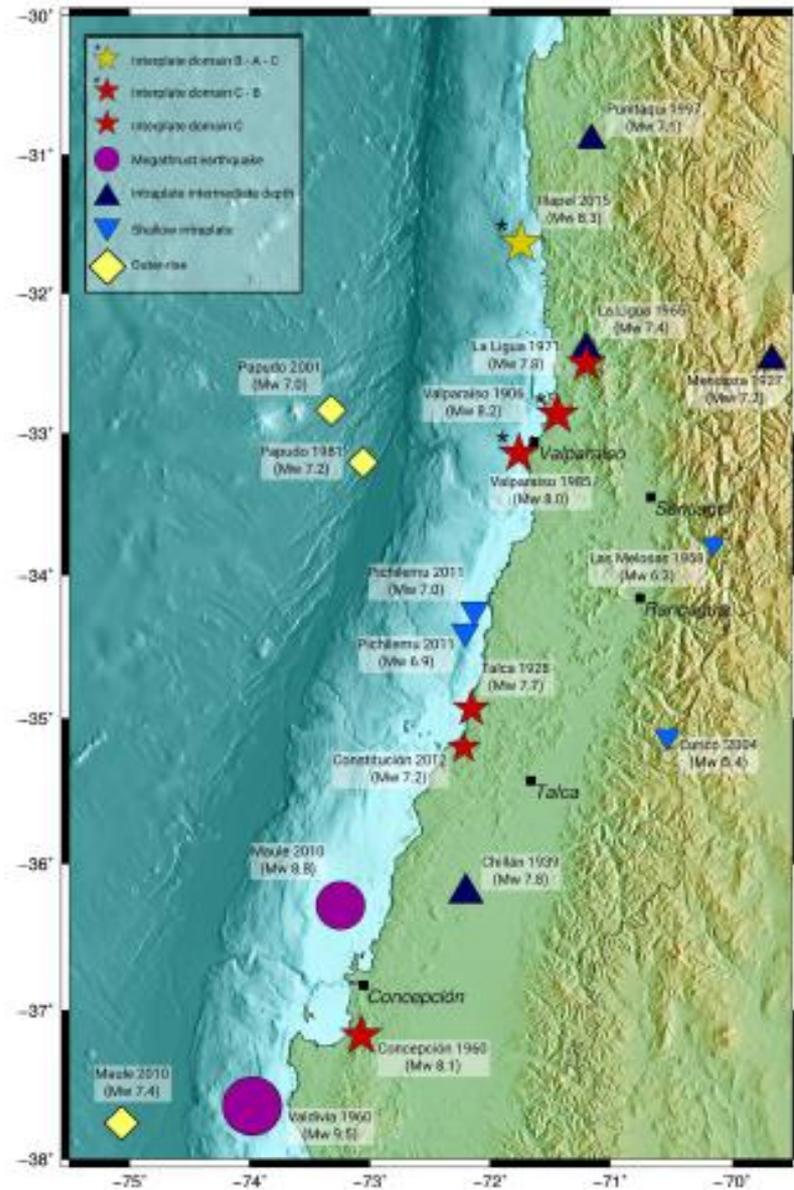
Ruiz y Madariaga (2018)



(Punitaqui, 1997)



(Atacama, 1922)



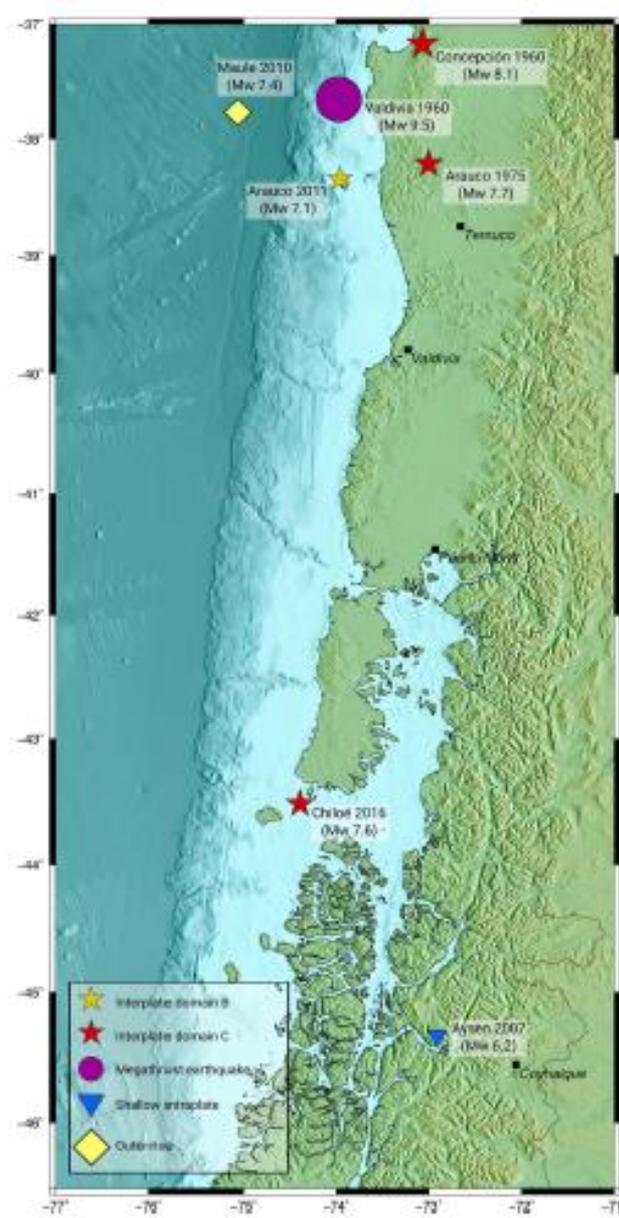
Ruiz y Madariaga (2018)



(Valparaíso, 1985)



(Valdivia, 1960)



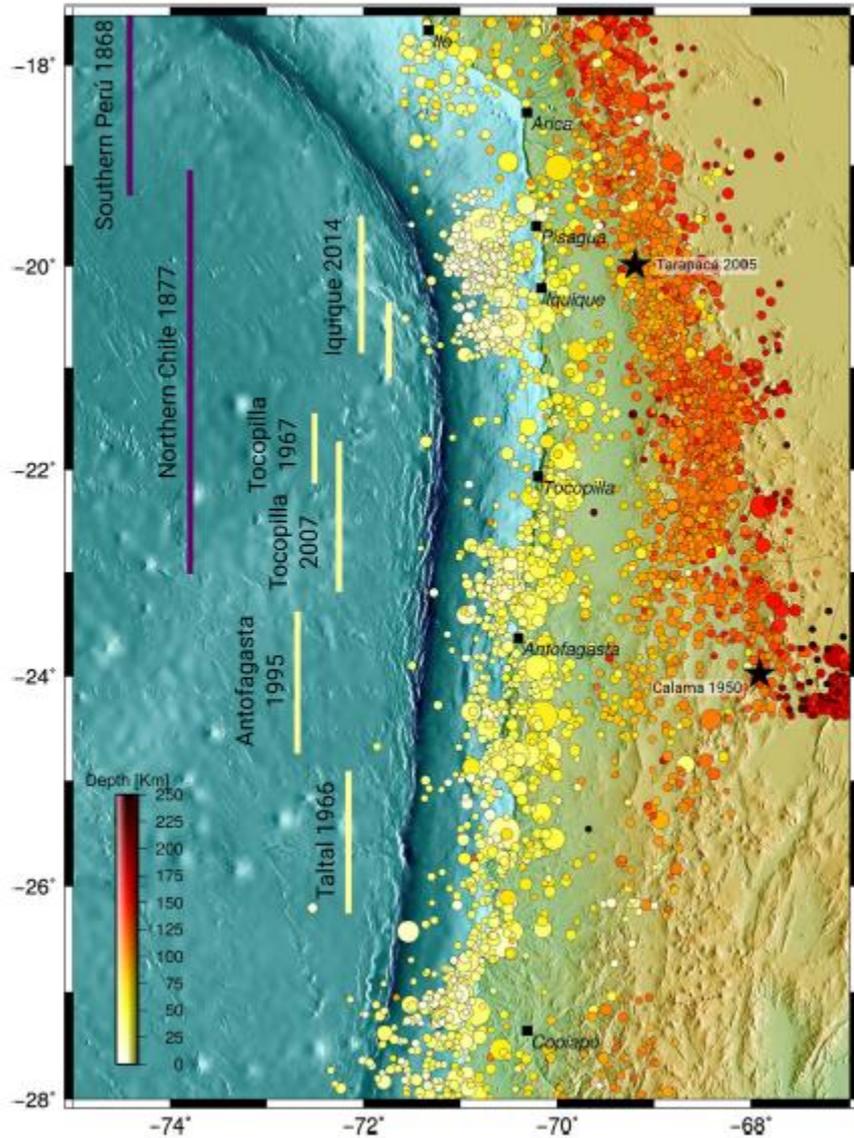
Ruiz y Madariaga (2018)



