

# **Identificación de amenazas y exposición a desastres en la Comuna de Coquimbo, Chile.**



Universidad de Oviedo



**Director Pedro Arcos**

**Autor Cristóbal Trigo Gálvez**

**23 de Octubre 2024**

*Declaro que esta tesis titulada “Identificación de amenazas y exposición a desastres en la Comuna de Coquimbo, Chile” es únicamente el resultado de mi propio trabajo de investigación y que todas las fuentes de información utilizadas (impresas, sitios web, etc.) procedentes de otros autores o trabajos se indican en la lista de referencias de acuerdo con las normas establecidas.*

*Firma:* \_\_\_\_\_

*Recuento total de palabras: 21.690*

*El Profesor Pedro Arcos aprueba esta tesis para su presentación.*

*Firma del director o directores de tesis:* \_\_\_\_\_

## Contenido

Resumen.....	7
Introducción.....	8
Hipótesis de trabajo .....	12
Objetivo principal y específicos .....	12
Metodología.....	13
Resultados .....	18
Discusión.....	60
Conclusiones .....	61
Referencias .....	62

## Ilustraciones

Ilustración 1: Esquema resumido de la propuesta metodológica para la evaluación de riesgo de desastres de la Comuna de Coquimbo, Chile. Elaboración propia. ....	18
Ilustración 2: Designación de Unidades Vecinales visualizadas en herramienta de geolocalización mediante archivo original kmz. Elaboración propia. ....	19
Ilustración 3: Sectorización de la Comuna de Coquimbo actualizada con propósito del estudio, considerando las definiciones del PLADECO y designaciones UV según decreto 2328. Elaboración propia. ....	19
Ilustración 4: Inventario de amenazas propuesto para la evaluación de riesgos de desastres de la Comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	22
Ilustración 5: Representación de recurrencia en años de cada amenaza propuesta para la evaluación de riesgos de desastres de la Comuna de Coquimbo. Elaboración propia.....	28
Ilustración 6: Zona de riesgo potencial en UV21 La Cantera. CONAF.....	30
Ilustración 7: Zona de riesgo potencial en UV12 El Culebrón. CONAF.....	31
Ilustración 8: Porcentaje regional de agua embalsada en la región de Coquimbo (2024). CEAZA. ....	32
Ilustración 9: Vulnerabilidad en edificaciones Coquimbo. Proyecto PROTEGER. ....	33
Ilustración 10: Riesgo en edificaciones Coquimbo por sismo simulación tipo C. Proyecto PROTEGER. ....	34
Ilustración 11: Modelaciones de amenaza de Tsunami en la Comuna de Coquimbo. Proyecto PROTEGER Coquimbo. ....	36
Ilustración 12: Cuenca Cruz de Caña, UV20 Pan de azúcar. CEAZA.....	37
Ilustración 13: Plano de vulnerabilidad de edificaciones en Coquimbo. PROTEGER.....	38
Ilustración 14: Ejemplo de capacidades de asistencia primaria, UV28 Guanaqueros. Elaboración propia. ....	39
Ilustración 15: Cantidad de centros de asistencia primaria y UV en Coquimbo. Elaboración propia. ....	42
Ilustración 16: Plano de evacuación ante amenaza de Tsunami Coquimbo. SENAPRED. ....	43
Ilustración 17: Plano de evacuación en caletas ante amenaza de Tsunami Coquimbo. SENAPRED. ....	43

Ilustración 18: Estrato predominante y homogeneidad social según censo 2002 y pre censo 2011, Coquimbo-La Serena. Researchgate. ....	45
Ilustración 19: Dimensiones e indicadores de la medición de Pobreza Multidimensional Ampliada. Ministerio de Desarrollo Social y Familia.....	46
Ilustración 20: Paso a paso de uso y acceso a la herramienta “Visor Chile Preparado”. SENAPRED. ....	47
Ilustración 21: Vectorización de resultados de la cuantificación del riesgo de desastre. Elaboración propia. ....	56
Ilustración 22: Mapa de análisis UV geocalizado con priorización de riesgo de desastres. Elaboración propia. ....	59
Ilustración 23: Visualización del sistema de evaluación de riesgos de desastres en Google Site. Elaboración propia. ....	59
Ilustración 24: Código QR con enlace al sitio de Evaluación de Riesgo de Desastres Coquimbo. Elaboración propia. ....	60

## Tablas

Tabla 1: Últimos desastres de gran magnitud ocurridos en Chile los últimos 14 años. Elaboración propia. ....	10
Tabla 2: Últimos desastres de gran magnitud ocurridos en Chile los últimos 14 años. Elaboración propia. ....	11
Tabla 3: Referencias de métodos avanzados estadísticos para estimaciones, proyecciones y predicciones de la ocurrencia de desastres naturales. Elaboración propia. ....	15
Tabla 3: Criterio del valor de resiliencia ajustado, para casos de evaluación negativa. Elaboración propia. ....	16
Tabla 4: Identificación de amenazas para la Comuna de Coquimbo según el proyecto PROTEGER Coquimbo 2010. Elaboración propia. ....	20
Tabla 5: Identificación de peligros zonificables y no zonificables referenciados por el Estudio Fundado de Riesgos Coquimbo 2019. Elaboración propia. ....	21
Tabla 6: Detección de amenazas climatológicas y/o antrópicas adheridas por estudios de CONAF y la ONU junto al Ministerio de Agricultura de Chile. Elaboración propia.....	21
Tabla 8: Compilación de registros históricos de terremotos de alta significancia entre el año 2000 y 2024 para la comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	23
Tabla 9: Compilación de registros históricos significativos de incendios forestales entre el año 2000 y 2024 que afectaron la comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	24
Tabla 10: Compilación de eventos relevantes de aluviones ocurridos en la comuna de Coquimbo entre el año 2000 y 2024. Elaboración propia. ....	25
Tabla 11: Compilación de eventos de tsunami que afectaron la comuna de Coquimbo entre el año 2000 y 2024. Elaboración propia. ....	26
Tabla 12: Compilación de eventos de tsunami que afectaron la comuna de Coquimbo entre el año 2000 y 2024. Elaboración propia. ....	27
Tabla 13: Cálculo del factor de recurrencia y la frecuencia media del inventario de amenazas según eventos significativos para Coquimbo. Elaboración propia. ....	27
Tabla 14: Revisión consolidada de variables que afectan la vulnerabilidad de desastres. Elaboración propia. ....	28

Tabla 15: Revisión consolidada de variables que consideran la capacidad comunitaria ante desastres. Elaboración propia. ....	29
Tabla 16: Variables de vulnerabilidad y capacidad consideradas para el proyecto. Elaboración propia. ....	29
Tabla 17: Sectores de riesgo potencial por amenaza de incendios forestales determinadas por CONAF en la comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	30
Tabla 18: Sectores de riesgo uso de fuego, microbasural y expansión urbana por amenaza de incendios forestales determinadas por CONAF en Coquimbo. Elaboración propia. ....	32
Tabla 19: Unidades de Carabineros en la Comuna de Coquimbo y las Unidades Vecinales a la que pertenecen. Elaboración propia. ....	40
Tabla 20: Unidades de Bomberos en la Comuna de Coquimbo y las Unidades Vecinales a la que pertenecen. Elaboración propia. ....	40
Tabla 21: Unidades de Salud en la Comuna de Coquimbo y las Unidades Vecinales a la que pertenecen. Elaboración propia. ....	41
Tabla 22: Registro censal de tipos de vivienda según actualización 2017. INE. ....	46
Tabla 23 : Escala de integración cuantitativa y cualitativa para el análisis profundo de las variables de vulnerabilidad. Elaboración propia. ....	48
Tabla 24: Evaluación de vulnerabilidades por UV en la comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	48
Tabla 25: Escala de integración cuantitativa y cualitativa para el análisis profundo de las variables de capacidad. Elaboración propia. ....	49
Tabla 26: Evaluación de capacidades por UV en la comuna de Coquimbo. Elaboración propia. ....	50
Tabla 27: Cálculo del factor de Resiliencia de las UV, considerando el criterio del R ajustado. Elaboración propia. ....	51
Tabla 28: Valorización referencial promedio por m2 en infraestructura pública. Elaboración propia. ....	53
Tabla 29: Estimación en m2 de infraestructura pública para cada UV. Elaboración propia. ....	53
Tabla 30: Valorización infraestructura pública (MM\$) para cada UV. Elaboración propia. ....	54
Tabla 31: Cálculo de estimación de riesgo en MM\$ según vectores de amenazas. Elaboración propia. ....	56
Tabla 32: Resultados de ponderación de riesgo según exposición y amenazas. Elaboración propia. ....	57

## Ecuaciones

Ecuación 1: Función del Riesgo de Desastres. ....	13
Ecuación 2: Probabilidad de ocurrencia de amenaza. ....	14
Ecuación 7: Frecuencia de un desastre. ....	14
Ecuación 8: Frecuencia media de un desastre. ....	14
Ecuación 9: Aproximación de frecuencia y ocurrencia de un desastre. ....	14
Ecuación 3: Factor de resiliencia. ....	15
Ecuación 4: Condición de superioridad en la vulnerabilidad para el factor de resiliencia. ....	16
Ecuación 5: Exposición al riesgo. ....	17
Ecuación 6: Expresión matemática ampliada del cálculo del riesgo de desastres. ....	17
Ecuación 10: Factor simplificado del cálculo del riesgo de desastres. ....	55

*“En mi búsqueda, terminé encontrando senderos para guiar con esperanza al que buscaba, temeroso de lo inmenso de la existencia y del suspiro que representamos ante la amplitud del conocimiento y la conciencia de la vida misma”.*

*CTG*



Samsāra

## Abreviaturas

- CEAZA: Centro de estudios avanzados en zonas áridas.
- CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CIGIDEN: Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales.
- COGRID: Comité de Gestión del Riesgo de Desastres.
- CONAF: Corporación Nacional Forestal.
- CSN: Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile.
- DGA: Dirección General de Aguas.
- DMC: Dirección Meteorológica de Chile.
- IA: Inteligencia Artificial.
- INE: Instituto Nacional de Estadísticas.
- MOP: Ministerio de Obras Públicas.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- ONU: Organización de las Naciones Unidas.
- ONEMI: Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
- PIB: Producto interno bruto.
- PLADECO: Plan de Desarrollo Comunal
- PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PROTEGER: Proyecto de ordenamiento territorial para la gestión de riesgos
- SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- SIG: Sistema de información geográfica.
- SII: Servicio de impuestos internos.
- UNDRR: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
- UNISDR: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas
- UUVV: Unidades Vecinales

## Resumen

El proyecto "Identificación de amenazas y exposición a desastres en la Comuna de Coquimbo, Chile" tiene como objetivo principal identificar el perfil de amenazas y el nivel de exposición de la población de la comuna, utilizando una metodología de evaluación de riesgos de desastres. Para esto, se recopilan datos históricos de desastres naturales entre el 2000 y 2024, como terremotos, incendios forestales, aluviones, tsunamis y sequías, con el fin de analizar la recurrencia de estos eventos y su impacto en la comunidad.

El proyecto plantea una serie de pasos metodológicos que incluyen la sectorización de la comuna según sus Unidades Vecinales (UV), la detección de amenazas mediante inventarios respaldados por estudios científicos y el análisis de vulnerabilidades y capacidades. En este contexto, se consideran variables como la pobreza, la localización geográfica y la calidad de la infraestructura, así como las capacidades materiales, técnicas, comunitarias y económicas de la comuna. A partir de estos factores, se calcula el riesgo de desastres utilizando una ecuación que combina la amenaza, la resiliencia y la exposición de la comunidad.

El análisis muestra que, en la comuna de Coquimbo, Sindempart, El Llano y La Herradura cuentan con mayores capacidades mientras que El Culebrón y Tierras Blancas son las UV

que muestran las mayores vulnerabilidades. Además, se evidencia un déficit en los recursos de asistencia primaria, con más UV (30 sectores) que unidades de asistencia de Bomberos (12 unidades) y Carabineros (9 unidades), lo que plantea un desafío significativo para la atención de emergencias.

El proyecto también entrega una propuesta de uso de herramientas tecnológicas, como la geolocalización, visualizadores web y los códigos QR, para la gestión de riesgos y la prevención de desastres. Estas tecnologías permiten mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y la planificación preventiva.

Como conclusión, el estudio subraya la necesidad de integrar el conocimiento local, la sistematización de la información y las herramientas tecnológicas para fortalecer la resiliencia de la comuna ante futuros desastres.

## Introducción

La evaluación de riesgo de desastres es una disciplina multifacética que requiere la combinatoria de diferentes profesiones al servicio de la sociedad. Esta disciplina ha tenido un auge el último tiempo debido al preocupante aumento de los eventos de desastres naturales y emergencias climáticas.

Algunos estudios científicos y geológicos ya han asignado un nuevo término a la historia de la Humanidad: El Antropoceno, la época en que la intervención humana afectó irreparablemente el balance natural del planeta. Como señala Crutzen y Stoermer (2000), "la intervención humana ha sido tan significativa que estamos en una nueva época geológica" que presenta desafíos sin precedentes para la humanidad.

Hoy, el cambio climático y los desastres naturales tienen efectos devastadores sobre la economía de los países, afectando directamente el PIB y desbordando los presupuestos gubernamentales para la protección civil. Según Pelling (2003), "los desastres naturales representan un desafío económico significativo, especialmente en los países en desarrollo, donde los gobiernos a menudo carecen de los recursos necesarios para responder eficazmente". En el contexto chileno, este desafío se ve exacerbado por la limitada historia de monitoreo y la creciente frecuencia de estos eventos.

Esta situación genera un nuevo escenario desafiante para las gestiones del estado, que debe considerar, con muy poca historia de monitoreo efectivo, una proyección de la incidencia y efectos de desastres que, además, presenta "un aumento sostenido en su recurrencia y posibilidad" (Lavell et al., 2012).

El planeta está ajustando sus condiciones y generando situaciones poco predecibles que llevan a considerar nuevas medidas de prevención y protección. Lo que parece ser contradictorio o totalmente opuesto, como las inundaciones y sequías, "se extrema debido a que la aparición de estos fenómenos aborda lugares en donde no ocurrían dichos eventos con frecuencia" (PNUD, 2021).



En particular, “entre 2020 y 2024 se registraron 320 desastres por inundaciones a nivel mundial, y se declararon a su vez 200 emergencias por sequía” en diversos países (Statista, 2024; Worldmetrics, 2024).

Pareciera ser que este desafío puede ser uno de los más amenazantes para la existencia humana. Es por ello que se requiere habilitar todo el conocimiento y tecnología disponible para gestionar de forma eficaz y eficiente los desastres. Esta necesidad se contrasta con los tópicos de interés que concentran el conocimiento y los desarrollos avanzados tecnológicos como la Inteligencia Artificial, la Robótica y la capitalización de recursos digitales, que no necesariamente consideran como prioridad la prevención de desastres. Por ello, es relevante comprender que la Inteligencia Artificial (IA) y la Robótica son herramientas potentes para este esfuerzo. Según Wisner et al. (2012), "la integración de tecnologías avanzadas en la gestión de riesgos permite predecir con mayor precisión los impactos de desastres y coordinar una respuesta eficiente". La IA puede analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real para identificar patrones y predecir eventos extremos, mientras que la robótica puede facilitar labores de rescate y monitoreo en áreas de difícil acceso.

Además, la formalización de los recursos digitales ha permitido una "nueva era en la respuesta a desastres" (Birkmann, 2011), con tecnologías que no solo permiten la simulación de eventos futuros, sino también la mejora de los sistemas de alerta temprana. Esta tendencia nos obliga a acelerar el aprendizaje sin vivirlo, lo que significa adoptar enfoques preventivos, como la simulación y el monitoreo continuo de áreas de riesgo. Según Lavell et al. (2012), "la capacidad de monitorear preventivamente las zonas de riesgo es fundamental para reducir el impacto de futuros desastres". Por tanto, la adopción de nuevas tecnologías para la simulación y la alerta temprana nos permite observar donde antes no lo hacíamos, midiendo lo que antes no podíamos, y transformar la gestión de desastres en un proceso predictivo y preventivo, en lugar de reactivo.

Chile particularmente es una nación que, por ubicación geográfica en el mapa, ya presenta una base asociada a la posibilidad de desastres. Es una de las pocas naciones del mundo que se ubica en toda su extensión geográfica sobre un segmento del cinturón de orión. Como señalan Fritz et al. (2016), "Chile tiene una de las mayores exposiciones sísmicas del mundo, siendo su ubicación sobre la intersección de las placas de Nazca y Sudamérica una de las razones principales", designándose por tanto como un país totalmente sísmico. Con ello, Chile se galardona como el país con el terremoto más grande del que se tenga registro en la historia moderna, ocurrido en la ciudad de Valdivia en el año 1960 con una magnitud de 9.5 grados Richter. El terremoto de Valdivia no solo es considerado el más potente registrado en la historia, sino que fue tan fuerte que causó una desviación en el eje de la Tierra. Según un estudio de Gross (2005) de la NASA, “el desplazamiento del eje terrestre fue de aproximadamente 2,7 milisegundos de arco, lo que corresponde a un leve cambio en la rotación del planeta”. Este fenómeno subraya la magnitud y el impacto global de un evento que no solo afectó a Chile, sino que tuvo repercusiones en todo el mundo y puso a la mayoría de las costas asiáticas en peligro.