(Valdivia, 1960)



(Chiloé, 2016)



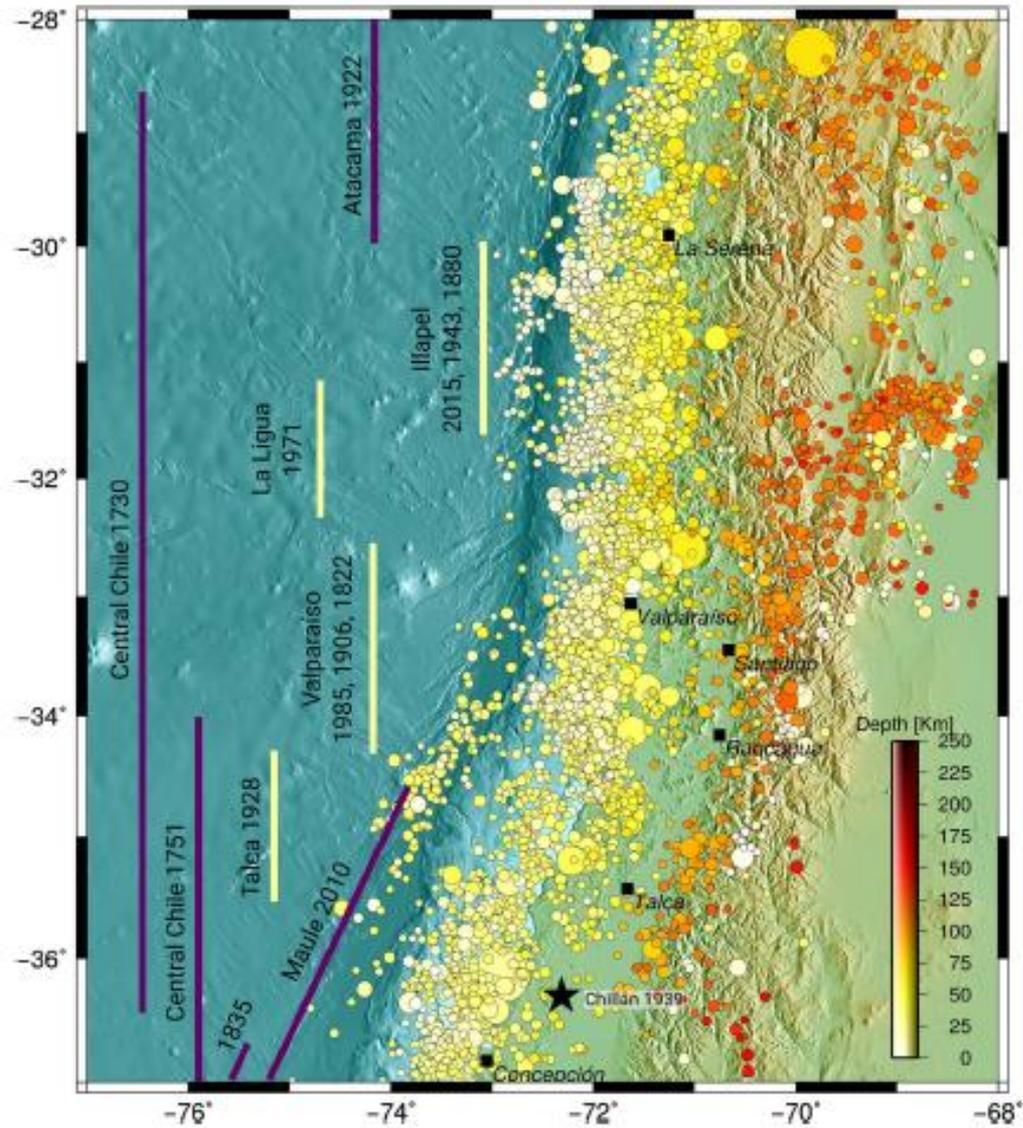
Ruiz y Madariaga (2018)



(Tocopilla, 2007)



(Antofagasta, 1995)



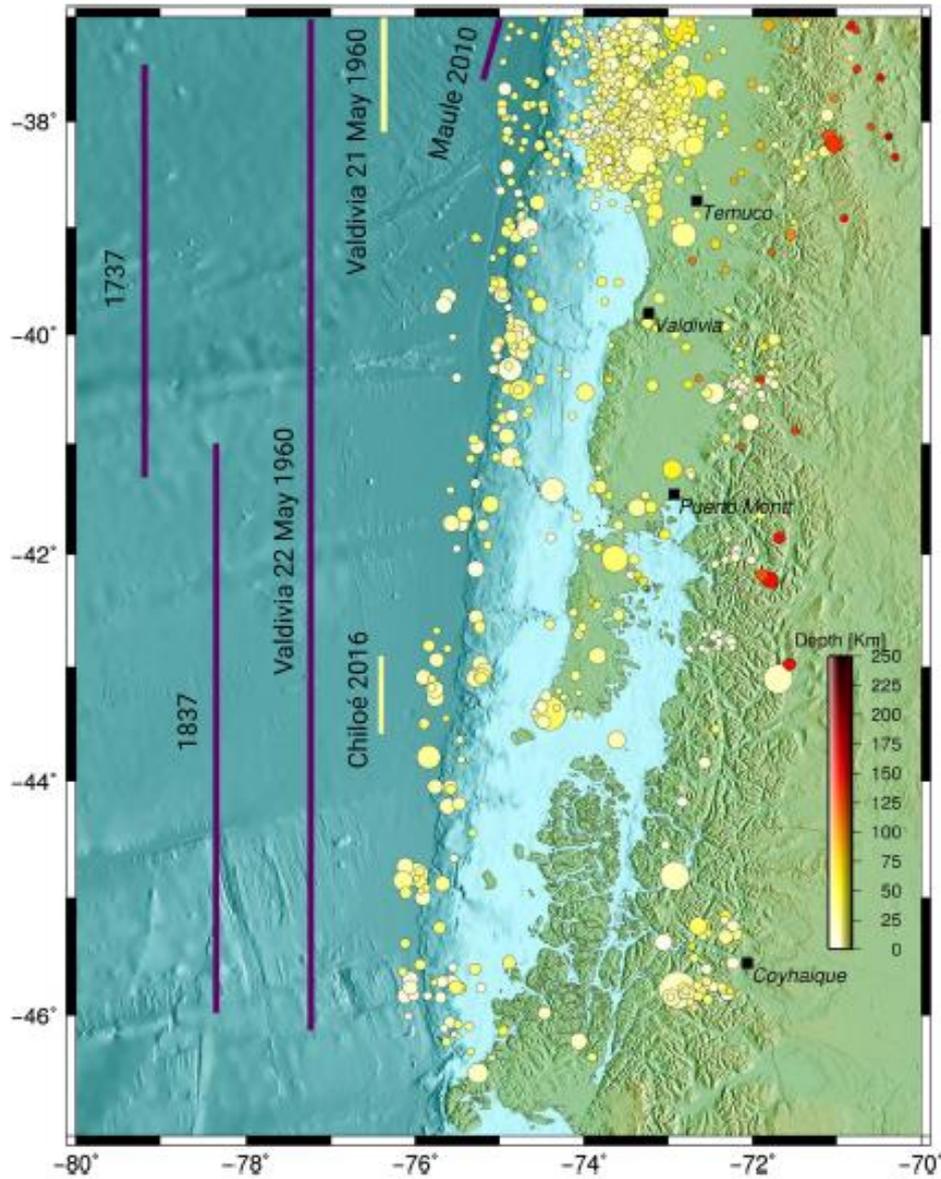
Ruiz y Madariaga (2018)



(La Ligua, 1971)



(Atacama, 1922)



Ruiz y Madariaga (2018)



(Maule, 2010)



(Valdivia, 1960)

Fallas Corticales

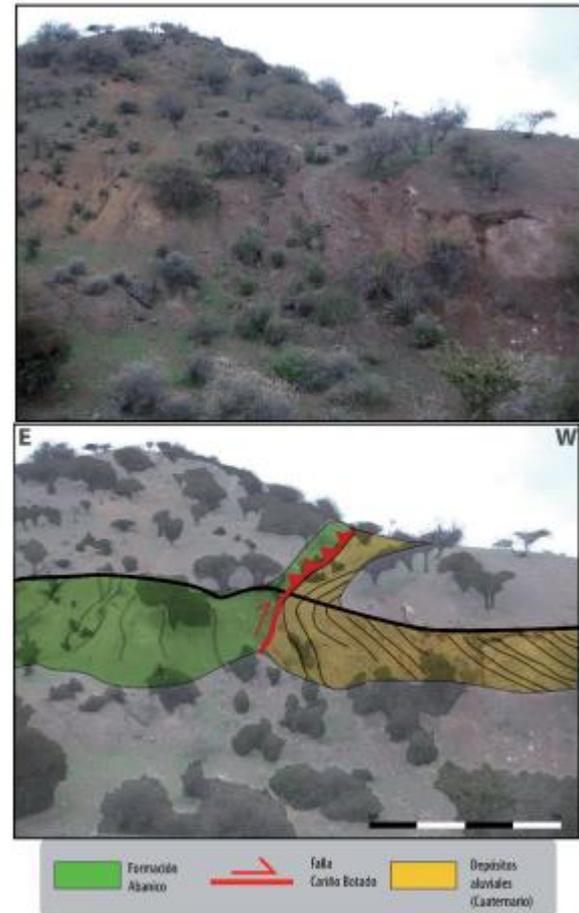
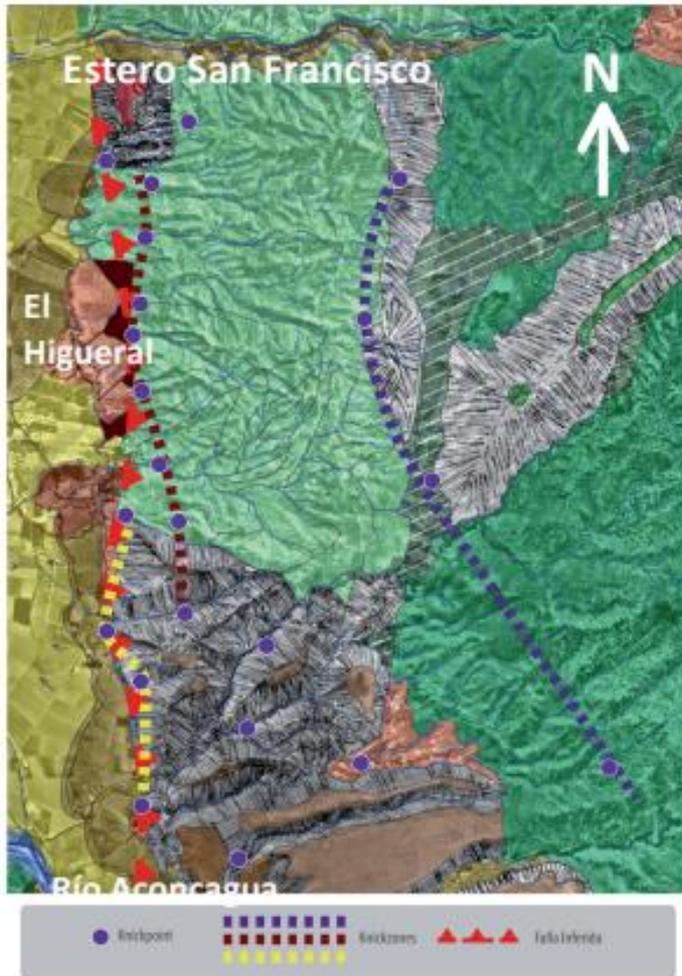
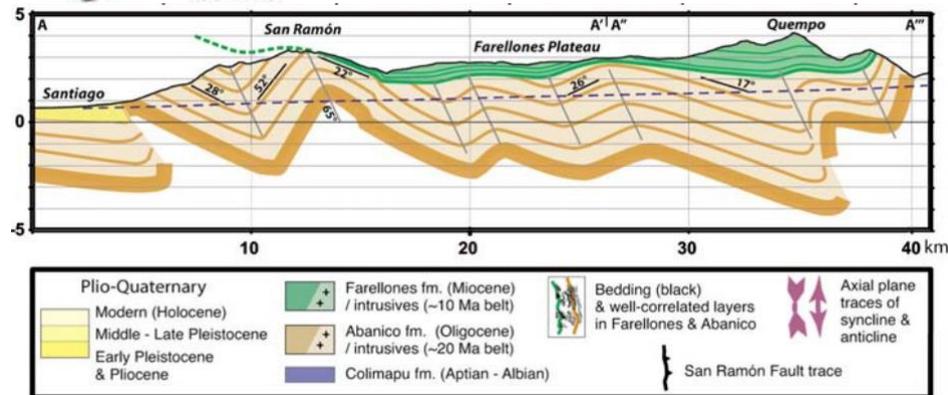
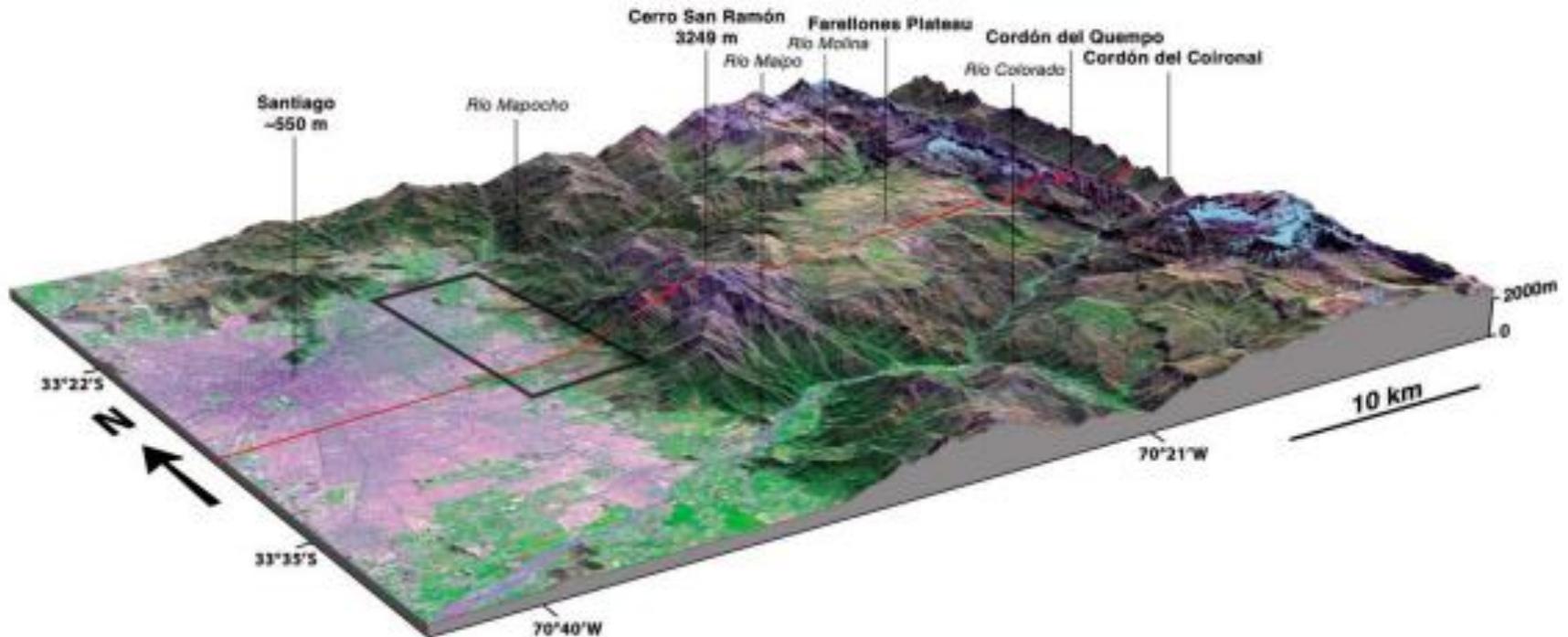


Figura 1. Fotografías que muestran la Falla Cariño Botado, la cual hace montar rocas volcánicas meteorizadas de la Formación Abanico sobre abanicos aluviales basculados.