Con lo anterior, se suman las particulares condiciones volcánicas de Chile. El volcán Quizapu, ubicado en el flanco del Cerro Azul en la ciudad de Temuco, protagonizó una de las erupciones más grandes del siglo XX en 1932. Según la US Geological Survey (1992), "esta erupción expulsó aproximadamente 9,5 kilómetros cúbicos de tefra, afectando vastas áreas de Sudamérica, incluida Argentina y Brasil, e incluso depositó cenizas en Sudáfrica". Las consecuencias inmediatas incluyeron "la inutilización de miles de hectáreas de suelo agrícola y alteraciones en la flora y fauna locales" (ONEMI, 2021), afectando indirectamente a áreas como Santiago de Chile.

Chile ha acumulado un historial notable de desastres naturales en las últimas décadas. Tan solo entre 2010 y 2024, los informes internacionales y nacionales de organismos como la ONU y SENAPRED han documentado eventos de variadas dimensiones y causados por diferentes amenazas (ver tabla 1).

<b>Año</b>	<b>Evento</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Impacto</b>	<b>Referencia</b>
2010	Terremoto y tsunami	Maule, Chile	8.8 Mw, más de 500 muertes	SENAPRED (2023)
2011	Erupción volcán Puyehue	Los Ríos	"Cierre del espacio aéreo, evacuaciones	ONU (2011)
2015	Terremoto y tsunami	Illapel, Coquimbo	8.3 Mw, olas de hasta 9 metros	SENAPRED, ONU (2023)
2017	Incendios forestales	Zona Central y Sur	Más de 500.000 hectáreas quemadas	SENAPRED, FAO (2017)
2020	Aluviones	Región de Atacama	Destrucción de infraestructura crítica	ONU, SENAPRED (2020)
2021	Sequía	Zona Central	Emergencia agrícola y restricciones de agua	FAO, PNUD (2021)
2022	Incendios forestales	Biobío y Araucanía	Más de 200.000 hectáreas quemadas	ONU, SENAPRED (2022)
2023	Sequía	Región de Coquimbo	Crisis hídrica prolongada	FAO, PNUD (2023)

TABLA 1: ÚLTIMOS DESASTRES DE GRAN MAGNITUD OCURRIDOS EN CHILE LOS ÚLTIMOS 14 AÑOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Particularmente, la zona de la Región de Coquimbo no ha estado exenta de desastres naturales. En 2015, las costas de Coquimbo fueron impactadas por un tsunami con olas de más de 9 metros de altura, generado por un terremoto de magnitud 8.5 con epicentro en Illapel. Este evento marcó un hito en la región, destacándose por su impacto en la infraestructura costera. Según Fritz et al. (2016), "el tsunami afectó gravemente la zona de Coquimbo, siendo uno de los eventos más destructivos en la región, con olas de hasta 9 metros que causaron importantes daños materiales".

A pesar de que las consecuencias no fueron comparables al devastador terremoto del 2010 en la zona de Chaitén, la falta de preparación en la Región de Coquimbo fue evidente. SENAPRED (2023) destaca que "la conmoción social y la falta de infraestructura resiliente ante desastres como tsunamis demostraron la necesidad urgente de mejorar los sistemas de

alerta y la planificación urbana en las zonas costeras". Esta situación evidenció la "falta de capacidad del país para una acción preventiva adecuada" (Lavell et al., 2012) y la "dificultad en la toma de decisiones rápidas y eficaces una vez que ocurre el desastre" (ONU, 2021).

Este suceso se suma a otros eventos que han afectado a la Región de Coquimbo, lo que pone en riesgo tanto la protección de la ciudadanía como la infraestructura crítica necesaria para la vida cotidiana. Como señala ONEMI (2020), "la región es vulnerable a una serie de amenazas, y los eventos recientes han demostrado la fragilidad de la infraestructura en áreas urbanas y rurales".\_Esto es evidenciado sobre los últimos eventos ocurridos en la Comuna, que han tenido un gran impacto social, político y económico (ver tabla 2).

<b>Año</b>	<b>Evento</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Impacto</b>	<b>Referencia</b>
2015	Terremoto y tsunami	Illapel, Coquimbo	Olas de 9 metros, más de 500 viviendas destruidas y evacuación de 13,000 personas	SENAPRED (2023), Fritz et al. (2016)
2010 2024	Sequía prolongada	Región de Coquimbo	Emergencia agrícola, reducción severa de fuentes de agua, impacto en agricultura	PNUD (2023), FAO (2021)
2022	Incendios forestales	Panul, Coquimbo	Más de 200 hectáreas quemadas, evacuaciones preventivas	SENAPRED (2022), ONU (2022)
2020	Aluvi3n	La Cantera, Coquimbo	Destrucci3n de viviendas, bloqueo de rutas de acceso debido a deslizamientos	ONU (2020), SENAPRED (2020)
2019	Terremoto	Coquimbo	6.7 Mw, m3s de 200 viviendas da~adas, afectaci3n a infraestructura p3blica	ONEMI (2019), SENAPRED (2019)

TABLA 2: ÚLTIMOS DESASTRES DE GRAN MAGNITUD OCURRIDOS EN CHILE LOS ÚLTIMOS 14 A~OS. ELABORACI3N PROPIA.

Es totalmente necesario incorporar en la cultura de nuestras comunidades y en los aprendizajes de las autoridades locales la prevenci3n de desastres y emergencias. Como se~alan Lavell et al. (2012), "la prevenci3n de desastres debe ser una parte integral del desarrollo sostenible, no solo una reacci3n ante las crisis". Actuar no solo requiere tener un correcto plan de emergencias, tambi3n es fundamental contar con "un an3lisis exhaustivo de los riesgos potenciales en funci3n de la demograf3a, el urbanismo y las condiciones clim3ticas espec3ficas de cada regi3n" (PNUD, 2021). Este enfoque permite una preparaci3n m3s efectiva y una mejor capacidad de respuesta en situaciones de crisis. Lavell et al. (2012) destacan que "la prevenci3n y preparaci3n son m3s efectivas y menos costosas que las respuestas reactivas". Es decir, la evaluaci3n de riesgos ayuda a identificar y abordar las debilidades antes de que ocurra un desastre, lo que puede reducir considerablemente tanto las p3rdidas humanas como econ3micas.

Por lo anterior, se evidencia que la evaluaci3n de riesgos de desastres es una herramienta clave para minimizar el impacto de eventos naturales en las comunidades y garantizar una respuesta eficaz ante emergencias. Seg3n Wisner et al. (2012), "la identificaci3n y el an3lisis de los riesgos es el primer paso para reducir la vulnerabilidad de una comunidad, permitiendo

que las autoridades tomen decisiones informadas basadas en el riesgo específico de cada zona". Esto resalta la necesidad de comprender no solo la probabilidad de los eventos, sino también las posibles consecuencias para las infraestructuras y las personas. Birkmann (2011) afirma que "la evaluación de riesgos de desastres no solo es un ejercicio técnico, sino una estrategia que debe integrarse en el desarrollo sostenible, para que los gobiernos y las comunidades puedan mitigar de manera efectiva los riesgos". Esta evaluación permite establecer prioridades en cuanto a los recursos disponibles, garantizando que se enfoquen en las áreas más vulnerables y con mayor necesidad de protección.

Una comunidad que no cuenta con una adecuada evaluación de riesgos de desastres es una población vulnerable, frágil socialmente y con un flujo futuro negativo si no es capaz de disminuir la incertidumbre y el riesgo. Lavell et al. (2012) subrayan que "sin una adecuada evaluación de riesgos, las políticas de desarrollo tienden a exacerbar las vulnerabilidades", lo que a menudo lleva a la construcción de infraestructuras críticas en zonas peligrosas, como laderas propensas a deslizamientos o costas vulnerables a tsunamis. Esto provoca que, cuando ocurre un desastre, las pérdidas materiales y humanas sean mucho mayores. Además, la UNDRR advierte que "los costos de recuperación y reconstrucción sin una planificación preventiva son mucho más altos" que los de implementar medidas de prevención. "Por cada dólar invertido en la reducción de riesgos, se pueden ahorrar hasta siete dólares en pérdidas por desastres" (Banco Mundial, 2019).

Por todo lo argumentado, el presente proyecto pretende entregar las herramientas necesarias para la elaboración de una evaluación de riesgos de desastres, centrándose en el caso aplicado de la Comuna de Coquimbo, Chile, forjando las bases instructivas para la aplicación metodológica a diferentes escalas y en diferentes comunidades según los contextos de información y capacidad tecnológicas disponibles.

## Hipótesis de trabajo

En la comuna de Coquimbo, la exposición a amenazas naturales recurrentes sumada a fragilidades estructurales, socioeconómicas y climáticas, incrementa significativamente el riesgo de desastres en las Unidades Vecinales más vulnerables, mientras que el fortalecimiento de capacidades materiales, técnicas y comunitarias a través de la implementación de tecnologías y estrategias de gestión del riesgo contribuye a la mitigación del impacto de estos eventos.

## Objetivo principal y específicos

### Objetivo Principal

Identificar el perfil de amenazas de desastre, así como el nivel de exposición de la población de la Comuna de Coquimbo.

## Objetivos Específicos

- Recopilar datos históricos de episodios de desastre para ser usados en la identificación del perfil de riesgo de desastres de la comuna.
- Diseñar una metodología y un método de cálculo matricial de ponderaciones de los factores constitutivos de la propuesta de evaluación de riesgos de desastres.
- Proponer herramientas básicas con recursos tecnológicos para soporte a la evaluación de riesgo de desastres y su gestión.

## Metodología

### Cálculo del Riesgo de Desastres

El cálculo del riesgo de desastres es un proceso de cuantificación que ha sido fortalecido a lo largo del tiempo gracias a los aportes liderados por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y autores como Omar Darío Cardona (investigador colombiano), Wisner, Blaikie, Cannon, y Davis (en su libro *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*), entre otros.

La forma de cálculo base que permite integrar diversos factores que influyen en la magnitud y probabilidad en la ocurrencia de los desastres naturales es la siguiente:

$$RD = f(A, Re, E)$$

ECUACIÓN 1: FUNCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

Donde:

**RD:** es el Riesgo de Desastre.

**A:** es la amenaza o peligro, que representa la probabilidad de ocurrencia de un evento natural.

**Re:** es el factor de resiliencia que representa la vulnerabilidad o el grado de susceptibilidad de la comunidad afectada según su contexto demográfico, social y cultural entre otros, considerando los factores de capacidades internas para gestionar las emergencias.

**E:** es la exposición, que cuantifica los elementos en riesgo (personas, propiedades, infraestructura) que pueden ser afectados por el desastre.

Esta función (**f**) representa una adaptación multidisciplinaria de conceptos que integran la concepción de la comunidad científica y organizaciones internacionales dedicadas a la reducción del riesgo de desastres.

Para el presente estudio, la función objetivo será entendida como una ecuación fundamentada en el análisis de la historia, la información gubernamental y el conocimiento del contexto local. Para ello, se apertura sus componentes individuales según el siguiente detalle:

### Amenaza o peligro

El cálculo de la amenaza o peligro se puede realizar considerando la frecuencia y la intensidad de los eventos ocurridos en la comunidad de interés. Lo anterior implica

necesariamente la recopilación de datos históricos y el uso de estadística que permita generar posibilidades de predicción e iteración en el tiempo. Por lo tanto,

$$A = P_t(x)$$

ECUACIÓN 2: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE AMENAZA.

Donde:

**P<sub>t</sub>(x)**: “es la probabilidad de ocurrencia (**P**) del evento específico (**x**)” (UNISDR, 2009) en una unidad de tiempo determinado (**t**).

Según Burton et al., 1993, “la recurrencia de un desastre natural se calcula utilizando la siguiente fórmula”:

$$F = \frac{T}{N}$$

ECUACIÓN 3: FRECUENCIA DE UN DESASTRE.

Donde:

**F**: frecuencia o recurrencia del desastre

**T**: total de años considerado en la evaluación

**N**: cantidad de eventos registrados en la evaluación

Además, es útil considerar como métrica sencilla el cálculo de la frecuencia anual media, la cual es “una estimación de cuántos eventos de desastres naturales ocurren en promedio cada año” (Smith & Petley, 2009). El cálculo de la frecuencia anual media es muy parecido a la recurrencia y su fórmula es la siguiente:

$$F_{media} = \frac{N}{T}$$

ECUACIÓN 4: FRECUENCIA MEDIA DE UN DESASTRE.

Donde:

**F<sub>media</sub>**: frecuencia o recurrencia del desastre

**N**: cantidad de eventos registrados en la evaluación

**T**: total de años considerado en la evaluación

Dado el contexto y magnitud de detalle del estudio, asimilaremos la proyección de la frecuencia como aproximación del cálculo de la probabilidad de ocurrencia en una unidad de tiempo, esto es:

$$F \approx P_t(E)$$

ECUACIÓN 5: APROXIMACIÓN DE FRECUENCIA Y OCURRENCIA DE UN DESASTRE.

Existen métodos estadísticos avanzados para profundizar con mayor exactitud en las proyecciones y predicciones, sin embargo, no son el objetivo del presente proyecto. Los investigadores tienen la responsabilidad de analizar completamente el conocimiento disponible para una ejecución más específica según propósitos más particulares y científicos de esta aplicación. Algunas buenas referencias son las siguientes:

Método	Descripción	Autor
Teoría de Valores Extremos (Extreme Value Theory - EVT)	EVT se enfoca en modelar y analizar eventos raros, pero de gran impacto, centrándose en las colas de las distribuciones de probabilidad.	Stuart Coles 2001
Modelos de Proceso de Poisson	Asume que los eventos ocurren de manera independiente y a una tasa constante, siguiendo una distribución de Poisson.	Keiiti Aki 1965
Intervalos de Recurrencia y Períodos de Retorno	Calcula el tiempo promedio entre eventos sucesivos, proporcionando una estimación de la frecuencia a largo plazo.	James C. Tinsley III 1975
Análisis de Series Temporales y Modelos Markovianos	Emplea técnicas estadísticas para modelar y predecir eventos basados en datos secuenciales, considerando posibles dependencias temporales.	Emanuel Parzen 1962
Análisis Multivariado y Regresión	Utiliza variables múltiples y técnicas de regresión para identificar factores que influyen en la ocurrencia de desastres naturales.	Ronald R. Coifman y colaboradores 1994
Métodos Bayesianos	Integran información previa con datos actuales para actualizar las estimaciones de frecuencia y riesgo.	Devinder S. Sivia 2006

TABLA 3: REFERENCIAS DE MÉTODOS AVANZADOS ESTADÍSTICOS PARA ESTIMACIONES, PROYECCIONES Y PREDICCIONES DE LA OCURRENCIA DE DESASTRES NATURALES. ELABORACIÓN PROPIA.

## Factor de resiliencia

La resiliencia representa las posibilidades que tiene la comunidad de afrontar un desastre con sus propios recursos, considerando sus vulnerabilidades y capacidades. Se refiere a “la construcción de capacidades técnicas, materiales y sociales, resaltando la importancia de las redes comunitarias y la educación en la prevención y mitigación de riesgos” (Rodríguez & Morales, 2020). La vulnerabilidad “representa la exposición de la comunidad ante un evento de desastre y evalúa la fragilidad de los elementos expuestos” al suceso (Cardona Omar Darío, 2003; Birkmann, J. 2006). La vulnerabilidad debe considerar una visión contextualizada de factores socioeconómicos, estructurales, culturales y de capacidades comunitarias.

Entonces,

$$Re = \sum_i \frac{f(V_i)}{V_{max}} - \sum_j \frac{f(C_j)}{C_{max}}$$

ECUACIÓN 6: FACTOR DE RESILIENCIA.

Donde:

$V_i$ : representa los diferentes factores (i) de vulnerabilidad (V) que son parte de la evaluación.

$f(V_i)$ : representa la contribución ponderada de los factores considerados.

$V_{max}$ : representa la puntuación máxima de la sumatoria de las variables de vulnerabilidad si la evaluación fuera máxima para cada variable.

$C_j$ : representa los diferentes factores (j) de capacidad (C) que son parte de la evaluación.

$f(C_j)$ : representa la contribución ponderada de los factores considerados.

$C_{max}$ : representa la puntuación máxima de la sumatoria de las variables de capacidad si la evaluación fuera máxima para cada variable.

Es importante señalar que el factor de resiliencia es una estimación de una cuantificación que contrapone las capacidades y vulnerabilidades de una comunidad. Por lo anterior, un factor de resiliencia mayor, indica que las vulnerabilidades no logran ser contrarrestadas por las capacidades de la comunidad. En cambio, un factor de resiliencia menor implica que las capacidades de la comunidad reducen la fragilidad que presentan sus vulnerabilidades.

Es necesario agregar que el propósito de la evaluación asume criterios del investigador, por tanto, los estudios pueden ser cada vez más detallados conforme a la posibilidad de obtención de datos en tiempo real y las mejoras en las herramientas tecnológicas. Sin embargo, la restricción que permite una correcta ejecución del cálculo de la resiliencia debe estar condicionado a que, tanto los factores de capacidades y vulnerabilidades, en su operatoria final, deben ser un número entre 0 y 1. Esto, además requiere considerar la premisa de que, existen más variables de vulnerabilidades que variables de capacidades, pues el resultante impacta en la ponderación total para lograr una estimación del riesgo.

$$N^{\circ} V_i > N^{\circ} C_j$$

ECUACIÓN 7: CONDICIÓN DE SUPERIORIDAD EN LA VULNERABILIDAD PARA EL FACTOR DE RESILIENCIA.

También, es relevante considerar que existe una situación en la que las capacidades pueden superar numéricamente a las vulnerabilidades, entregando un factor Re negativo. Para estos casos, se utiliza un criterio de mínima cuantificación, generando un Re ajustado a 0,01 como mínima cuantía. Esto es:

Criterio del valor de resiliencia ajustado	
Si $Re < 0$ (valor positivo)	$Re = \sum_i \frac{f(V_i)}{V_{max}} - \sum_j \frac{f(C_j)}{C_{max}}$
Si $Re \leq 0$ (valor negativo o cero)	$Re = 0,01$ (valor mínimo)

TABLA 4: CRITERIO DEL VALOR DE RESILIENCIA AJUSTADO, PARA CASOS DE EVALUACIÓN NEGATIVA. ELABORACIÓN PROPIA.