Troncoso et al., 2015

Fallas Corticales



Armijo et al., 2010

Peligro de Inundaciones



Licantén, 2023



Peligro Volcánico



Volcán Villarrica, 1985



Volcán Villarrica, 2023

Peligro Volcánico



Peligro de Remociones en Masa



Concón, 2023



Dalcahue, 2018



Chañaral, 2020



Panguipulli, 2021

Peligro de Marejadas



Viña del Mar, 2023



Punta Piqueros, 2021

Fuente: Biobío Chile

Peligro de Marejadas

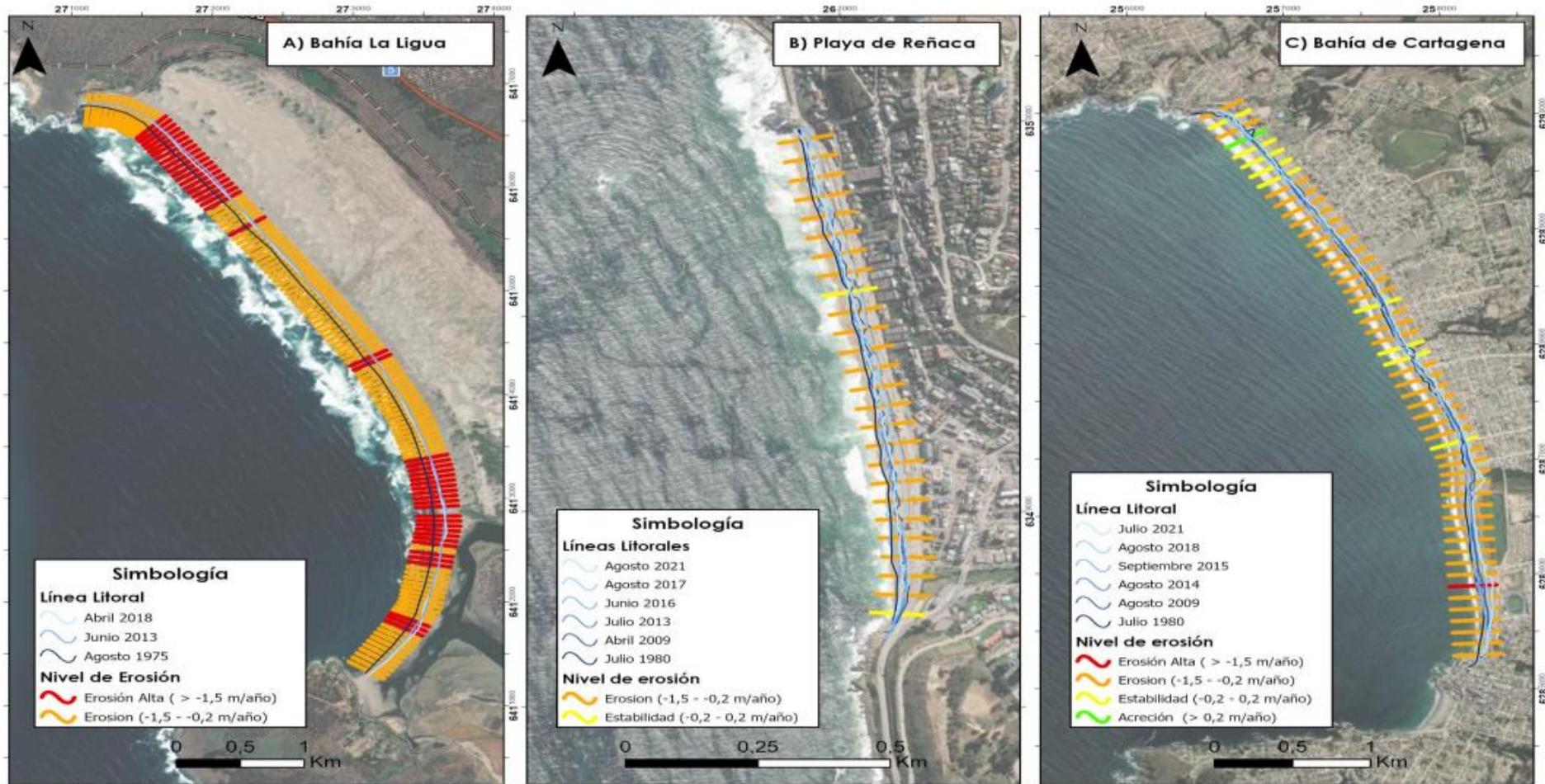


Algarrobo, 2021



Cartagena, 2020

Peligro de Marejadas

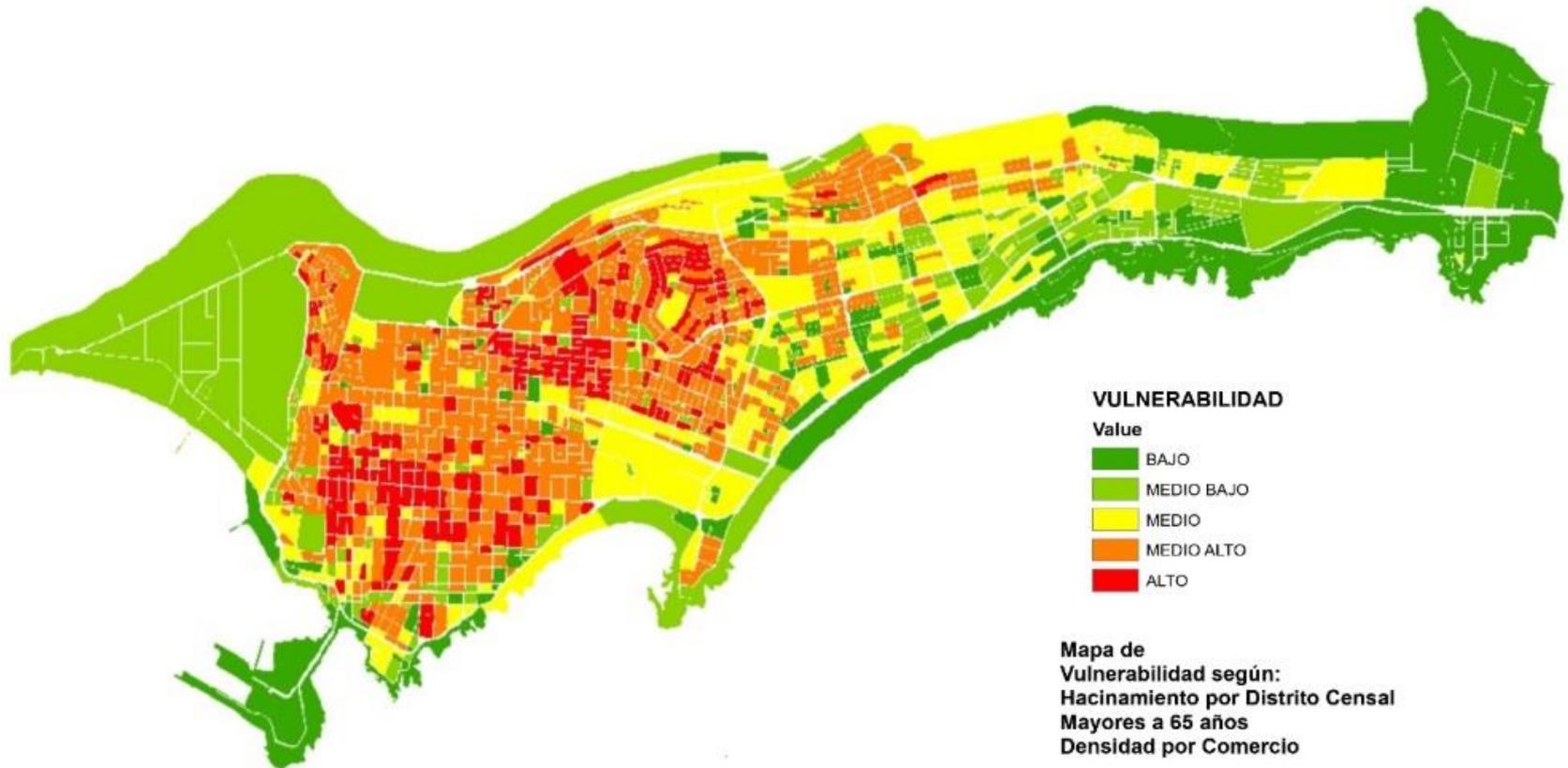


Hémera, 2023

¿Es posible mitigar
y/o prevenir los
efectos de los peligros
naturales?

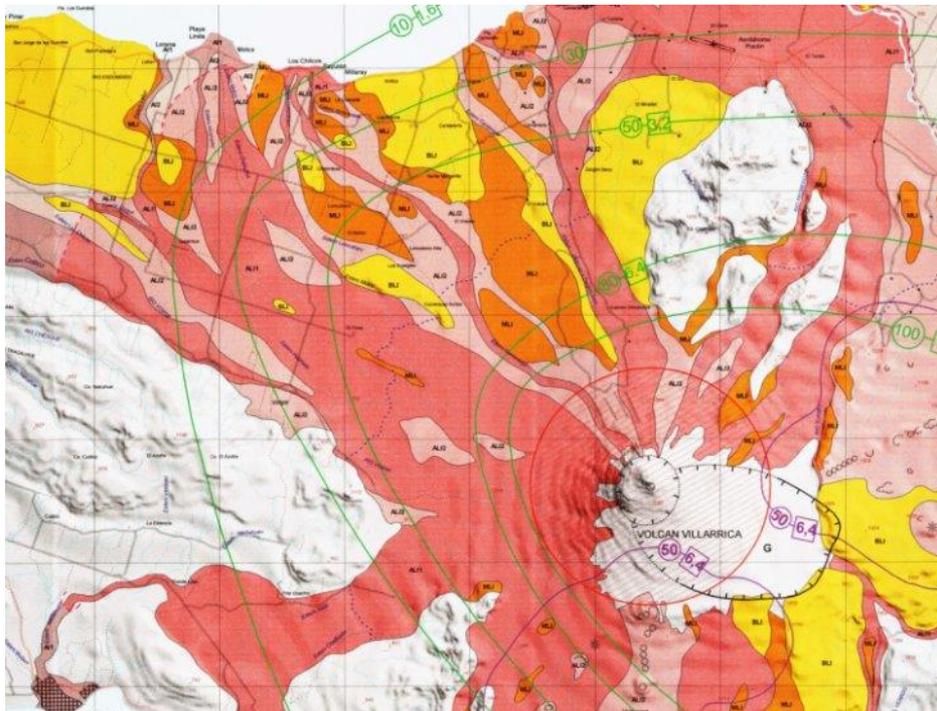


Plan Regulador

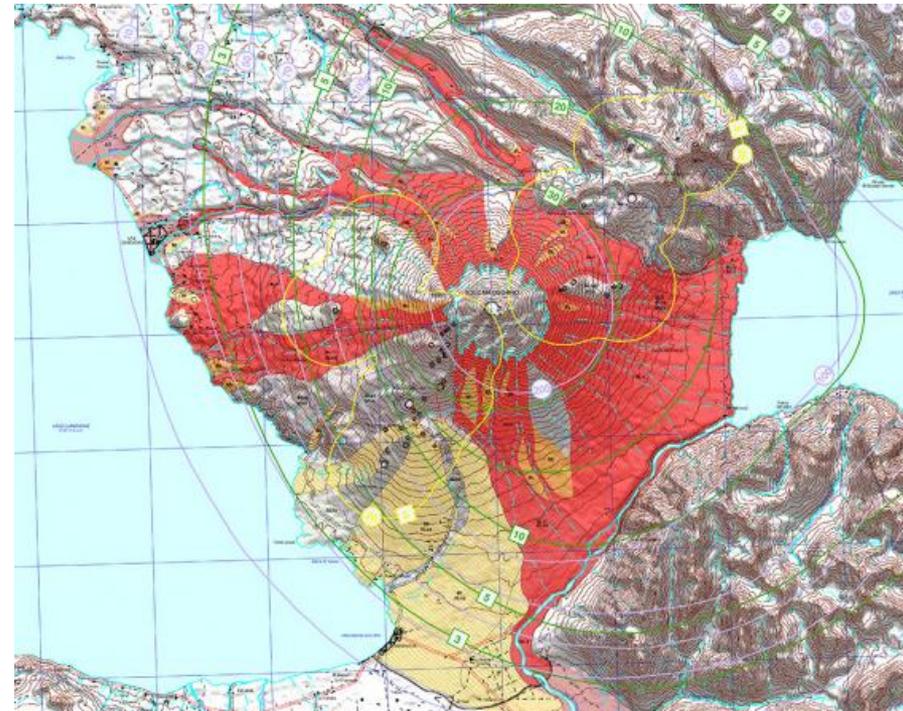


Fuente: Municipalidad Iquique, 2020

Líneas base para la componente de **peligro y riesgo** geológica

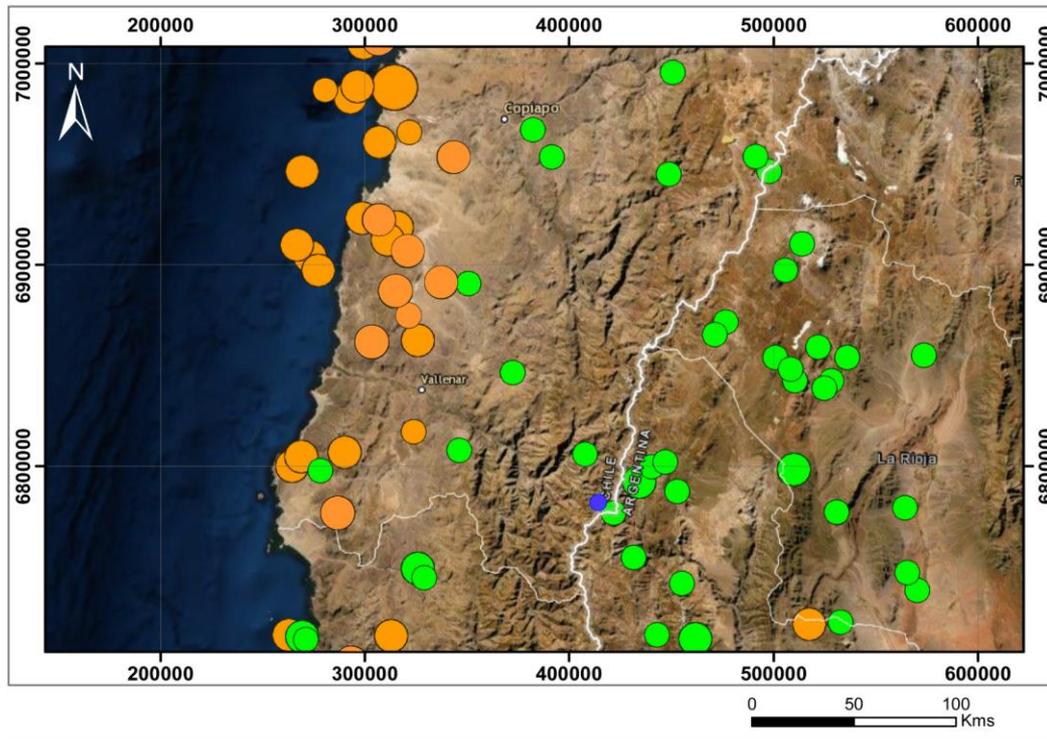


Mapa de peligro volcánico, Volcán Villarrica,
Sernageomin



Mapa de peligro volcánico, Volcán Osorno,
Sernageomin

Líneas base para la componente de **peligro y riesgo** geológica



Mapa de distribución de sismo