## Exposición

El análisis de la exposición permite identificar y cuantificar los elementos en riesgo en la comunidad afectada, como población, edificaciones, infraestructura y fuentes de abastecimiento básico y productividad. “Es un valor absoluto que puede ser obtenido de censos y datos geográficos” (Blaikie et al., 2014). Por lo tanto,

$$E = \sum_k E_k$$

ECUACIÓN 8: EXPOSICIÓN AL RIESGO.

Donde:

$E_k$ : representa los distintos elementos (k) de la comunidad afectada considerados como expuestos y su cantidad.

En resumen, la ecuación que utilizaremos para el cálculo de la estimación del riesgo de desastres es la siguiente:

$$RD = P_t(x) * \left[ \sum_i \frac{f(V_i)}{V_{max}} - \sum_j \frac{f(C_j)}{C_{max}} \right] * \sum_k E_k$$

ECUACIÓN 9: EXPRESIÓN MATEMÁTICA AMPLIADA DEL CÁLCULO DEL RIESGO DE DESASTRES.

Para calcular el riesgo de desastre utilizando la ecuación  $RD = f(A, Re, E)$  es fundamental establecer una metodología sistemática clara que permita recopilar la información requerida para cada uno de los componentes (amenaza, resiliencia y exposición). Por consiguiente, el presente proyecto utilizará una propuesta metodológica que facilitará al evaluador la identificación correcta de la relación entre los diversos pasos, visualizando además la relevancia y aplicabilidad total o parcial de los conceptos planteados, los cuales deben ser ajustados a la realidad y el contexto de la comunidad evaluada. Es importante también destacar que la metodología propuesta facilitará un algoritmo conductor para aplicar la evaluación en diferentes períodos, considerando la necesidad imperativa de actualización de los estudios analíticos de riesgos de desastres y el insumo lo más empírico, vigente y concreto para la toma de decisiones.

La metodología considera un estudio longitudinal en su etapa de investigación de eventos asociados a las amenazas, pues “un análisis longitudinal facilita la comprensión cuando existen mediciones del efecto y/o de la exposición en diferentes momentos del tiempo” (Rodríguez & Díaz, 2004). Lo anterior, aplica en la revisión de los principales hitos entre los años 2020 y 2024 ocurridos en la Comuna de Coquimbo, ya sea con una visión local (Coquimbo) o general (Chile), para poder generar el proceso estimativo de iteración, influencia e impactos. La propuesta metodológica considera siete pasos para la ejecución de la evaluación del riesgo de desastres:

1. Definir sectorización
2. Detectar amenazas

3. Revisar recurrencia
4. Analizar vulnerabilidades y capacidades
5. Estimar exposición
6. Calcular estimación de riesgo
7. Priorizar

La ilustración 1 permite condensar las etapas y consideraciones para avanzar en el estudio. El presente proyecto también incorpora en su capítulo final herramientas tecnológicas de fácil acceso y uso para un resultado más efectivo y digital del proceso.

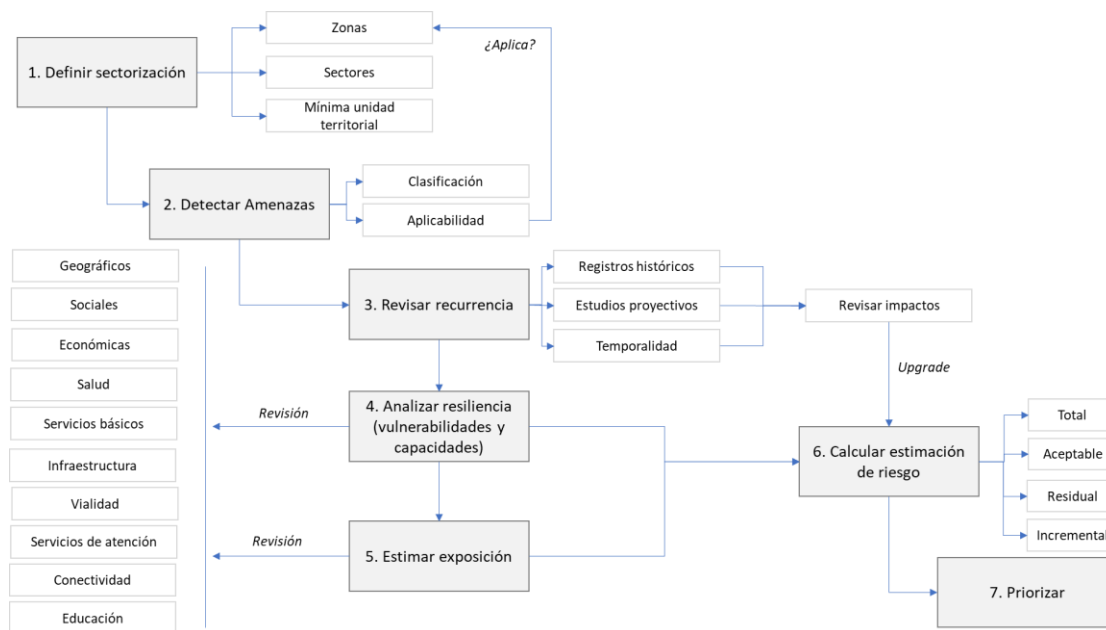


ILUSTRACIÓN 1: ESQUEMA RESUMIDO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES DE LA COMUNA DE COQUIMBO, CHILE. ELABORACIÓN PROPIA.

## Resultados

### Paso 1: Definir sectorización

La definición sectorial es clave para un análisis que involucra la integración de diferentes conjuntos de datos. El criterio de zonificación guiará la segmentación que se utilizará en el estudio para obtener resultados. “La sectorización permite un enfoque más específico y adaptado a las necesidades locales, mejorando así la efectividad de las intervenciones y la resiliencia de las comunidades ante desastres” (Lavell, 2009). Dos aspectos fundamentales para la sectorización son:

1. **Definir la mínima unidad sectorial viable.** Esto implica que siempre existirá la posibilidad de tener una visión general de los eventos (regiones, ciudades, comunas) sin embargo, para realizar una evaluación adecuada a las condiciones y particularidades es necesario abordar la definición más certera de microzonas.
2. **Considerar una definición oficial y de entendimiento público.** Si bien algunos instrumentos de medición en Chile nos permiten tener una visión de detalle de

microzonas como “vivienda” o “manzana”, la necesidad de contar con un documento conocido por las autoridades y los servicios de atención primaria es importante para la validez de los resultados finales del estudio.

Para el presente estudio, se utiliza la referenciación de Unidades Vecinales (UV) de la comuna de Coquimbo según el Decreto Exento n° 2328 publicado el 05 de diciembre de 2019. Además, se logró integrar el atributo de “Sector” utilizada en el Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) 2019 – 2023. Gracias a la obtención del archivo .kmz original de la segmentación de UV (ver ilustración 2 y 3), fue posible incluir un análisis de magnitudes (superficie y perímetro de cada UV).



ILUSTRACIÓN 2: DESIGNACIÓN DE UNIDADES VECINALES VISUALIZADAS EN HERRAMIENTA DE GEOLOCALIZACIÓN MEDIANTE ARCHIVO ORIGINAL KMZ. ELABORACIÓN PROPIA.

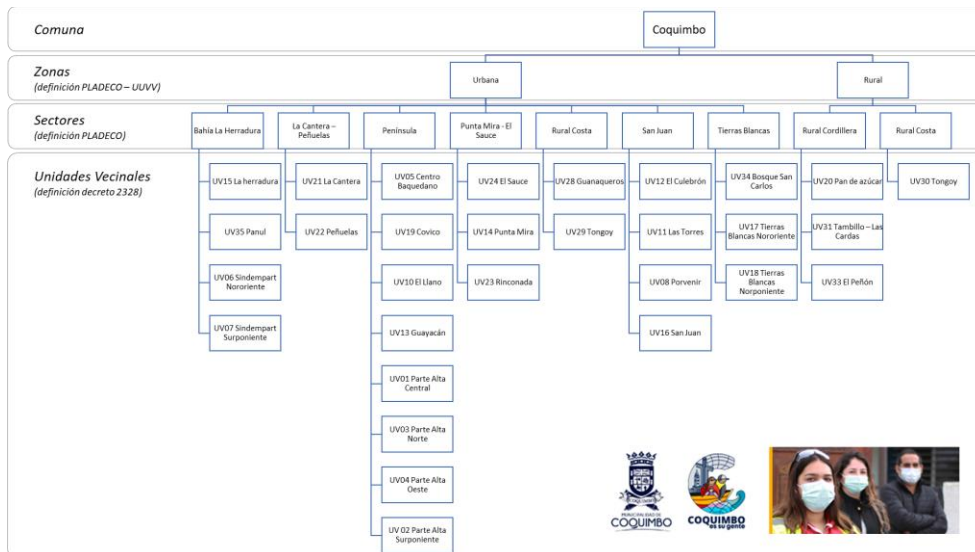


ILUSTRACIÓN 3: SECTORIZACIÓN DE LA COMUNA DE COQUIMBO ACTUALIZADA CON PROPÓSITO DEL ESTUDIO, CONSIDERANDO LAS DEFINICIONES DEL PLADECO Y DESIGNACIONES UV <sup>1</sup>SEGÚN DECRETO 2328. ELABORACIÓN PROPIA.

<sup>1</sup> Mediante el estudio, se evidenció que la numeración de la designación de UV no correspondía con la cantidad de segmentaciones vecinales. Por ello, se consideró mantener las asignaciones alfanuméricas para una correcta identificación del lector.

## Paso 2: Detectar amenazas

La detección de amenazas es una etapa en que se requiere generar una segmentación entre lo urgente, lo importante y lo posible. La priorización de los recursos que las entidades locales puedan asignar a los planes de contingencia (ante la ocurrencia) dependen de una correcta identificación, priorización y profundización de las amenazas reales en el contexto comunal, las cuales, con apoyo de revisiones bibliográficas, se transforman en el inventario de amenazas y/o peligros de la comunidad. Estos inventarios “son herramientas esenciales para identificar y gestionar las amenazas naturales y antropogénicas, proporcionando una base para estrategias de adaptación y resiliencia frente a desastres en un contexto de cambio climático y urbanización” (Pelling, 2021).

Es muy importante que el núcleo de análisis se fundamente en situaciones que puedan ser respaldadas mediante estudios científicos, académicos y/o gubernamentales. La especulación sin conocimiento certero de la ocurrencia de peligros solo facilitaría escenarios interpretativos que pueden debilitar los focos de atención y urgencia ante una catástrofe. Sin embargo, la opinión local y comunitaria es la que da forma a los detalles de mayor relevancia ante la ocurrencia, los efectos e impactos, siempre fundadas sobre una guía técnica y profesional. Considerar las causas que posibilitan la aparición de nuevos peligros y su desencadenamiento permite crear planes de contingencia y prevención que sean capaces de resguardar la seguridad de la comunidad y su entorno, fortaleciendo la cultura de reducción de riesgos de desastres.

El informe técnico “PROTEGER Coquimbo” (2010) relacionado al proyecto de ordenamiento territorial para la gestión de riesgos en la Región de Coquimbo enfatiza la detección de tres principales amenazas para la zona (ver tabla 4).

<b>Amenazas identificadas</b>	Amenaza sísmica
	Amenaza de Tsunami
	Amenaza de inundación

TABLA 5: IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS PARA LA COMUNA DE COQUIMBO SEGÚN EL PROYECTO PROTEGER COQUIMBO 2010. ELABORACIÓN PROPIA.

El anexo C de la actualización del plan regulador comunal de Coquimbo denominado “Estudio Fundado de Riesgos Plan Regulador Comunal de Coquimbo” (2019) exigido por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región Coquimbo facilita un avance en el estudio de zonificación de peligros geológicos clasificándolos en peligros zonificable y no zonificables (ver tabla 5).

<b>Peligros geológicos</b>	
<b>Peligros zonificables</b>	<b>Peligros no zonificables</b>
Peligro de Inundaciones Terrestres y Flujos de Detritos o Barro	Peligro Sísmico
Peligro de Inundaciones Costeras asociadas a Maremotos	Peligro Volcánico
Peligro de Remociones en Masa	
Peligro de Erosión Acentuada	

TABLA 6: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS ZONIFICABLES Y NO ZONIFICABLES REFERENCIADOS POR EL ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS COQUIMBO 2019. ELABORACIÓN PROPIA.

Adicionalmente, los organismos encargados del monitoreo y la protección ante la ocurrencia de desastres y emergencias de tipos climatológicos y/o antropogénicos han incorporado aristas de análisis relevantes para la comuna de Coquimbo. Se destaca el trabajo del Departamento Protección Contra Incendios Forestales CONAF Coquimbo indicando que “en las últimas cinco temporadas (2017-2022), la Región de Coquimbo tiene un registro promedio de 66,4 incendios con 712,55 hectáreas afectadas. Así mismo la comuna de Coquimbo representa el 12% del total de incendios forestales de la región, siendo la segunda comuna con mayor ocurrencia en la Provincia de Elqui” (CONAF, 2022).

Además, la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) mediante su oficina de estudios y políticas agrarias del ministerio de agricultura con su estudio denominado “Gestión del Riesgo de Sequía y otros Eventos Climáticos Extremos en Chile” (2010) señala “que los estudios de variabilidad climática muestran un descenso en las precipitaciones en la Región de Coquimbo desde el siglo pasado” (FAO, 2010) y sus impactos son tales que para quienes habitan zonas afectadas, el fenómeno de la sequía es considerada la más importante comparada con anteriores ocurridas en la zona y en varias ocasiones se cuestionaron la viabilidad de seguir viviendo en esos territorios.

Por los antecedentes anteriores, se adhieren dos nuevas amenazas para la definición del inventario (ver tabla 6).

<b>Amenazas climatológicas y/o antrópicas adheridas</b>	
<b>Institución</b>	<b>Amenaza</b>
CONAF	Incendios forestales
ONU – Ministerio de Agricultura	Sequía

TABLA 7: DETECCIÓN DE AMENAZAS CLIMATOLÓGICAS Y/O ANTRÓPICAS ADHERIDAS POR ESTUDIOS DE CONAF Y LA ONU JUNTO AL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. ELABORACIÓN PROPIA.

Finalmente, se genera una compilación de las amenazas para converger en una propuesta que sea capaz de abordar las problemáticas de la comuna de Coquimbo y que cuente con el respaldo científico necesario para generar un estudio de alta calidad y fidelidad.

Por lo anterior, se determina como inventario de peligros para el presente estudio las 5 amenazas detalladas en la ilustración 4.



ILUSTRACIÓN 4: INVENTARIO DE AMENAZAS PROPUESTO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES DE LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Paso 3: Revisar recurrencia

La recurrencia o frecuencia de un evento permite tener claridad sobre la iteración de los desastres naturales a los que puede estar expuesta la comunidad, así como los impactos a su entorno. Además, clarifica el tiempo de preparación preventiva que tienen las autoridades según las estimaciones y el período posible para la internalización del aprendizaje de eventos pasados.

#### Registro histórico de terremotos en Coquimbo

La comuna de Coquimbo se encuentra emplazada en una zona con actividad sísmica recurrente debido a su ubicación geográfica muy cercana a la falla de Nazca. El riesgo de terremotos es significativo, y desde la percepción comunitaria la posibilidad que ocurra un terremoto con impactos catastróficos es muy real, considerando eventos recientes como el terremoto del 16 de septiembre de 2015, que tuvo una magnitud de 8.3 y generó un tsunami, causando graves daños en la comuna. A continuación, se detallan eventos de terremotos altamente significativos entre el año 2000 y 2024.

Registro histórico de terremotos				
Fecha	Magnitud	Descripción	Impacto	Referencia
15-10-1997	7.1	Tuvo un impacto significativo en la Comuna de Coquimbo y dejó una huella en la infraestructura local.	Daños a edificios y evacuación masiva de personas.	SERNAGEOMI N 1997
01-06-2005	7.8	Ocurrió frente a las costas de Coquimbo y La Serena, causando temor en la población y daños moderados en infraestructuras.	Daños en edificios y cortes de energía eléctrica.	SERNAGEOMI N 2005
27-02-2010	8.8	Aunque el epicentro fue en la región del Maule, sus efectos se sintieron en Coquimbo, con reportes de daños en edificios y pánico en la población.	Daños estructurales menores y gran temor en la población.	Sismológico Nacional 2010

16-09-2015	8.3	Este terremoto generó un tsunami que afectó gravemente a Coquimbo, con olas que alcanzaron los 4.5 metros. Fue uno de los eventos más destructivos en la región, causando graves daños materiales y pérdida de vidas humanas	Destrucción significativa de infraestructuras, evacuaciones masivas y numerosas pérdidas económicas.	CSN Universidad de Chile
19-01-2019	6.7	Este sismo, con epicentro cercano a Tongoy, afectó gravemente a la región de Coquimbo, causando daños en edificios y cortes de energía.	Daños en edificaciones, interrupciones en los servicios básicos y evacuaciones preventivas.	ONEMI 2019; SERNAGEOMI N 2019
03-06-2020	6.9	Este evento ocurrió cerca de las costas de Coquimbo, causando preocupación entre los habitantes.	No se registra tsunami ni daños mayores reportados	CSN Universidad de Chile
01-09-2020	7.0	Este terremoto, con epicentro en el océano Pacífico frente a la costa de Coquimbo, causó alarma en la población, aunque los daños fueron moderados.	Daños estructurales menores y evacuaciones preventivas.	SERNAGEOMI N 2020
12-05-2023	5.9	Un terremoto moderado que sacudió la región de Coquimbo, causando preocupación, pero sin daños significativos.	Sin daños mayores, pero con evacuaciones preventivas en algunas áreas.	SERNAGEOMI N 2023
17-03-2024	6.4	Un sismo de magnitud moderada que afectó a la región de Coquimbo, causando leves daños estructurales y temor en la población.	Daños menores en infraestructuras y evacuaciones preventivas.	Servicio Sismológico Nacional 2024

TABLA 8: COMPILACIÓN DE REGISTROS HISTÓRICOS DE TERREMOTOS DE ALTA SIGNIFICANCIA ENTRE EL AÑO 2000 Y 2024 PARA LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Registro histórico de incendios forestales en Coquimbo

Si bien la comuna de Coquimbo no es una de las principales zonas del país en que se registran la mayor cantidad de eventos asociados a incendios forestales, las condiciones de la zona como las altas temperaturas y la vegetación seca crean condiciones propicias para la ocurrencia de incendios forestales, especialmente en los meses de verano, generando un riesgo potencial de pérdida de biodiversidad, destrucción de bosques y áreas naturales, y riesgo para las poblaciones cercanas. El siguiente detalle compila los principales eventos de incendios forestales significativos para Coquimbo en el período de 2000 y 2024.