cercano al proyecto, GeoSalazar 2023

LEYENDA

 Ubicación del Proyecto

 Profundidad 0 - 70 km

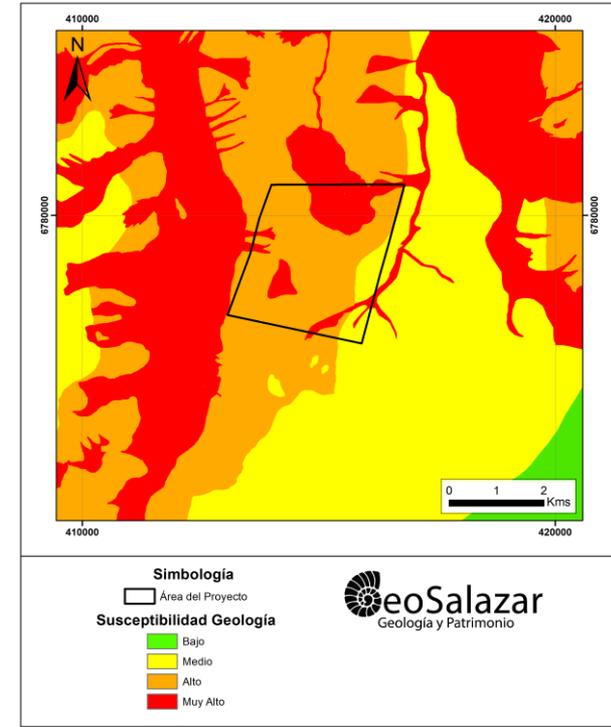
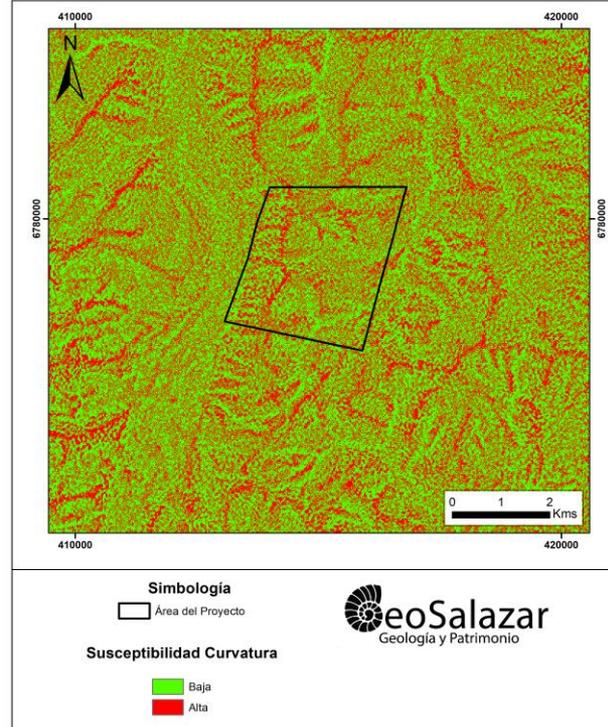
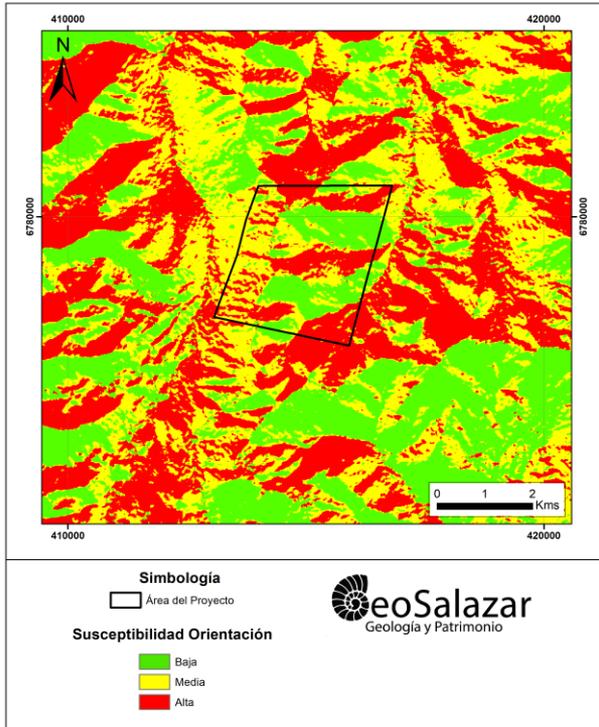
 Profundidad 70 - 300 km

Magnitud  4,5 - 6 M

 6 - 8,5 M

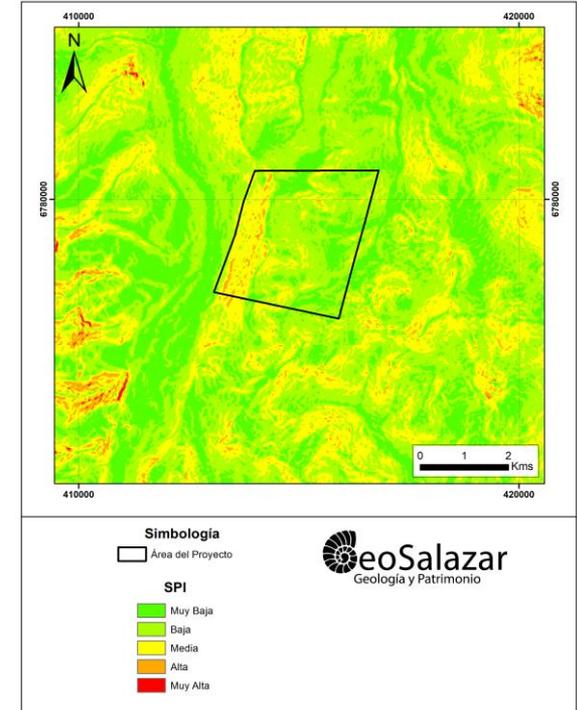
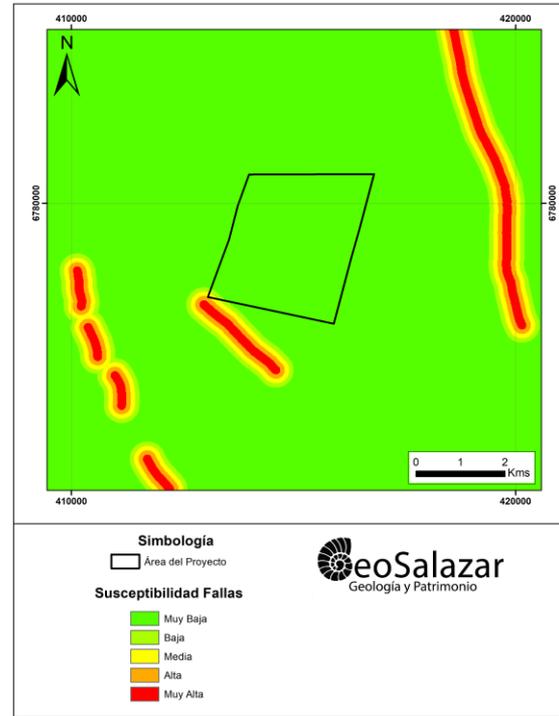
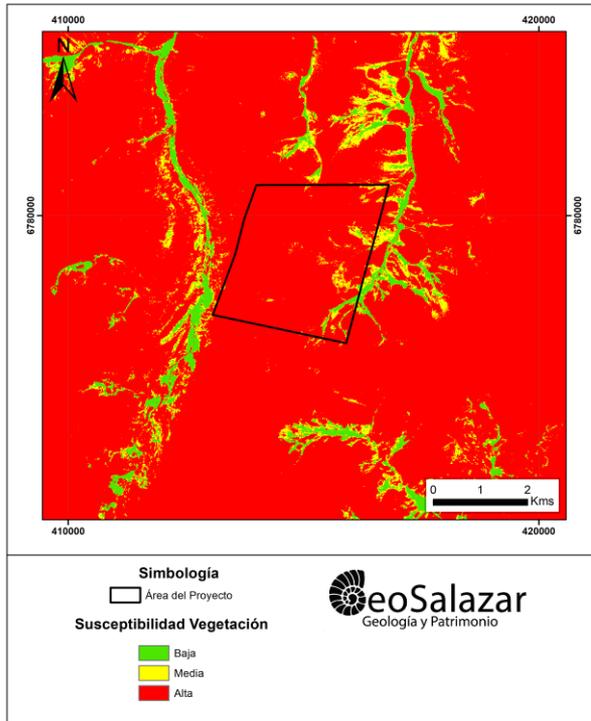
 **GeoSalazar**
Geología y Patrimonio

Líneas base para la componente de peligro y riesgo geológico



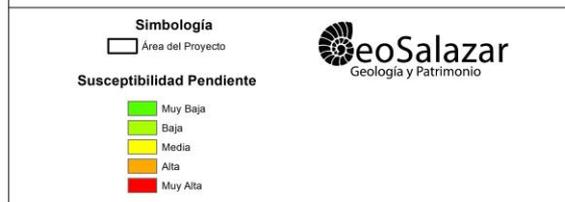
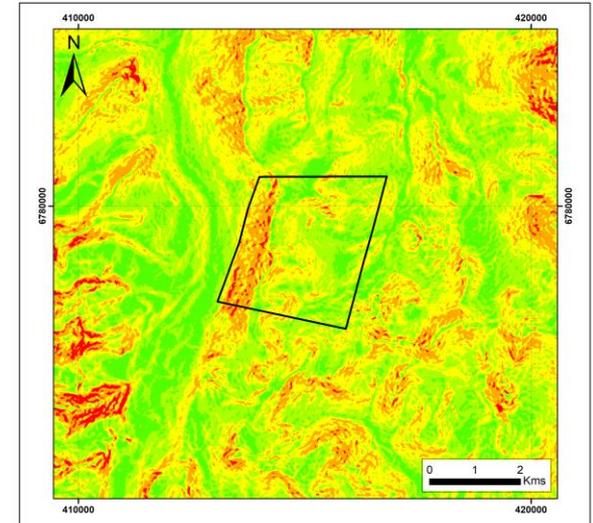
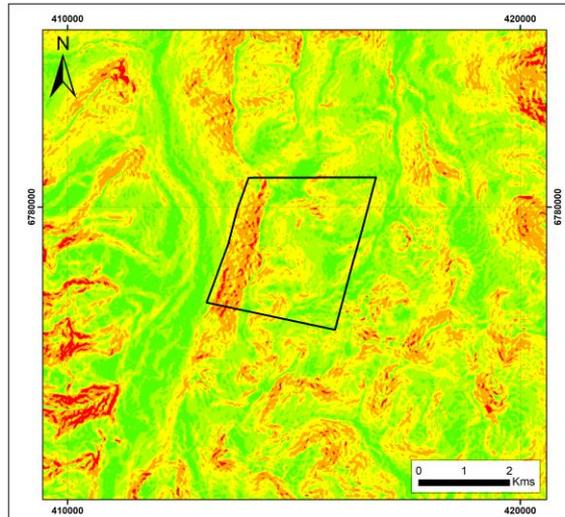
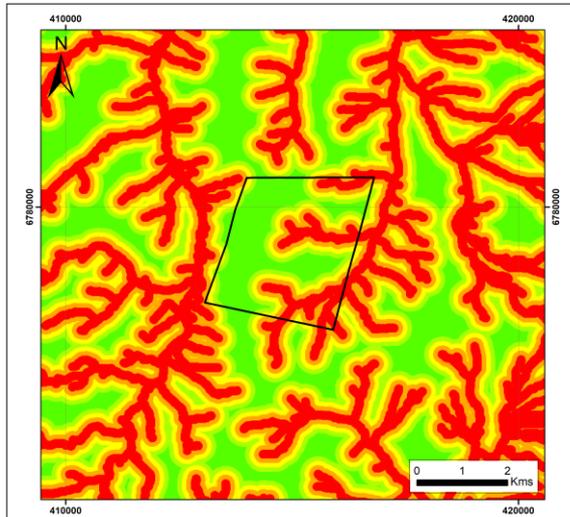
Mapa de susceptibilidad de
remociones en masa, GeoSalazar 2023

Líneas base para la componente de peligro y riesgo geológico



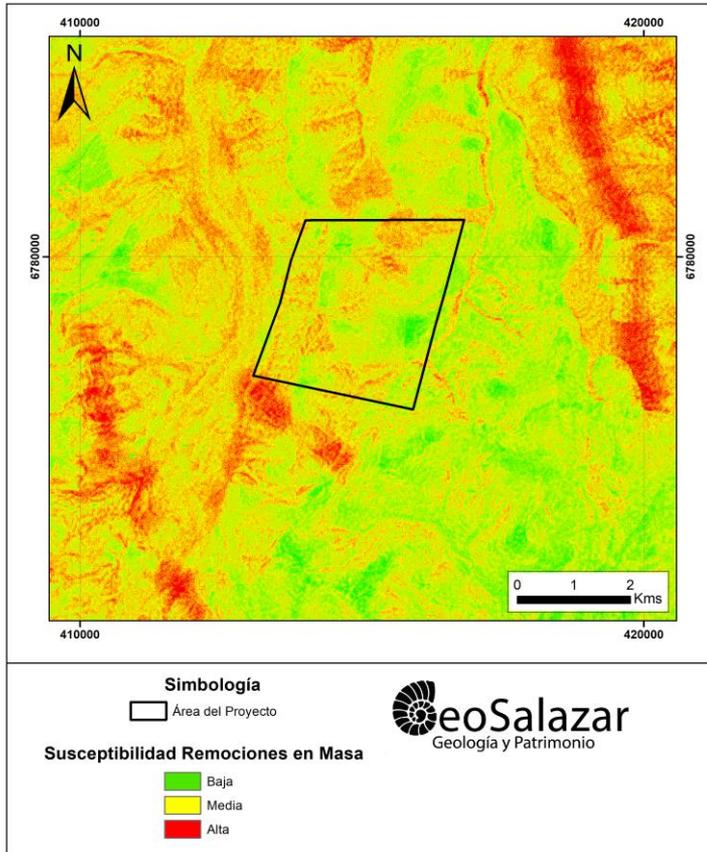
Mapa de susceptibilidad de
remociones en masa, GeoSalazar 2023

Líneas base para la componente de peligro y riesgo geológica



Mapa de susceptibilidad de
remociones en masa, GeoSalazar 2023

Líneas base para la componente de **peligro y riesgo** geológica

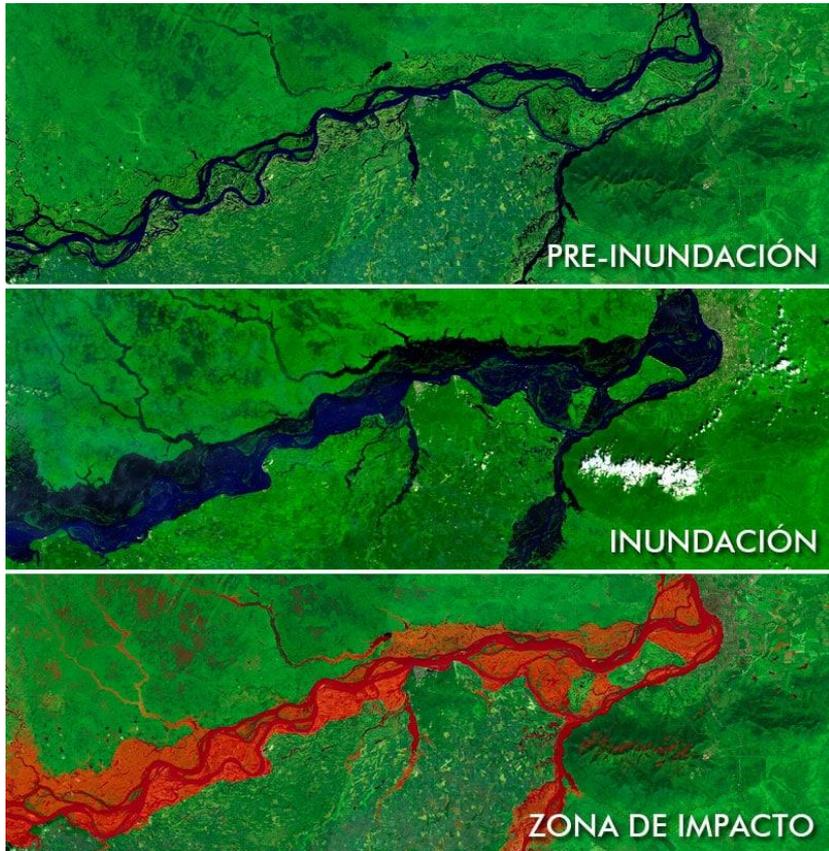


Producto realizado desde la
ponderación de diversos factores

| Variable | Ponderación (%) |
|-------------|-----------------|
| Pendiente | 20 |
| Geología | 25 |
| Fallas | 15 |
| Orientación | 5 |
| Red hídrica | 10 |
| SPI | 3 |
| TWI | 7 |
| Curvatura | 10 |
| Vegetación | 5 |