<b>Registro histórico de incendios forestales</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Sup. afectada</b>	<b>Descripción</b>	<b>Impacto</b>	<b>Referencia</b>
2008	1200 has	Este incendio afectó considerablemente las zonas periurbanas de la comuna. Fue uno de los incendios más destructivos en términos de pérdida de biodiversidad en esa década.	Destrucción de grandes extensiones de vegetación nativa. Afectación a Fauna, grandes emisiones de CO2 y daños a infraestructura.	CONAF, 2008; Maldonado R., 2009
2011	+50 has	Un incendio forestal afectó una amplia zona de la Quebrada de Camarones, causando daños significativos a la flora local y amenazando varias viviendas.	Daños en infraestructura y evacuaciones preventivas en áreas cercanas.	CONAF, 2011
2017	200 has	Este siniestro destruyó áreas de vegetación nativa en la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt y zonas aledañas en Pan de Azúcar. Se destacó por la rápida propagación debido a las condiciones climáticas adversas y a la escasa infraestructura para la contención del fuego en áreas rurales.	Pérdida de biodiversidad y daños en áreas protegidas.	CONAF, 2017
2023	65 has	En octubre de 2023, un incendio forestal afectó la zona de Las Cardas, resultando en una Alerta Roja declarada por Senapred debido a la proximidad del fuego a áreas habitadas.	Amenaza a viviendas y evacuaciones temporales.	BioBioChile, 2023; SENAPRED, 2023

TABLA 9: COMPILACIÓN DE REGISTROS HISTÓRICOS SIGNIFICATIVOS DE INCENDIOS FORESTALES ENTRE EL AÑO 2000 Y 2024 QUE AFECTARON LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Registro histórico de aluviones en Coquimbo

Los aluviones, o deslizamientos de tierra causados principalmente por lluvias intensas, son un riesgo particularmente en zonas montañosas y áreas con pendientes pronunciadas en la comuna de Coquimbo. Estos eventos pueden arrastrar lodo y escombros, afectando infraestructuras y asentamientos humanos en general. Se detalla en la tabla siguiente los hitos más relevantes para la comuna de Coquimbo ocurridos entre el año 2000 y el 2024.

<b>Registro histórico de aluviones</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Localidad afectada</b>	<b>Descripción</b>	<b>Impacto</b>	<b>Referencia</b>
2002	Pan de Azúcar y Las Barrancas.	Este evento fue causado por lluvias intensas que saturaron el suelo, provocando deslizamientos de tierra y flujos de lodo que afectaron principalmente las zonas rurales de Coquimbo.	Daños significativos en viviendas rurales, destrucción de infraestructura vial, y pérdida de vegetación.	CEAZA, 2003; Bomberos de Chile, 2002.
2015	Tierras Blancas, San Juan, y La Cantera.	Causado por precipitaciones extremas asociadas a un evento de El Niño. Las lluvias intensas provocaron un gran	Daños severos a la infraestructura, con múltiples casas destruidas, caminos bloqueados, y pérdidas	CEAZA, 2015; Bomberos de Chile, 2015;



		deslizamiento de tierra y barro que afectó las áreas urbanas y rurales de Coquimbo.	agrícolas significativas. Este aluvión fue uno de los más destructivos en la historia reciente de la región.	Estación Meteorológica Coquimbo, 2015.
2023	Tongoy y Guanaqueros	Durante el invierno de 2023, intensas lluvias en la cordillera desencadenaron un aluvión que afectó especialmente las áreas montañosas y rurales de la comuna.	El evento dejó numerosas comunidades aisladas, destruyó infraestructuras viales, y provocó el colapso de varios puentes. También se reportaron daños en áreas agrícolas.	CEAZA, 2024; Bomberos de Chile, 2023.

TABLA 10: COMPILACIÓN DE EVENTOS RELEVANTES DE ALUVIONES OCURRIDOS EN LA COMUNA DE COQUIMBO ENTRE EL AÑO 2000 Y 2024. ELABORACIÓN PROPIA.

### Registro histórico de tsunamis en Coquimbo

Debido a su ubicación costera, la comuna es vulnerable a tsunamis, que suelen ser provocados por terremotos de gran magnitud. El tsunami de 2015 afectó gravemente la costa de Coquimbo, causando inundaciones y daños extensivos, poniendo en riesgo a los ecosistemas costeros y las vidas humanas, sembrando terror en la comunidad y pánico ante una nueva posibilidad de ocurrir. La tabla siguiente recopila los principales sucesos de tsunamis que afectaron a la comuna de Coquimbo.

Registro histórico de tsunamis				
Fecha	Mts Oleaje	Descripción	Impacto	Referencia
2004	< 1mts	Este tsunami, originado por el terremoto de Sumatra del 26 de diciembre de 2004, tuvo efectos globales y generó una alerta a nivel internacional, incluyendo la costa de Chile. Aunque no se registraron olas significativas en Coquimbo, este evento puso en evidencia la necesidad de mejorar los sistemas de alerta temprana en la región.	No se reportaron daños en Coquimbo, pero el evento impulsó una revisión de los protocolos de emergencia ante tsunamis.	SHOA, 2004.
2010	1 a 2 mts	El terremoto del 27 de febrero de 2010, de magnitud 8.8, generó un tsunami que afectó gran parte de la costa chilena. En Coquimbo, las olas llegaron, aunque con menor intensidad que en otras regiones más cercanas al epicentro.	Se reportaron daños menores en áreas costeras, especialmente en la infraestructura portuaria y en algunas viviendas cercanas al mar.	SHOA, 2010; Bomberos de Chile, 2010.
2015	4 a 6 mts	El 16 de septiembre de 2015, un terremoto de magnitud 8.4 sacudió la región de Coquimbo, con epicentro cercano a Illapel. El tsunami resultante fue devastador para la ciudad de Coquimbo, especialmente en el sector costero de Baquedano.	Provocó olas de hasta 6 metros de altura, que destruyeron viviendas, comercios y gran parte de la infraestructura portuaria. Se reportaron 15 muertos y miles de damnificados. Este evento marcó un antes y un después en la gestión de riesgos de tsunamis en la región.	CIGIDEN, 2016; La Tercera, 2015; SHOA, 2015.

2022	1,5 a 2 mts	El 15 de enero de 2022, la erupción del volcán submarino Hunga Tonga-Hunga Ha'apai en el Océano Pacífico generó un tsunami que afectó las costas del Pacífico, incluyendo Chile. Aunque las olas no alcanzaron magnitudes destructivas en Coquimbo, el evento generó una alerta y evacuación preventiva.	No se reportaron daños significativos en la comuna, pero sí hubo evacuaciones en las zonas costeras de Guanaqueros, Tongoy, y La Herradura.	SHOA (2022), Bomberos de Chile (2022), Estación Meteorológica de Coquimbo (2022).
2024	1,2 mts	En abril de 2024, un terremoto de magnitud 7.8 en la región central de Chile generó un pequeño tsunami que afectó principalmente las áreas costeras del norte, incluida Coquimbo. Las olas llegaron con menor intensidad debido a la lejanía del epicentro.	Se registraron daños menores en la infraestructura costera y algunas inundaciones en sectores bajos de La Herradura y Peñuelas.	SHOA, 2024; CEAZA, 2024; La Tercera, 2024.

TABLA 11: COMPILACIÓN DE EVENTOS DE TSUNAMI QUE AFECTARON LA COMUNA DE COQUIMBO ENTRE EL AÑO 2000 Y 2024. ELABORACIÓN PROPIA.

### Registro histórico de sequías en Coquimbo

La región de Coquimbo es propensa a sequías prolongadas debido a su clima semiárido. Estas sequías afectan gravemente la agricultura, el suministro de agua potable y la ganadería, reduciendo la productividad agrícola, aumentando la escasez de agua, y los conflictos por recursos hídricos. La comunidad ya reconoce la sequía en la comuna de Coquimbo como una de las principales amenazas. A continuación, se referencias los principales eventos de sequías ocurridos en la comuna entre el año 2000 y 2024.

Registro histórico de sequías				
Período	Localidad afectada	Descripción	Impacto	Referencia
2007 2008	Pan de Azúcar, Las Rojas, El Romero, El Tangué.	Este período de sequía afectó gravemente a la región de Coquimbo debido a la disminución significativa de las precipitaciones durante dos años consecutivos. La escasez de agua afectó tanto el consumo humano como las actividades agrícolas y ganaderas.	Reducción de la producción agrícola, escasez de agua potable en zonas rurales y aumento en los costos de la producción ganadera. Los embalses en la región alcanzaron niveles mínimos históricos.	CEAZA, 2008; Ministerio de Agricultura, 2009.
2012 2014	Coquimbo urbano, Guanaqueros, Tongoy, Tierras Blancas.	Uno de los eventos de sequía más prolongados y severos registrados en la región, conocido como la "megasequía", que afectó a gran parte de la zona centro-norte de Chile. La comuna de Coquimbo sufrió una disminución drástica de los recursos hídricos disponibles, impactando gravemente la agricultura y el suministro de agua.	Crisis hídrica en varias localidades, reducción en la producción de cultivos, pérdida de ganado y migración rural hacia áreas urbanas. Las medidas de racionamiento de agua fueron implementadas en algunas zonas.	CEAZA, 2014; DGA, 2014.
2019 2021	El Sauce, Pan de Azúcar, La	Durante estos años, la comuna de Coquimbo enfrentó nuevamente una situación de sequía severa. Las condiciones climáticas secas	Reducción de la producción agrícola y vitivinícola, problemas de abastecimiento de agua en comunidades	CEAZA, 2021, MOP, 2021

	Herradura, San Juan.	persistieron, exacerbadas por el cambio climático, llevando a una escasez crítica de agua.	rurales, y la implementación de políticas de emergencia para la distribución de agua potable. La falta de lluvias también afectó la biodiversidad y los ecosistemas locales.	
2022 2024	Tongoy, Guanaqueros, El Panul, Las Torres.	Esta sequía ha sido caracterizada por una disminución continua de las precipitaciones y el agravamiento de la crisis hídrica en la región de Coquimbo. A pesar de los esfuerzos de gestión de recursos, las reservas de agua se encuentran en niveles críticos.	Estrés hídrico severo en la agricultura, necesidad de importar agua en ciertas localidades, deterioro de la calidad del suelo agrícola, y aumento de los incendios forestales debido a la vegetación seca. Implementación de nuevas políticas de conservación y manejo de recursos hídricos.	CEAZA, 2024; Diario El Día, 2024.

TABLA 12: COMPILACIÓN DE EVENTOS DE TSUNAMI QUE AFECTARON LA COMUNA DE COQUIMBO ENTRE EL AÑO 2000 Y 2024. ELABORACIÓN PROPIA.

### Cálculo de factor de recurrencia

En base al análisis de eventos de magnitud e impactos considerables para la Comuna, se determina el factor de recurrencia asimilando el concepto de la probabilidad de ocurrencia del evento en un tiempo determinado. Los antecedentes son presentados en la tabla 13.

E	Terremotos	Tsunami	Aluviones	Sequias	Incendios F
N	8	5	3	4	5
T	24	24	24	24	24
$P_t(E)$	3,0	4,8	8,0	6,0	4,8
$F_{media}$	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2

TABLA 13: CÁLCULO DEL FACTOR DE RECURRENCIA Y LA FRECUENCIA MEDIA DEL INVENTARIO DE AMENAZAS SEGÚN EVENTOS SIGNIFICATIVOS PARA COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

Referencialmente, la implicancia del factor de recurrencia entrega un indicio de probabilidad de ocurrencia en el tiempo, lo que por sí mismo ya representa una variable de valor para proyectar las posibles afectaciones de las diferentes zonas o UV. Dependiendo de las características de la UV, sus vulnerabilidades y capacidades, la evaluación entregará un nivel de daño e impacto y, por tanto, una primera medida de priorización en la planificación de recursos preventivos, reactivos y correctivos. Esta magnitud, que como representación visual explica a que amenaza se le debe poner atención con mayor frecuencia (ver ilustración 5), debe ser analizada también conforme a los planes de asignación de recursos y los focos estratégicos del estado para resguardar la protección civil.

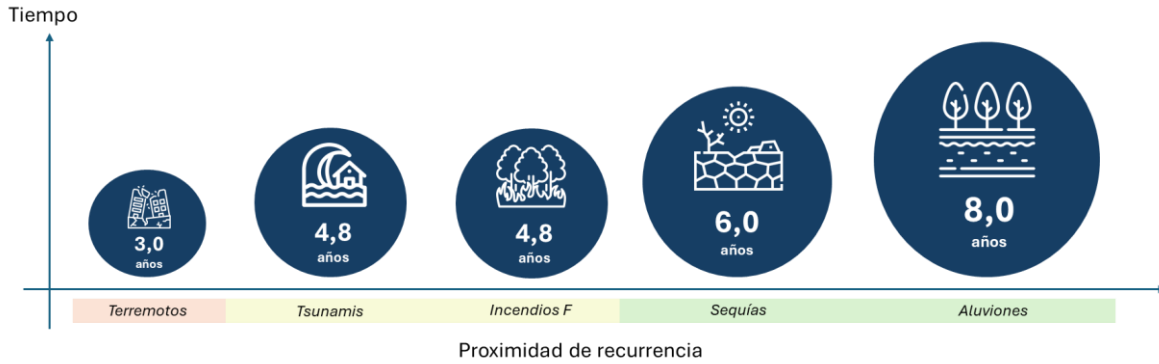


ILUSTRACIÓN 5: REPRESENTACIÓN DE RECURRENCIA EN AÑOS DE CADA AMENAZA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES DE LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

#### Paso 4: Analizar vulnerabilidades y capacidades

La comuna de Coquimbo presenta una serie de vulnerabilidades que se revelan ante la ocurrencia de los distintos tipos de desastres naturales y/o antrópicos, que en el presente proyecto se representa con el inventario de amenazas (terremotos, tsunamis, aluviones, sequías e incendios forestales). Estas vulnerabilidades están determinadas por variables que dependen tanto de las características naturales del territorio como de factores de las personas que pertenecen a la comunidad con sus adaptaciones al contexto comunal (economía, cultura, política, productividad, etc).

Particularmente en Coquimbo, las zonas costeras y montañosas presentan escenarios propicios para el desencadenamiento de las variables que reflejan la vulnerabilidad. Para fortalecer la definición de variables, se considera las siguientes referencias científicas:

Variable	Descripción	Referencia
Nivel de pobreza	Limitación en acceso a recursos y preparación ante desastres.	Lavell et al. (2012), Wisner et al. (2004)
Localización geográfica	Exposición a riesgos naturales como terremotos, tsunamis y aluviones.	Cannon (2000)
Calidad de infraestructura	Grado de resistencia de edificaciones ante eventos naturales.	Cardona (2003)
Capacidad de respuesta	Recursos y preparación disponibles en comunidades e instituciones.	Blaikie et al. (1994)
Percepción del riesgo	Conocimiento comunitario sobre desastres y cultura de prevención.	Wisner et al. (2004)

**TABLA 14: REVISIÓN CONSOLIDADA DE VARIABLES QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD DE DESASTRES. ELABORACIÓN PROPIA.**

Como contraparte, las capacidades de la comunidad representan “las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles” (UNISDR 2009) para afrontar las situaciones de desastres, generando un apalancamiento a las vulnerabilidades, desde el punto de vista de evaluar la capacidad interna de la propia comunidad para afrontar con sus propios recursos la emergencia. Se revisan las siguientes referencias científicas para la formulación de las variables de capacidad de la comunidad

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>
Capacidades Materiales	Se refiere a los recursos físicos y financieros disponibles para enfrentar un desastre, como viviendas, infraestructura, etc.	Cutter et al. (2008)
Capacidades Técnicas	Capacidad de utilizar y acceder a tecnología y métodos modernos para la gestión de riesgos, como sistemas de alerta temprana. Incorpora la capacidad de respuesta y el entrenamiento.	Birkmann (2011)
Capacidades Comunitarias	Implica el nivel de cohesión social y redes de apoyo en la comunidad, lo que determina cómo una sociedad se organiza ante una crisis. Refiere a la representación	Adger (2000)
Capacidades Económicas	Evaluación de los recursos económicos y financieros que una comunidad tiene para prevenir y recuperarse de un desastre.	Pelling (2003), UNDRR (2019)
Capacidades Educativas y Culturales	Se refiere a la cultura preventiva de la comunidad y el nivel de conciencia y educación sobre los riesgos y la preparación ante desastres.	Wisner et al. (2012)

TABLA 15: REVISIÓN CONSOLIDADA DE VARIABLES QUE CONSIDERAN LA CAPACIDAD COMUNITARIA ANTE DESASTRES. ELABORACIÓN PROPIA.

En base al estudio científico de fuentes y el conocimiento de la zona (comuna de Coquimbo) se establecen las siguientes variables de vulnerabilidad y capacidad que serán la base para la determinación del concepto de resiliencia por cada sector de unidad vecinal.

<b>Variables de estudio</b>	
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Capacidad</b>
Socioeconómico (Edad, grupo familiar, ingresos)	Infraestructura (viviendas, construcciones)
Infraestructura (Viviendas, infraestructura crítica)	Respuesta (servicios primarios, sistemas, protocolos)
Preparación (Cultura preventiva, métodos instaurados)	Gestión comunitaria (organización, comunicación)
Geográfico (Suelos, altitudes)	Recursos (Ingresos, productividad)
Conectividad (Tecnología, vías de tránsito, evacuación)	Cultura (educación, participación)
Climatológico (Temperaturas, precipitaciones)	

TABLA 16: VARIABLES DE VULNERABILIDAD Y CAPACIDAD CONSIDERADAS PARA EL PROYECTO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Vulnerabilidades comunales en situación de incendios forestales

El Departamento de Protección Contra Incendios Forestales de la Región de Coquimbo a través de la sección de prevención de incendios forestales elabora planes de protección comunales en cada región, donde se identifican zonas recurrentes y potenciales para la ocurrencia de incendios forestales. El estudio realizado el segundo semestre del año 2022 detalla la actualización de los sectores de riesgo.

Fecha	23-09-2022			
Comuna	Coquimbo			
Sector	La Cantera (Sector Cementerio)			
Coordenadas	X	Y		
	278855	6681149		
Riesgo	Potencial			
Descripción	Quebrada colindante con población La Cantera y donde pasa el estero El Culebrón. Presencia de tendido eléctrico.			

ILUSTRACIÓN 6: ZONA DE RIESGO POTENCIAL EN UV21 LA CANTERA. CONAF.

Riesgo	Zona   UV   Descripción del Riesgo
Potencial	Cerro Guanaqueros   <b>UV28 Guanaqueros</b> Sector de abundante vegetación cercano a tendido eléctrico, poblado y caminos principales. Posee pendiente.
	Humedal Culebrón (Sector Alto)   <b>UV12 El Culebrón</b> Humedal delimitado por poblaciones, carretera y canchas deportivas. Presencia de matorral. Cercano a vertederos ilegales, extracción de áridos, y zona de pastoreo.
	Humedal Culebrón (Costero)   <b>UV12 El Culebrón</b> Humedal delimitado por poblaciones, playa y caminos principales. Colindante a la línea del tren. Presencia de tendido eléctrico.
	La Cantera (Sector Cementerio)   <b>UV21 La Cantera</b> Bosque de Eucalipto cercano a torres de alta tensión eléctrica, colindante con Club de Golf Pan de Azúcar y a caminos principales La Cantera y Ruta 43.
	La Cantera (Club de Golf)   <b>UV21 La Cantera</b> Quebrada colindante con población La Cantera y donde pasa el estero El Culebrón. Presencia de tendido eléctrico.
	Las Tórtolas (Tongoy)   <b>UV29 Tongoy</b> Sector con abundante vegetación, posee pequeño bosque de eucalipto.
	Los Lagos Peñuelas   <b>UV22 Peñuelas</b> Bosque de eucalipto cercano a población, caminos, construcciones y colegio. Tránsito de maquinaria.
	Los Trigales (Guanaqueros)   <b>UV28 Guanaqueros</b> Sector con abundante vegetación cercano a casas, línea eléctrica, a camino principal y carretera.
	Peaje Guanaqueros   <b>UV28 Guanaqueros</b> Sector con abundante vegetación cercano a Ruta 5, camino principal, estación de peaje y parcelaciones.
	Rosario Peñuelas   <b>UV22 Peñuelas</b> Bosque de Eucalipto cercano a viviendas, línea eléctrica y cultivos agrícolas.
	Ruta 5 Peñuelas   <b>UV22 Peñuelas</b> Sector delimitado por caminos principales, carretera, viviendas y por la línea de tren. Presencia de matorral bajo seco.
San Ramón (Agrícola HC)   <b>UV 18 Tierras Blancas Norponiente</b> Sector con bosque de eucalipto cercano a cultivo agrícola, a zona poblada, tránsito de personas, caminos principales y presencia de microbasural.	

TABLA 17: SECTORES DE RIESGO POTENCIAL POR AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES DETERMINADAS POR CONAF EN LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.



Fecha	22-09-2022			
Comuna	Coquimbo			
Sector	Microbasural EL Culebrón			
Coordenadas	X	Y		
	275892	6681415		
Riesgo	Microbasural			
Descripción	Vertedero ilegal ubicado en pendiente, cercano a población, canchas deportivas, extracción de áridos, y zona de pastoreo.			

ILUSTRACIÓN 7: ZONA DE RIESGO POTENCIAL EN UV12 EL CULEBRÓN. CONAF.

Riesgo	Zona   UV   Descripción del Riesgo
Expansión Urbana	Sector Rinconada El Sauce   <b>UV24 El Sauce</b> Sector con abundante vegetación arbustiva ubicada en la falda del cerro cercano a casas, caminos principales y tendido eléctrico.
	Sector Tambillo Sur   <b>UV31 Tambillo - Las Cardas</b> Sector con vegetación, cercano a casas, tendido eléctrico y carretera.
	Sector Panul/Bahía Herradura   <b>UV35 Panul</b> Sector de abundante vegetación arbustiva cercano a casas y a bahía.
	Sector Apatitas (Pan de Azúcar)   <b>UV20 Pan de Azúcar</b> Sector con abundante vegetación cercano a casas.
	Sector Cruz de Caña (Pan de Azúcar)   <b>UV20 Pan de Azúcar</b> Sector ubicado en una población, cercano a tendido eléctrico y caminos principales.
	Sector Totoralillo   <b>UV 28 Guanaqueros</b> Sector de abundante vegetación situado en la falda del cerro cercano a casas y tendido eléctrico.
Microbasural	Microbasural Tambillo – Las Cardas (Barrancas)   <b>UV 31R Tambillo - Las Cardas</b> Vertedero ilegal cerca de vegetación y torres de alta tensión.
	Microbasural El Culebrón   <b>UV12 El Culebrón</b> Vertedero ilegal en pendiente, cerca de población, canchas deportivas y extracción de áridos.
	Microbasural Guanaqueros   <b>UV28 Guanaqueros</b> Sector con presencia de basura cercano a tendido eléctrico, poblado y extracción de conchuela.
	Microbasural Rinconada El Sauce   <b>UV24 El Sauce</b> Vertedero ilegal rodeado de vegetación arbustiva cercano a población, tendido eléctrico y caminos principales.
Uso de Fuego	El Peñón   <b>UV33 El Peñón</b> Sector ubicado en una población, cercano a cancha deportiva, tendido eléctrico y caminos principales.
	Entrada Apatita El Sauce   <b>UV24 El Sauce</b> Sector ubicado dentro de condominio cercano a casas y caminos principales.
	Pan de azúcar (Esfuerzo Campesino)   <b>UV20 Pan de Azúcar</b> Bosque de eucalipto cercano a casas y cultivos agrícolas.
	Peñuela/Los Lagos   <b>UV22 Peñuelas</b> Sector en construcción, colindante con casas, edificios y caminos principales. Tránsito de maquinaria.
	Rinconada El Sauce   <b>UV24 El Sauce</b> Sector ubicado en población, cercano a tendido eléctrico y caminos principales.

Tambillo Norte | **UV31 Tambillo - Las Cardas**  
Sector con vegetación, cercano a casas, tendido eléctrico y carretera.

TABLA 18: SECTORES DE RIESGO USO DE FUEGO, MICROBASURAL Y EXPANSIÓN URBANA POR AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES DETERMINADAS POR CONAF EN COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Vulnerabilidades comunales en situación de sequías

El 06 de julio del 2022, la Dirección General de Aguas, mediante decreto 109, declara que “la región de Coquimbo como zona de escasas hídricas con el objeto de reducir al mínimo los daños generales derivados de la sequía, especialmente para garantizar el consumo humano, saneamiento”. Durante el 2023, CEAZA informa en su Boletín Climático que “el déficit de precipitaciones alcanzó un 77%, lo cual implica 100 mm menos que el promedio climatológico registrado para la zona”.

La comuna de Coquimbo refleja claramente los efectos de la sequía a nivel regional (con una escasa acumulación en embalses de tan solo un 6% promedio como se observa en la ilustración 8). A nivel comunal, se genera un impacto importante en las zonas agrícolas, como Pan de Azúcar (UV20), donde la sequía recurrente ha intensificado la vulnerabilidad económica de la población. Las áreas rurales, como Guanaqueros (UV28) y Tongoy (UV29, UV30), también se ven gravemente afectadas debido a su fuerte dependencia de los recursos hídricos. Según los datos de monitoreo publicado por las instituciones meteorológicas y organismos especializados en el clima en la Comuna como el CEAZA la DMC y SENAPRED, las zonas rurales como Pan de Azúcar y costeras como Tongoy suelen registrar menores niveles de precipitaciones en comparación con áreas más urbanas.

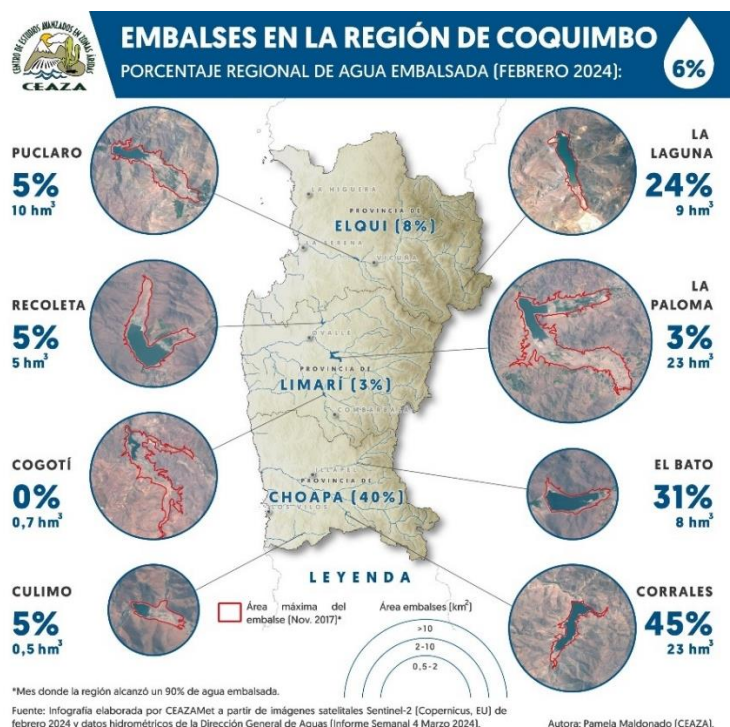


ILUSTRACIÓN 8: PORCENTAJE REGIONAL DE AGUA EMBALSADA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO (2024). CEAZA.



## Vulnerabilidades comunales en situación de terremotos

La zona de subducción en Chile tiene uno de los más altos niveles de actividad sísmica en el mundo, “con grandes terremotos de magnitudes mayores a 8 Mw cada 5-10 años. Estos acontecimientos son consecuencia de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana a una velocidad de convergencia por año de 8 cm.” (DeMets et al., 1990, 1994).

Particularmente la comuna de Coquimbo “posee antecedentes históricos de grandes terremotos interplaca tipo thrust, por ejemplo, los terremotos 1604, 1648, 1730, 1792, 1796, 1819, 1873, 1880, 1918, 1922 y 1943” (Lara & Rauld, 2003). Como indica Cannon (2000) “las características geográficas como la proximidad a fallas sísmicas aumentan la vulnerabilidad” de las comunidades.

En Coquimbo, la ubicación de los conjuntos residenciales, sobre todo en sectores de costa, aumenta la exposición al riesgo ante un terremoto, que inclusive puede generar por consecuencia un tsunami. Además, la urbanización en sectores como UV05 Baquedano y Tierras Blancas (UV17, UV18) incrementa la vulnerabilidad debido a la alta densidad poblacional y construcciones no antisísmicas (sectores residenciales con más pobreza). Un factor totalmente relevante es que la antigüedad de las construcciones y materiales utilizados para viviendas e infraestructura en sectores urbanos determina la capacidad de resistir sismos. Edificaciones en áreas costeras como Puerto de Coquimbo (UV05) son más vulnerables, tal como se aprecia en la ilustración 9.

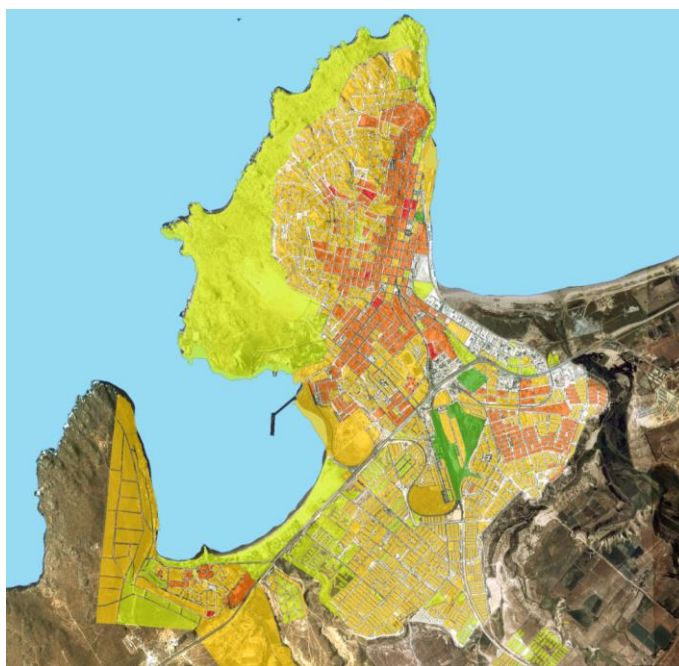


ILUSTRACIÓN 9: VULNERABILIDAD EN EDIFICACIONES COQUIMBO. PROYECTO PROTEGER.

Sectores como UV01 Parte Alta Central y UV28 Guanaqueros son particularmente vulnerables debido a la antigüedad de sus edificaciones y la cercanía al mar.

La Parte Alta Central (UV01) es una zona densa, con una infraestructura que mezcla edificaciones antiguas y nuevas. Debido a la antigüedad de muchas construcciones, la vulnerabilidad estructural es alta, lo que la convierte en un área de riesgo considerable en caso de un terremoto. UV 20 Pan de Azúcar, como sector rural, tiene infraestructuras menos robustas y con menor regulación en términos de código de construcción antisísmico, lo que la hace vulnerable a terremotos. Además, su lejanía de los centros urbanos dificulta la respuesta rápida en caso de emergencia.

Es importante señalar que la preparación real en planes efectivos de evacuación y respuesta rápida en sectores con baja organización comunal afecta la vulnerabilidad.

Los procesos de simulación generados en el proyecto PROTEGER muestran el impacto que tendría un sismo de alta intensidad (ver ilustración 10).

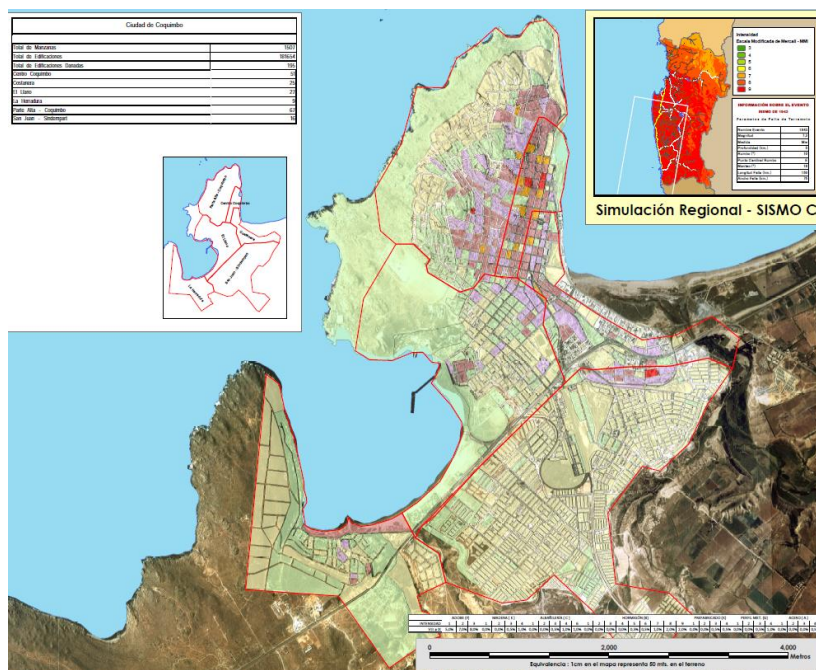


ILUSTRACIÓN 10: RIESGO EN EDIFICACIONES COQUIMBO POR SISMO SIMULACIÓN TIPO C. PROYECTO PROTEGER.

Es posible apreciar según la simulación como las mejoras en los códigos de construcción y la implementación de sistemas de alerta temprana en algunas áreas han reducido el riesgo en lugares como UV06 Sindempart (sector completamente en amarillo y verde en la simulación) aunque el riesgo persiste en caso de eventos sísmicos de gran magnitud.