Mapa de susceptibilidad de
remociones en masa, GeoSalazar 2023

Líneas base para la componente de **peligro y riesgo** geológica



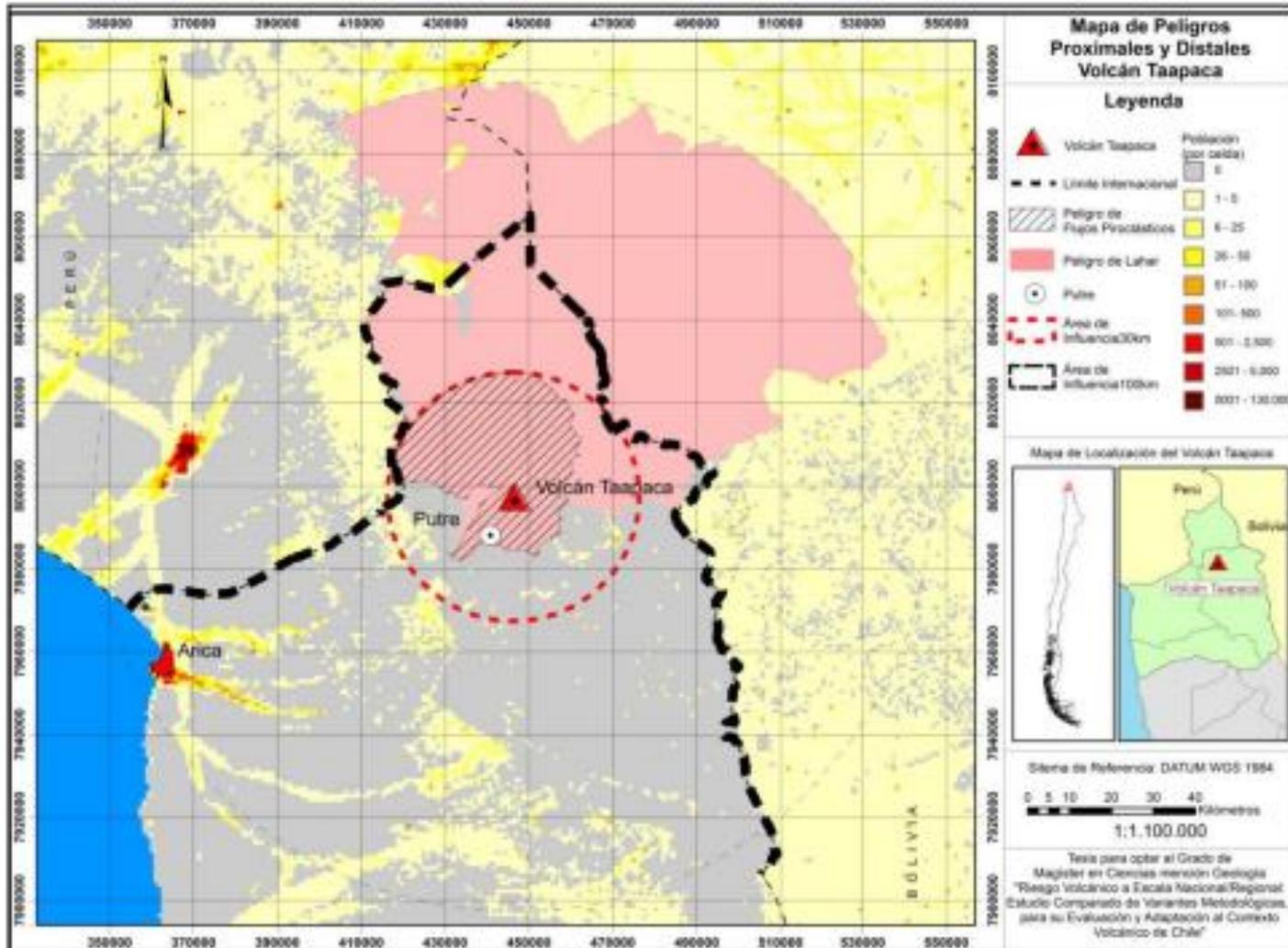
Uso de la teledetección para estimar la zona de impacto de las inundaciones.



Región del Maule, 2023

Fuente: GeoInnova

Estudio De Riesgo



Institucionalidad

SERNAGEOMIN (Ministerio Minería)

Centro Sismológico Nacional (U de Chile)

SHOA – Meteo Chile (Ministerio Defensa)

Centros Universidades (Financiamiento Estatal)

Entre otros organismos técnicos de base

Institucionalidad

Futuro:

Sistema integral?

Servicio Nacional de Ciencias de la Tierra

Servicio Nacional Oceanográfico

Servicio Nacional del Patrimonio Natural

Ministerio de Medio Ambiente



5 Universidad
acreditada
años

UNIVERSIDAD MAYOR ACREDITADA NIVEL AVANZADO
Gestión Institucional - Docencia de Pregrado -
Vinculación con el Medio - Investigación
Por 5 años, hasta octubre de 2026



Gratuidad
UNIVERSIDAD ADSCRITA



Dr. Christian
Salazar
Geólogo -
Paleontólogo



Francisco Zúñiga
Jefe de Proyectos



Pablo Aranda
Coordinador
Ambiental



Claudia Tello
Coordinadora de
Proyectos





Hernán Cabello
Geólogo de
Proyectos



Robinson Reyes
Geólogo de
Proyectos



Alejandra Manríquez
Geóloga de
Proyectos



Camila Vargas
Geóloga de
Proyectos





Catalina
Pincheira
Geóloga de
Proyectos



Juan Arbea
Geólogo de
Proyectos



Ignacio Catalán
Geólogo de
Proyectos



Álvaro Millamán
Geólogo de
Proyectos



ATRIBUTOS DE NUESTRA ESCUELA

**10 PROFESORES DE PLANTA, ACADÉMICOS DE EXCELENCIA CON DOCTORADO.
INVESTIGADORES ACTIVOS Y COMPROMETIDOS CON
LA FORMACIÓN DE NUESTROS ESTUDIANTES**

Geología Ambiental y del Cuaternario

Dra. Cristina Ortega
Geología del
Cuaternario y
Geomorfología



**MSc. Camilo
Sánchez**
Geología Ambiental
e Hidrogeología



**MSc. Álvaro
Navarrete**
Hidrogeoquímica y
Geología Ambiental
Dirección Docente



Volcanismo y Geoquímica

Dr. Javier Reyes
Volcanología y
Petrología



**Dr. Eduardo
Morgado**
Volcanología y
Geoquímica



Dr. Ítalo Payacán
Procesos Magmáticos
y Paleomagnetismo



Análisis de Cuencas del Sistema Andino

Dr. Matías Peña
Geología Estructural
y Paleomagnetismo



MSc. Raúl Ugalde
Sedimentología y
Estratigrafía



Dr. Christian Salazar
Estratigrafía y
Paleontología
Dirección Escuela



Recursos Minerales y Energéticos

Dra. Gisella Palma
Metalogénesis,
Geoquímica y
Mineralogía