### Vulnerabilidades comunales en situación de tsunamis

Coquimbo es una de las zonas más vulnerables a los tsunamis en la costa chilena, debido a su ubicación geográfica y la presencia de áreas densamente pobladas en su borde costero. “Los estudios han identificado que la infraestructura construida en zonas bajas y rellenos

aumenta significativamente el riesgo de inundación durante eventos de maremotos" (Fritz et al., 2016). Según Lockridge (1985), "durante el siglo XX, en el área comprendida entre los 27° y 33° S se registraron en promedio un maremoto destructivo cada 20 años".

Según los estudios en terreno realizados por SENAPRED, PROTEGER y el Estudio Fundado de Riesgos de Coquimbo, se reconoce sectores susceptibles a procesos de inundaciones por maremotos en las localidades costeras de la Comuna de Coquimbo (UV28 Guanaqueros, UV29 y UV30 Tongoy). El sector del Parque O'Higgins, la terminal de buses y el puerto marítimo de la ciudad de Coquimbo (UV05 Centro Baquedano) están todos construidos sobre zonas de relleno. En esos sectores, anteriormente al relleno, había una poza de agua inundada permanentemente por lo que el sector es altamente susceptible a inundaciones por marejadas y por maremotos. El sector del borde costero de Coquimbo y La Serena, antes de la construcción de la costanera, tenía agua todo el invierno ya que correspondían a humedales (UV12 El Culebrón, UV15 La Herradura) del mismo tipo que aún en la actualidad se observan entre Tongoy y Puerto Aldea (UV28 Guanaqueros, UV29 y UV30 Tongoy). Muchos de esos sectores dejaron de funcionar como humedales activos por la construcción de la costanera que se encuentra elevada y por el relleno de los mismos. Pero, de todas maneras, esos sectores naturalmente son zonas bajas, inundables, que a pesar de estar actualmente rellenos, serán más susceptibles a inundarse como consecuencia de las precipitaciones, de marejadas o maremotos.

El sector de Baquedano (UV05 Centro Baquedano) se inunda como consecuencia de marejadas, lo que lo hace un sector susceptible a la inundación por maremotos. Guayacán (UV13 Guayacán) es una zona de alta susceptibilidad a maremotos según los estudios del SHOA y la ONEMI, pero el borde costero no está ocupado con viviendas. En Guanaqueros (UV28 Guanaqueros) gran parte de las viviendas se encuentran construidas en las zonas susceptibles a maremotos. En Tongoy (UV30 Tongoy), el puente peatonal que cruza el estero Tongoy se inunda completamente como consecuencia de las marejadas. Por lo tanto, esta zona es altamente susceptible a ser inundada por maremotos. En Puerto Aldea (UV28 Guanaqueros), la mayor parte de las casas se ubica en el sector alto, pero algunas casas están construidas a nivel del mar en zonas susceptibles a inundaciones por maremotos.

Por lo anterior, Sectores como Baquedano, Guanaqueros y La Herradura están a baja altitud y cerca del mar, lo que incrementa su exposición al riesgo de tsunamis. Así lo señala Friez (2016) indicando que "las áreas urbanas costeras, como las presentes en Coquimbo, muestran una alta susceptibilidad a tsunamis debido a su densidad poblacional y la localización de infraestructuras clave en zonas de riesgo". Estas características son ampliamente apreciables en los mapas de inundación referenciados en la ilustración 11.

El Ingeniero Civil Rafael Aránguiz en la investigación "Mitigación del riesgo de tsunamis: Comportamiento de tsunamis en Bahía de Coquimbo" del CIGIDEN (2017) a raíz de las consecuencias del terremoto y tsunami del 2015 señaló las siguientes conclusiones:

- El humedal El Culebrón (UV12) ha demostrado tener un rol mitigador como área inundable frente a los tsunamis (buffer zone).

- Un tsunami generado frente a Coquimbo (UV05) afectaría de gran manera a la ciudad dada la configuración de la Bahía (Resonancia).
- Si el sector Baquedano (UV05) se reconstruye de la misma forma, el daño por tsunami podría alcanzar hasta un 50% (en 2015 fue un 20%).

Otras características también generan condiciones propicias para la afectación de un Tsunami en la Comuna. La carencia de vías de evacuación adecuadas en sectores como UV22 Peñuelas limita la capacidad de las comunidades para escapar a zonas seguras. La conciencia comunitaria del riesgo varía según el sector, siendo más baja en áreas rurales o más alejadas como Tongoy (UV29 y UV30 Tongoy).



ILUSTRACIÓN 11: MODELACIONES DE AMENAZA DE TSUNAMI EN LA COMUNA DE COQUIMBO. PROYECTO PROTEGER COQUIMBO.

### Vulnerabilidades comunales en situación de aluviones

Debido a su inmersión en cordones montañosos costeros y diferencias de altitud en la zona habitable, en la comuna de Coquimbo se han experimentado consecuencias derivadas de eventos de aluviones en los últimos años, potenciándose por factores climáticos y geográficos como lluvias intensas y la saturación del suelo. Estos eventos han afectado principalmente a sectores de alta pendiente, áreas cercanas a ríos y quebradas, lo que genera un riesgo considerable para las comunidades expuestas, que además debido a la expansión demográfica de la zona, cada vez se ubican en sectores más alejados a cumbres y antiguos sectores de tránsito natural de agua.



Según Cabrera y Vargas (2020), la variabilidad de la zona se puede evidenciar en características como las siguientes:

- Sectores con pendientes pronunciadas como la Quebrada de Camarones y Las Cardas son más propensos a deslizamientos y aluviones, especialmente en temporadas de lluvias intensas.
- La expansión urbana en áreas no planificadas cerca de quebradas aumenta el riesgo, como se ha observado en Tierras Blancas y San Juan.
- La falta de infraestructura adecuada de drenaje en sectores urbanos agrava la vulnerabilidad ante lluvias intensas.

Un claro ejemplo de riesgo posible ante aluviones es el sector de Cruz de Caña. La Quebrada Cruz de Caña pertenece a una cuenca de 34 km<sup>2</sup>, distribuida en un gradiente altitudinal entre 1.200 m y 170 msnm en el cordón de cerros ubicados inmediatamente al este del valle de Pan de Azúcar, en la comuna de Coquimbo.

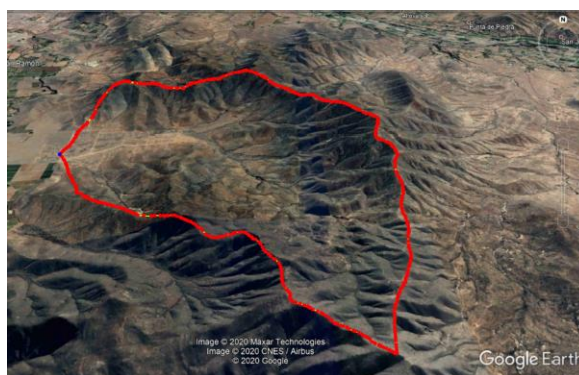


ILUSTRACIÓN 12: CUENCA CRUZ DE CAÑA, UV20 PAN DE AZÚCAR. CEAZA.

La densidad del poblado ha ido aumentando en el último tiempo, incluyendo la instalación de viviendas rurales en el mismo cauce, que actualmente no lleva agua. Según reportes de habitantes antiguos y actuales en la zona, la quebrada ha tenido importantes crecidas en tiempos históricos (CEAZA 2023).

La calidad de las edificaciones también es un factor relevante al momento de analizar las vulnerabilidades locales antes aluviones. Según el SERNAGEOMIN en su catastro nacional de desastres, el 6 de junio de 2011 ocurre un evento de alto impacto de anegamiento del hospital de Coquimbo, ubicado en Avenida Videla s/n, evidenciando la fragilidad de la infraestructura de asistencia primaria.

En la Parte Alta Central UV01, debido a la mezcla de edificaciones nuevas y antiguas, el riesgo es alto. "La vulnerabilidad estructural en áreas como Parte Alta es evidente debido a la antigüedad de muchas edificaciones, las cuales no cumplen con los estándares modernos antisísmicos" (Carvajal et al., 2018). En la zona de Tierras Blancas UV17 y UV18, la falta de infraestructura antisísmica agrava el riesgo. Según ONEMI (2022), "la densidad poblacional en áreas como Tierras Blancas, junto con la precariedad de las construcciones, hace que estas unidades sean altamente vulnerables"

El proyecto PROTEGER Coquimbo también sustenta la importancia de la capacidad de las edificaciones para la prevención de desastres y emergencias. Según sus análisis, El 37,3% de las edificaciones registradas por el catastro no agrícola del SII fueron construidas en la década de los años 90. El 26,6% corresponde al período 2000 en adelante. Un 16,1% son edificaciones construidas entre los años 1980 a 1989. Un 7,7% corresponde a la década de los 70. El 12,3% restante corresponde a construcciones anteriores al año 1969. Estos antecedentes toman total relevancia en los análisis de vulnerabilidad de las edificaciones dado que “la estabilidad estructural y la capacidad sismorresistente de las construcciones es un factor preponderante”.

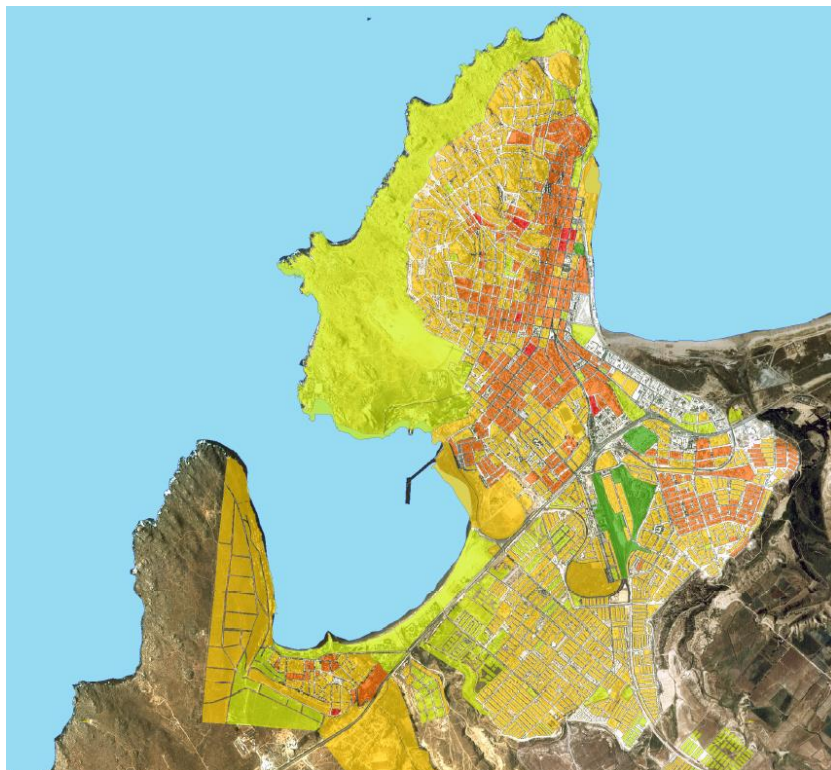


ILUSTRACIÓN 13: PLANO DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EN COQUIMBO. PROTEGER.

### Capacidades comunales de asistencia primaria

La presencia de capacidad de atención inmediata en la Unidad Vecinal, tanto de salud, bomberos y carabineros, potencia la capacidad de resiliencia de la comunidad. Según la ONU (2020), "la presencia y formación de cuerpos de bomberos es clave para la gestión de emergencias, ya que estos primeros respondedores tienen un impacto directo en la reducción de daños y la protección de vidas humanas". Su entrenamiento especializado en incendios, rescates y manejo de materiales peligrosos permite contener incidentes que podrían derivar en consecuencias de gran escala sin su intervención. Por su parte, la OMS (2019) indica que "la capacidad de los sistemas de salud para manejar emergencias es crucial para mitigar el impacto de desastres en la población", ya que no solo responden a los heridos, sino que también previenen epidemias y aseguran la continuidad de servicios médicos esenciales. Respecto a Carabineros, SENAPRED (2023) señala que "las fuerzas de seguridad juegan un

rol fundamental en la coordinación de evacuaciones, control del orden público y el apoyo logístico en situaciones de emergencia", facilitando la gestión del riesgo y asegurando una respuesta rápida y coordinada.

La sinergia de estas tres organizaciones de asistencia primaria es vital en la capacidad de respuesta. La creación de cualquiera de estos organismos dentro de una Unidad Vecinal depende totalmente de la capacidad de gestión pública por asegurar cobertura en las diferentes zonas y también de la organización comunitaria que prioriza como exigencia la habilitación de centros de asistencia de salud, de cuerpos de bomberos y retenes comisaríaes de carabineros para la protección de sus propios habitantes. Los recursos son escasos y las necesidades múltiples, por tanto, el sentido de urgencia y la priorización son elementos en constante argumentación. En Chile y en todas sus comunas como Coquimbo, son los Municipios los encargos de generar un punto de encuentro y coordinación de las diferentes organizaciones de asistencias primarias, actualmente reguladas por el Comité de Gestión del Riesgo de Desastres (COGRID).

Según SENAPRED (2023), "el COGRID permite una respuesta organizada y eficaz ante situaciones de emergencia, facilitando la articulación entre las distintas instituciones encargadas de la protección civil". Además, ONEMI (2022) destaca que "la creación del COGRID ha mejorado la capacidad de respuesta del país ante desastres, al coordinar los esfuerzos de los cuerpos de emergencia en terreno y garantizar una acción conjunta, rápida y eficiente". Aún con esta coordinación integradora, los sistemas de atención primaria no cuentan con una integración de sus gestiones en base a los datos y su participación en la asistencia. Esto implica que, tanto carabineros, bomberos y salud tienen sus propios criterios para definir sectorización, priorización y sobre todo registro de los sucesos. Esto daña la capacidad organizacional de Chile y de la comuna, dado que el aprendizaje se ve perjudicado por esta multiplicidad de actores con recursos y decisiones propias.

Para el presente proyecto, se realiza un levantamiento de todas las organizaciones creadas físicamente en la comuna de Coquimbo, generando una intersección entre su ubicación y la geolocalización de la Unidad Vecinal que la contiene y la más próxima (ver ilustración 14). Lo anterior, permite estimar una capacidad de atención directa o parcial ante la eventualidad de una emergencia o desastre.



ILUSTRACIÓN 14: EJEMPLO DE CAPACIDADES DE ASISTENCIA PRIMARIA, UV28 GUANAQUEROS. ELABORACIÓN PROPIA.

Las unidades de Carabineros incorporadas en el proyecto, actualizadas al 2024, son las 9 unidades declaradas en la tabla 19, considerando su dirección actualizada y la intersección con la UV en la que se encuentra circunscrita.

<b>Unidad Carabineros</b>	<b>Dirección</b>	<b>UV</b>
2da. Com. Coquimbo	Calle Tegualda #515	UV13 - UV10
Reten Cerro Del Vigia	Calle Alonso De Ercilla #418	UV04
Reten Guanaqueros	Avenida Fritz Willy Lindenmann #2380	UV28
Subcomisaria Tierras Blancas	Avenida Rene Schenider #528	UV34
Tenencia Coquimbo Oriente	Avenida. El Sauce #1109	UV11
Tenencia La Herradura	Las Gaviotas #186	UV15
Tenencia Las Encinas	Avenida Ruben Jimenez #640	UV16
Tenencia Peñuelas	Ruta 5 S/N. Cruce Penuelas	UV22
Tenencia Tongoy	Avenida. Fundación Norte #107	UV29

TABLA 19: UNIDADES DE CARABINEROS EN LA COMUNA DE COQUIMBO Y LAS UNIDADES VECINALES A LA QUE PERTENECEN. ELABORACIÓN PROPIA.

Las unidades de Bomberos incorporadas en el proyecto, actualizadas al 2024, son las 12 unidades declaradas en la tabla 20. Se adhiere a la UV perteneciente.

<b>Unidad de Bomberos</b>	<b>Dirección</b>	<b>UV</b>
Quinta de Coquimbo	Julio DiazGuerrero #505, San Juan	UV05 - UV10
Séptima de Coquimbo	Fundicion Sur SN, Tongoy	UV29
Novena de Coquimbo	21 de Mayo ##2289, Guanaqueros	UV28
Décima Primera de Coquimbo	Pasaje Las Gaviotas SN	UV22
Primera de Coquimbo	Diagonal Las Torres SN	UV06
Segunda de Coquimbo	Pedro Montt SN	UV05
Octava de Coquimbo	Ohiggins #565, Tierras Blancas	UV18
Tercera de Coquimbo	Anibal Pinto #1298	UV05
Sexta de Coquimbo	Avenida Pescadores #02, Peñuelas	UV22
Coquimbo	Anibal Pinto #1298	UV05
Décima de Coquimbo	Pinto #1298	UV06
Cuarta de Coquimbo	Las Heras #1090	UV04

TABLA 20: UNIDADES DE BOMBEROS EN LA COMUNA DE COQUIMBO Y LAS UNIDADES VECINALES A LA QUE PERTENECEN. ELABORACIÓN PROPIA.

Las unidades de Salud incorporadas en el proyecto, actualizadas al 2024, son las 30 unidades declaradas en la tabla 21, distribuidas en las UV correspondientes.

<b>Unidad de Salud</b>	<b>Dirección</b>	<b>UV</b>
Centro de Salud Familiar Tongoy	Fundición Norte #127, Tongoy	UV29
Posta de Salud Rural Guanaqueros	Avenida Fritz Willy Linderman #4850, Guanaqueros	UV28
Posta de Salud Rural El Tangué	Sector El Tangué	UV29
Laboratorio Clínico Xima Ltda.	California #878, La Serena	UV22
Posta de Salud Rural Tambillo	Calle Covadonga #22	UV03



Centro de Salud Familiar Rural Pan de Azúcar	Callejón Ripamonti, Pan de Azúcar	UV20
SAPU El Sauce	Los Olivos #851, Sector El Sauce	UV24
Centro Comunitario de Salud Familiar Punta Mira	Calle Dr. Ramón Gorroño León #2844	UV14
SAPU San Juan	Jaime Juan Oliver # 471	UV16
Centro de Salud Familiar San Juan	Jaime Juan Oliver # 471	UV16
SAPU Dr. Sergio Aguilar	Av. Pdte. Arturo Alessandri #1075	UV19
Centro de Salud Familiar Dr. Sergio Aguilar Delgado	Av. Pdte. Arturo Alessandri #1075	UV19
Hospital San Pablo (Coquimbo)	Dr. Moukarzel #4	UV10
Laboratorio Clínico Hemolab Ltda.	Avenida Alessandri #288	UV10
Policlínico de la Asociación Chilena de Seguridad Coquimbo	Profesor Zepeda #2	UV13
Centro de Salud Estudiantil - Universidad Católica del Norte	Larrondo #1281	UV13
COSAM Tierras Blancas (CESAM)	Linares #915	UV17-UV18
SAR Tierras Blancas	Linares #915	UV17-UV18
Centro de Salud Familiar Tierras Blancas	Linares #915	UV17-UV18
Centro de especialidades Médicas (CEMCO)	Colo Colo #580	UV10
Centro Odontológico Uno Salud Dental Coquimbo	General Baquedano #86	UV05
Laboratorio Clínico Hermanos Muñoz Flores	Camilo Henríquez #405	UV05
Sociedad Propedia Ltda.	Calle Portales #311	UV05
Centro de Salud Familiar Lila Cortés Godoy	Regimiento Arica #1405, Tierras Blancas	UV17
Laboratorio Clínico Los Olivos	Borgoño #409	UV05
Cruz Roja de Coquimbo	Melgarejo #1035	UV05
Centro de Salud Familiar Santa Cecilia	Calle Las Heras #1100	UV04
SAPU Santa Cecilia	Calle Las Heras #1100	UV04
Centro de Salud Familiar El Sauce	Los Olivos #545, Sector El Sauce	UV24
Centro de Salud IST Coquimbo	Av. Pdte. Arturo Alessandri #519	UV10
SAPU Lila Cortés	Regimiento Arica #1405, Tierras Blancas	UV17

TABLA 21: UNIDADES DE SALUD EN LA COMUNA DE COQUIMBO Y LAS UNIDADES VECINALES A LA QUE PERTENECEN. ELABORACIÓN PROPIA.

Consolidando la información, se resume en la ilustración 15 la cantidad de UV y centros de Asistencia Primaria.



ILUSTRACIÓN 15: CANTIDAD DE CENTROS DE ASISTENCIA PRIMARIA Y UV EN COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

### Capacidades comunales protocolos y sistemas de prevención

Gracias a su memoria histórica, la comuna de Coquimbo ha avanzado con grandes pasos en modelos de prevención de desastres. Los aprendizajes acumulados el último tiempo referido a la incidencia localizada ha permitido instaurar nuevos protocolos, con un estándar nacional y orientados por el SENAPRED y otras entidades locales para mitigar los impactos ante la ocurrencia de desastres. Estas instituciones han implementado simulacros, mejorado las rutas de evacuación y sistemas de alerta temprana en zonas vulnerables.

Tras el terremoto de 2015, la instalación de sistemas de alerta y los simulacros han sido fundamentales para el colectivo y las autoridades Comunales. "La instalación de sirenas de alerta temprana en sectores costeros ha reducido significativamente el riesgo de pérdidas humanas en caso de tsunami" (Fritz et al., 2016). Las medidas aplicadas en UV05 Baquedano han mejorado la capacidad de respuesta, aunque las estructuras antiguas siguen siendo vulnerables. Estas capacidades han sido reforzadas sobre todo en sectores costeros, que han acumulado eventos que fortalecen el aprendizaje. "Los sistemas de alerta temprana en áreas como UV29 Tongoy y UV28 Guanaqueros permiten a la población reaccionar a tiempo ante tsunamis, mitigando el impacto de estos eventos" (Lavell et al., 2012)

Además, un factor que potencia las capacidades comunales son la organización y cohesión social, sobre todo a nivel comunitario pues termina siendo esencial para la comunicación y organización de los barrios que componen las Unidades Vecinales y por lo tanto la base para la capacidad de respuesta ante desastres desde su interior (las personas que lo viven). "La participación comunitaria en simulacros y capacitaciones ha sido clave para la reducción de riesgos en zonas como UV15 La Herradura, donde la cohesión social permite una respuesta más eficiente ante tsunamis" (PNUD, 2021). En contraparte, "La dispersión poblacional y la falta de recursos hacen que las redes de apoyo comunitario sean más difíciles de implementar en zonas rurales como UV20 Pan de Azúcar" (Lavell et al., 2012), en que la distancia entre las viviendas y la habitabilidad permanente en los hogares pueden limitar la organización comunitaria. Actualmente la comuna cuenta con definiciones detalladas para la evacuación ante riesgo de Tsunami tanto para el sector costero principal (ilustración 16) como para sus caletas (ilustración 17).

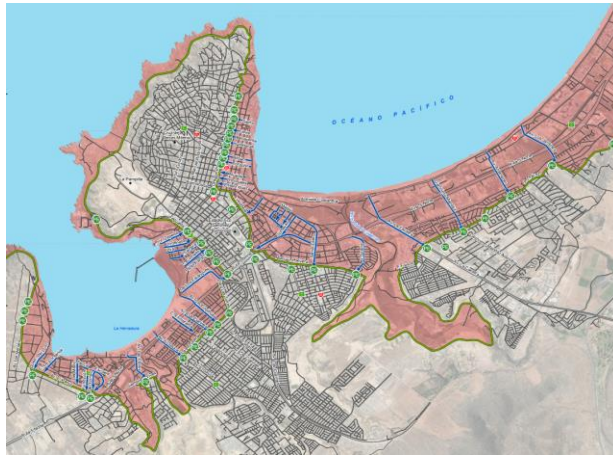


ILUSTRACIÓN 16: PLANO DE EVACUACIÓN ANTE AMENAZA DE TSUNAMI COQUIMBO. SENAPRED.

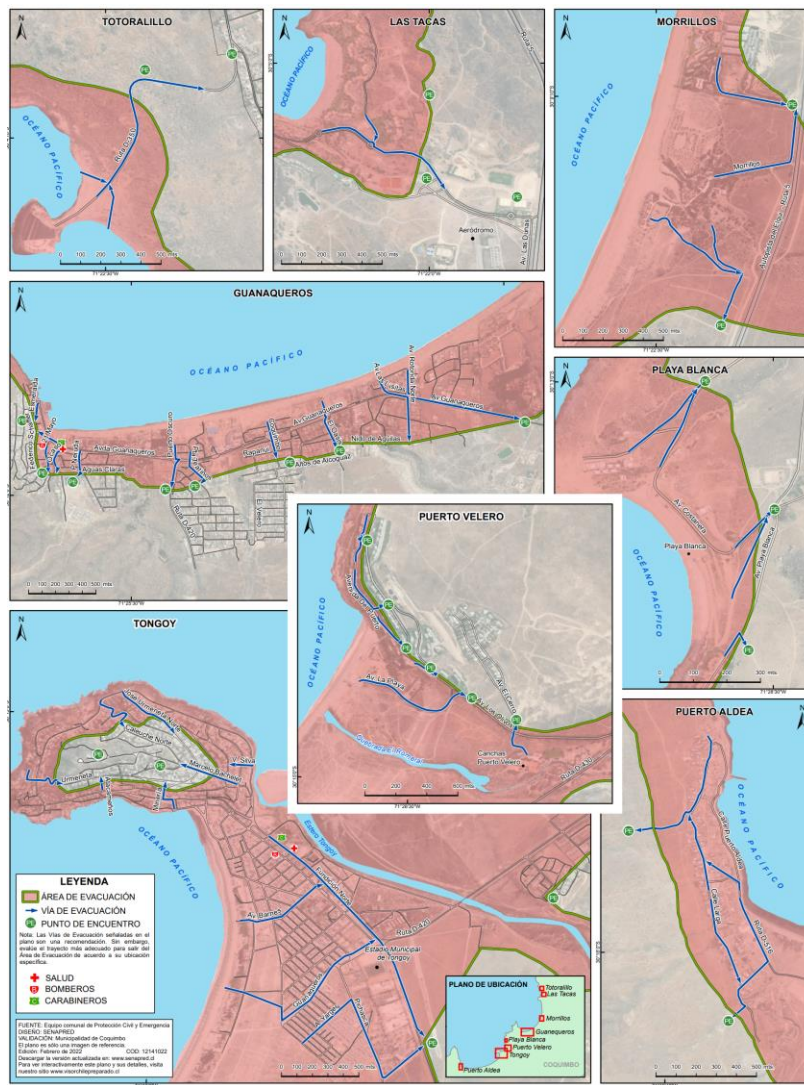


ILUSTRACIÓN 17: PLANO DE EVACUACIÓN EN CALETAS ANTE AMENAZA DE TSUNAMI COQUIMBO. SENAPRED.

Ante la necesidad de evacuar los sectores más necesarios o comprometidos de las poblaciones o instalaciones, cercanas al borde costero y afectas a inundación (trabajo de evacuación que se encuentra planificado hacerlo con apoyo siempre de la autoridad policial), dentro del proceso de planificación se ha considerado realizar el corte de las carreteras y/o las vías secundarias de comunicación, con la finalidad de permitir el desarrollo de acciones de respuesta y/o rescate y evacuación de las personas. De lo anterior, se encuentran dispuestos cuarenta y tres puntos de encuentros, para los cuales existen treinta y siete vías de evacuación (SENAPRED 2023).

Otras vías de comunicación principal, tales como son la Ruta 5 Norte y avenida Costanera, son arterias que ante un tsunami se ha calculado quedan bajo el área de inundación, es decir fuera de la línea de seguridad (cota 30).

En consecuencias, todas las disposiciones dependen netamente de la participación ciudadana, lo que a su vez requiere el ejercicio de culturización y entrenamiento por parte de las autoridades locales. Además, las asociaciones comunitarias cumplen un rol esencial en el micro aprendizaje de las comunidades. Según la actualización plan municipal de cultura de la comuna de coquimbo 2023-2026 referente a las organizaciones comunitarias que existen dentro de la comuna, el Sistema Nacional de Información (SINIM), al año 2021 contabilizaba un total de 1556 organizaciones constituidas con personalidad jurídica que se encontraban activas. De este total, la mayor parte se clasificaban como otras organizaciones comunitarias funcionales, seguido en menor número por juntas de vecinos y los centros culturales. Estas cifras de organización comunitaria se suman a los planes educacionales dispuestos para la población. Estas medidas pueden marcar la diferencia a la hora de prevenir. Por ejemplo, los programas educativos y las campañas de concientización han mejorado notablemente la preparación Guayacán UV13. "La implementación de programas de concientización escolar ha sido fundamental para inculcar una cultura preventiva en Guayacán, mejorando su capacidad de respuesta" (PNUD, 2021).

### Capacidades comunales de recursos sectoriales

La Comuna de Coquimbo presenta una estructura económica diversa, con claras diferencias entre sus Unidades Vecinales tanto en nivel de educación como nivel de ingresos, impulsado por la expansión urbana, los proyectos habitacionales y la caracterización de ingresos de cada hogar. Existe un entendimiento generalizado de diferenciación de recursos entre las zonas rurales y las urbanas. Además, abundan diferenciaciones sectoriales con denominaciones como "alto" que define a una zona ubicada más perimetralmente (con algunas características de recintos privados) que en general cuenta con una estructura de urbanización de alta calidad tanto en términos públicos como privados. Estos rasgos se han mantenido en el tiempo, generando duras barreras entre los diversos estratos sociales, como ya lo evidenciaba los datos recopilados desde el censo 2002 y pre censo 2011 (ver ilustración 18).

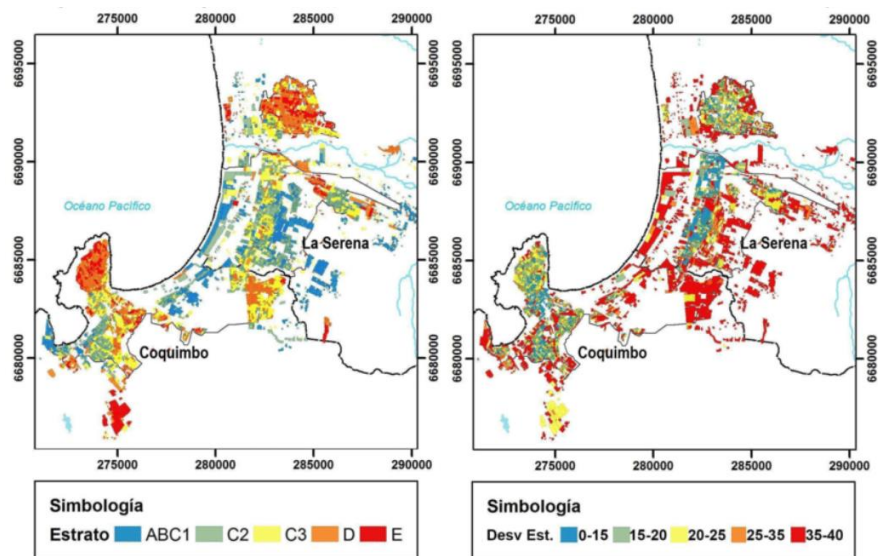


ILUSTRACIÓN 18: ESTRATO PREDOMINANTE Y HOMOGENEIDAD SOCIAL SEGÚN CENSO 2002 Y PRE CENSO 2011, COQUIMBO-LA SERENA. RESEARCHGATE.

Según la actualización del plan municipal de cultura de la comuna (2023-2026) el 94,2% de los habitantes de Coquimbo vive en el sector urbano, en tanto, solo el 5,8% en el área rural, siendo Pan de Azúcar la localidad con mayor número de personas que viven en el área rural con un total de 4.975 habitantes, seguido de Cerrillos (3.676) y Tambillos (2.379). Esta distribución urbana y rural impactan en la capacidad de recursos de cada UV. Zonas como La Herradura (UV15) y Sindempart (UV06) tienen ingresos per cápita significativamente superiores a la media regional, "superando los \$600.000 mensuales por hogar" (INE, 2023). Esto se debe en parte a la mayor proporción de profesionales en estos sectores y su proximidad a centros turísticos que generan empleo en el sector servicios.

Por el contrario, las áreas rurales y periféricas como UV20 Pan de Azúcar y UV24 El Sauce presentan ingresos promedios inferiores a los \$350.000, lo que refleja su dependencia de la agricultura de subsistencia y actividades informales. Según CEPAL (2022), "los ingresos más bajos en áreas rurales están vinculados a la falta de acceso a empleos formales y la baja diversificación económica", lo que limita las oportunidades de mejora económica.

La encuesta CASEN en su actualización de diciembre de 2023 señala que el nivel de pobreza multidimensional de la Comuna de Coquimbo considera un 16,7% de la población (unas 44.874 personas aproximadamente). Es importante considerar que la multidimensionalidad agrupa una serie de criterios que describen la situación de cada sector (ver ilustración 19).





ILUSTRACIÓN 19: DIMENSIONES E INDICADORES DE LA MEDICIÓN DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL AMPLIADA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA.

El Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en su última actualización caracterizó, entre otras muchas variables, el tipo de vivienda de la comuna de Coquimbo, en el que se estimó que un 98,5% del total de la población habitaba una casa o departamento (ver tabla 22). Sin embargo, esto no desestima los más de 1300 casos en que las personas habitan otro tipo de viviendas de menor calidad.

Tipo de Vivienda	Casos	%	Acumulado %
Casa	77 648	86,9%	86,9%
Departamento en edificio	10 320	11,6%	98,5%
Vivienda tradicional indígena (ruka, pae pae u otras)	12	0,0%	98,5%
Pieza en casa antigua o en conventillo	310	0,3%	98,8%
Mediagua, mejora, rancho o choza	640	0,7%	99,5%
Móvil (carpa, casa rodante o similar)	30	0,0%	99,6%
Otro tipo de vivienda particular	379	0,4%	100,0%
<b>Total</b>	<b>89 339</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

TABLA 22: REGISTRO CENSAL DE TIPOS DE VIVIENDA SEGÚN ACTUALIZACIÓN 2017. INE.

Según SENAPRED (2023) "la falta de recursos financieros en áreas como UV12 El Culebrón agrava su vulnerabilidad, ya que las construcciones son precarias y los sistemas de alerta son limitados". En contraposición, algunos sectores de coquimbo han logrado mejorar sus recursos. Como declara el CEAZA (2023) "la inversión en infraestructura y seguros contra desastres ha fortalecido la resiliencia de UV06 Sindempart, permitiendo una respuesta más rápida y eficiente".

El nivel educativo también tiene un impacto directo sobre los ingresos. Wisner et al. (2012) afirman que "la educación es un factor determinante en la reducción de la vulnerabilidad socioeconómica", ya que permite a los individuos acceder a trabajos más estables y mejor remunerados. En este sentido, las UV con mayores niveles de educación tienden a presentar indicadores económicos más favorables, mientras que las zonas con menores niveles educativos enfrentan mayores dificultades para generar ingresos suficientes para una vida digna.

En áreas urbanas como UV06 Sindempart y UV15 La Herradura, se observa un mayor acceso a la educación superior, lo que está correlacionado con niveles de ingresos más altos. En estos sectores, "la tasa de acceso a la educación universitaria supera el 20%, lo que refleja la presencia de familias con mayores recursos económicos" (INE, 2023). En cambio, en zonas rurales como UV 20 Pan de Azúcar, el acceso a la educación superior es limitado, con una

tasa de solo el 8%, debido a la menor disponibilidad de instituciones educativas y la distancia a los centros urbanos.

Según PNUD (2021), "el nivel educativo está directamente relacionado con la capacidad de inserción en el mercado laboral formal", lo que explica las disparidades económicas entre las UV de la comuna. En sectores más pobres, como Tierras Blancas (UV17 y UV18), el nivel de escolaridad promedio es más bajo, lo que afecta las oportunidades de empleo formal y, por ende, los ingresos. En consecuencia, hay que considerar que las capacidades económicas permiten a las comunidades implementar sistemas de prevención más robustos y recuperarse rápidamente después de un desastre, aumentando su capacidad de resiliencia.

### Intervención tecnológica para visualizar vulnerabilidades

Se dispone también de información gráfica y georeferencial mediante la herramienta “Visor Chile Preparado”, sistema GIS diseñado por el SENAPRED para entregar una estimación de incidencia actualizada por sectores de las diferentes amenazas levantadas por el organismo estatal (ver ilustración 20). Este paso a paso permite que accediendo al enlace libremente dispuesto en la web cualquier persona pueda revisar una estimación de incidencia de amenazas y fortalecer las medidas preventivas.

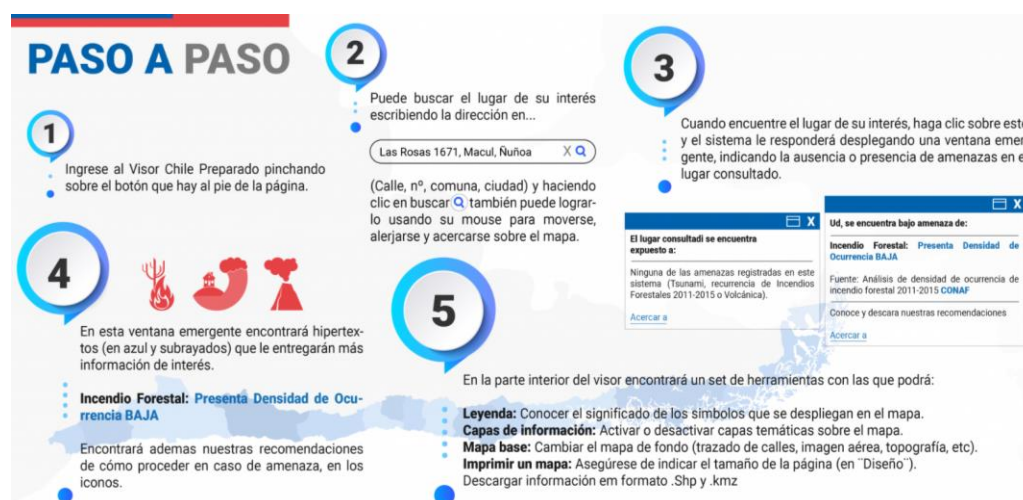


ILUSTRACIÓN 20: PASO A PASO DE USO Y ACCESO A LA HERRAMIENTA “VISOR CHILE PREPARADO”. SENAPRED.

Si bien esta herramienta es facilitada para todo el territorio nacional, gracias a la geolocalización y trabajo profesional con plataformas SIG, es posible realizar un análisis localizado a nivel de comuna y referenciar los sectores de interés (UV).

### Análisis de vulnerabilidad

Las variables determinadas representan la componente **i** de la ecuación 3 que da forma a la sumatoria de factores de vulnerabilidad, recordando que **f(V<sub>i</sub>)** representa la contribución ponderada de los factores considerados.

Por lo anterior y apoyado con el análisis profundo de las variables de vulnerabilidad, se determina una escala de evaluación para integrar las estimaciones cuantitativas (rango entre



0 y 1) y cualitativas (muy malo a muy bueno). Se definen cinco intervalos de medición, considerando la relación directa de que, a mayor vulnerabilidad, mayor ponderación:

Categoría		Descripción
Cualitativa	Cuantitativa	
Muy malo	1	Vulnerabilidad totalmente presente y descontrolada
Malo	0,75	Vulnerabilidad totalmente presente y con algo de control
Regular	0,50	Vulnerabilidad presente y estabilizada con medidas de control
Bueno	0,25	Vulnerabilidad presente con varias medidas de control activas
Muy bueno	0	Vulnerabilidad presente totalmente controlada y con método preventivos en acción

TABLA 23 : ESCALA DE INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA PARA EL ANÁLISIS PROFUNDO DE LAS VARIABLES DE VULNERABILIDAD. ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación, se visualiza a nivel de detalle cuantitativo la evaluación de vulnerabilidades de las diferentes Unidades Vecinales de cada sector constituyente a la comuna de Coquimbo.

UVVV	Socioeconómico	Infraestructura	Preparación	Geográfico	Conectividad	Climatológico	$\sum f(V_i)$
UV01	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV02	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV03	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV04	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV05	1,00	0,75	0,50	0,50	0,50	0,75	4,00
UV06	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,50	2,50
UV07	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,50	2,50
UV08	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV10	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	2,00
UV11	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV12	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,75	5,25
UV13	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00
UV14	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV15	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	2,00
UV16	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV17	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	5,25
UV18	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	5,25
UV19	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00
UV20	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV21	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV22	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00
UV23	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV24	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV28	0,75	0,50	0,75	0,50	0,50	0,50	3,50
UV29	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00
UV30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00
UV31	0,75	0,50	0,75	0,75	0,50	0,50	3,75
UV33	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV34	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25
UV35	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3,25

TABLA 24: EVALUACIÓN DE VULNERABILIDADES POR UV EN LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

En consecuencia, el análisis revela que UV12 El Culebrón, UV17, UV18 Tierras Blancas Nororiente y Norponiente son las UV con mayor vulnerabilidad debido a su alta exposición en términos socioeconómicos y la falta de preparación, conectividad, y factores climatológicos, según el Proyecto PROTEGER Coquimbo (2010). En tanto, UV05 Baquedano presenta problemas graves en infraestructura y condiciones socioeconómicas, lo que lo coloca en una posición de alta vulnerabilidad.

UV06 Sindempart, UV10 El Llano, UV15 La Herradura tienen infraestructuras más robustas y mejor preparación, lo que disminuye su vulnerabilidad global.

### Análisis de capacidad

A continuación, se realiza el análisis de detalle de las capacidades por UV según las referencias de alcance del presente proyecto. Para ello se utiliza la ecuación 3, en la cual la componente j representa el análisis individual de las capacidades para dar forma a la sumatoria de factores de capacidades, entendiendo que  $f(C_j)$  representa la contribución ponderada de los factores considerados. Se utiliza una tabla de interpolación cualitativa y cuantitativa (ver tabla 25) para definir los criterios de evaluación considerando la relación indirecta de que, a mayor capacidad, menor puntuación.

Categoría		Descripción
Cualitativa	Cuantitativa	
Muy malo	0	Capacidad inexistente
Malo	0,25	Capacidad existente, pero con poca solvencia
Regular	0,50	Capacidad existente y reconocible por la comunidad
Bueno	0,75	Capacidad reconocible por la comunidad y aplicada
Muy bueno	1	Capacidad protectora de la comunidad, totalmente instaurada

TABLA 25: ESCALA DE INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA PARA EL ANÁLISIS PROFUNDO DE LAS VARIABLES DE CAPACIDAD. ELABORACIÓN PROPIA.

Según los parámetros anteriores, se presenta el detalle cuantitativo de la evaluación de capacidades de las diferentes Unidades Vecinales de cada sector de la comuna de Coquimbo.

UV	Capacidades Materiales	Respuesta	Gestión Comunitaria	Recursos	Cultura	$\sum f(\text{Capacidad})$
UV01	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV02	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV03	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV04	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV05	0,75	0,50	0,75	0,50	0,75	3,25
UV06	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75
UV07	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75
UV08	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV10	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75
UV11	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV12	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25
UV13	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV14	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV15	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75
UV16	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV17	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25
UV18	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25

UV19	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25
UV21	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV22	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV23	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV24	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV28	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV29	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV31	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25
UV33	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV34	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50
UV35	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50

TABLA 26: EVALUACIÓN DE CAPACIDADES POR UV EN LA COMUNA DE COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

Según la evaluación, UV12 El Culebrón, UV17 y UV18 Tierras Blancas Nororiente y Norponiente, UV20 Pan de Azúcar tienen las capacidades más limitadas en todos los aspectos, con bajas infraestructuras, escasos recursos, y una organización comunitaria débil. Son áreas de alta prioridad para mejorar sus capacidades.

Por otro lado, UV06 Sindempart Nororiente, UV07 Sindempart Surponiente, UV10 El Llano, UV15 La Herradura cuentan con mejores capacidades, con infraestructuras más robustas y una gestión comunitaria fuerte que les permite enfrentar desastres con más solvencia.

### Factor de Resiliencia de la UV

Finalmente, el factor de resiliencia expresado en la ecuación 3, revela la sumatoria final de vulnerabilidades y capacidades, demostrando en un valor neto, las posibilidades de afrontar un desastre según las evaluaciones realizadas bajo el alcance del presente proyecto. Es importante considerar que las evaluaciones dependen de la calidad de información y, por tanto, es una sugerencia concreta indicar que estos análisis deben ser ejecutados periódicamente.

Además, hay que internalizar que la existencia de necesidades múltiples y recursos escasos, entrega una mayor relevancia al análisis de priorización con un enfoque en la fragilidad de una comunidad. Esto permite a las entidades gubernamentales dirigir correctamente los recursos para las UV que más lo necesitan.

UV	$\sum f(V_i)/V_{Max}$	$\sum f(C_j)/C_{max}$	R	R ajustado
UV01 Parte Alta Central	0,58	0,50	0,08	0,08
UV02 Parte Alta Surponiente	0,58	0,50	0,08	0,08
UV03 Parte Alta Norte	0,58	0,50	0,08	0,08
UV04 Parte Alta Oeste	0,58	0,50	0,08	0,08
UV05 Centro Baquedano	0,67	0,65	0,02	0,02
UV06 Sindempart Nororiente	0,42	0,75	-0,33	0,01
UV07 Sindempart Surponiente	0,42	0,75	-0,33	0,01
UV08 Porvenir	0,54	0,50	0,04	0,04
UV10 El Llano	0,33	0,75	-0,42	0,01
UV11 Las Torres	0,58	0,50	0,08	0,08
UV12 El Culebrón	0,88	0,25	0,63	0,63

UV13 Guayacán	0,50	0,50	0,00	0,01
UV14 Punta Mira	0,58	0,50	0,08	0,08
UV15 La Herradura	0,33	0,75	-0,42	0,01
UV16 San Juan	0,54	0,50	0,04	0,04
UV17 Tierras Blancas Nororiental	0,88	0,25	0,63	0,63
UV18 Tierras Blancas Norponiente	0,88	0,25	0,63	0,63
UV19 Covico	0,50	0,50	0,00	0,01
UV20 Pan de Azúcar	0,58	0,25	0,33	0,33
UV21 La Cantera	0,54	0,50	0,04	0,04
UV22 Peñuelas	0,50	0,50	0,00	0,01
UV23 Rinconada	0,54	0,50	0,04	0,04
UV24 El Sauce	0,54	0,50	0,04	0,04
UV28 Guanaqueros	0,58	0,50	0,08	0,08
UV29 Tongoy	0,50	0,50	0,00	0,01
UV30 Tongoy	0,50	0,50	0,00	0,01
UV31 Tambillo - Las Cardas	0,63	0,25	0,38	0,38
UV33 El Peñón	0,54	0,50	0,04	0,04
UV34 Bosque San Carlos	0,54	0,50	0,04	0,04
UV35 Panul	0,54	0,50	0,04	0,04

TABLA 27: CÁLCULO DEL FACTOR DE RESILIENCIA DE LAS UV, CONSIDERANDO EL CRITERIO DEL R AJUSTADO. ELABORACIÓN PROPIA.

La tabla 27 detalla el cálculo resultante de resiliencia, estimado con la evaluación cuantitativa de las vulnerabilidades y las capacidades. Es necesario asumir el criterio de R ajustado<sup>2</sup>, considerando la evaluación de criterios de fortaleza y debilidad de una UV. En consecuencia, a menor R, la comunidad presenta una preponderancia mayor de sus capacidades versus sus vulnerabilidades y por tanto puede hacer frente de mejor manera un eventual desastre.

En conclusión, luego del análisis de resiliencia es posible expresar que la comuna de Coquimbo presenta diversas capacidades para enfrentar desastres dependiendo del sector o Unidad Vecinal. Las UV que abordan áreas rurales y aquellas con menor ingreso económico tienden a ser más vulnerables, mientras que las zonas con mejor infraestructura y cohesión social están mejor preparadas.

## Paso 5: Estimar exposición

La exposición de la comunidad no solo se refleja en términos de daños a las personas, el medioambiente y los recursos de los que disponen. El impacto en pérdidas económicas también es relevante en términos de infraestructura física

La infraestructura física es la base sobre la cual los seres humanos realizan la mayor parte de sus actividades: se vive en casas, se estudia en colegios y universidades; el trabajo se efectúa en oficinas y fábricas. Es posible consumir agua potable porque hay redes de purificación y distribución; además existen formas de evacuación de aguas servidas que impiden la contaminación del espacio urbano. Es posible informarse a través de la radio, la TV e Internet

<sup>2</sup> El criterio de ajuste del factor de Resiliencia R indica que, si la evaluación numérica de la capacidad es mayor a la evaluación numérica de la debilidad, se asigna un factor mínimo de 0,1, que permitirá estimar de igual forma el impacto en dichas UV ante la ocurrencia de desastres con un valor mínimo.

porque hay emisoras y plantas generadoras de energía eléctrica (Consejo de Políticas de Infraestructura, 2019).

La infraestructura crítica pública, como hospitales, escuelas y redes de transporte, juega un papel esencial en la resiliencia comunitaria frente a desastres. Cutter et al. (2003) destacan que "la infraestructura crítica es el esqueleto sobre el cual se construye la capacidad de respuesta y recuperación". Si estos sistemas fallan, el tiempo de recuperación se extiende, y los daños pueden ser catastróficos. En la Comuna de Coquimbo, las áreas costeras como UV 13 Guayacán y UV05 Baquedano, donde se concentra gran parte de la infraestructura pública, están más expuestas a fenómenos como tsunamis y terremotos, lo que puede colapsar hospitales y rutas de evacuación, afectando a miles de personas.

La infraestructura pública tiene mayor exposición debido a su ubicación y uso extendido. Según Pelling (2003), "el daño a la infraestructura pública durante un desastre no solo implica la pérdida económica, sino también la interrupción de los servicios esenciales, lo que aumenta el sufrimiento de la población afectada". En Coquimbo, las áreas de alta vulnerabilidad, como Tierras Blancas (UV17, UV18), donde la infraestructura pública no está diseñada para soportar grandes catástrofes, corren un alto riesgo de quedar inutilizadas, lo que agravaría los efectos del desastre.

Las infraestructuras privadas, como viviendas y negocios, son extremadamente vulnerables a los desastres, lo que puede resultar en pérdidas económicas masivas. Birkmann (2013) argumenta que "el valor de las infraestructuras privadas y los sistemas económicos que sustentan amplía la exposición de las ciudades a desastres". En el caso de Coquimbo, las viviendas privadas en áreas como Sindempart (UV06, UV07) y UV20 Pan de Azúcar están expuestas a daños por eventos sísmicos y aluviones, lo que puede provocar no solo la pérdida material, sino también afectar la conexión económica local debido a la interrupción de actividades productivas.

### Cálculo de la exposición en infraestructura

Para el presente proyectos, asimilaremos como magnitud de exposición la valorización de la infraestructura pública. Nuevamente en este punto, se sugiere al lector considerar la capacidad de obtención de datos actualizados, lo que puede nutrir mucho más el análisis en términos de detalles y clasificación.

Para calcular el valor de la infraestructura pública por cada UV en la Comuna de Coquimbo, utilizaremos una metodología que considere el área aproximada de infraestructura pública por UV, basada en los siguientes factores:

- Superficie de Edificaciones Públicas (Escuelas, centros de salud, edificios municipales, etc.).
- Superficie de Terrenos Públicos (Parques, áreas verdes, terrenos fiscales).
- Superficie de Vías Públicas (Calles, carreteras, caminos).

Se considerará como referencial los valores por metro cuadrado con estimaciones asociadas a las directrices del Servicios de Impuestos Internos (SII), el Conservador de Bienes y Raíces y el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Criterios de valorización por superficie en estructura pública	
Edificaciones públicas	200.000 CLP/m <sup>2</sup>
Terrenos públicos	10.000 CLP/m <sup>2</sup>
Vías y espacios públicos	75.000 CLP/m <sup>2</sup>

TABLA 28: VALORIZACIÓN REFERENCIAL PROMEDIO POR M2 EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA. ELABORACIÓN PROPIA.

UV	Sup. Edificaciones Públicas (m <sup>2</sup> )	Sup. Terrenos Públicos (m <sup>2</sup> )	Sup. Vías Públicas (m <sup>2</sup> )
UV01 Parte Alta Central	40000	60000	100000
UV02 Parte Alta Surponiente	35000	50000	80000
UV03 Parte Alta Norte	30000	55000	90000
UV04 Parte Alta Oeste	25000	45000	85000
UV05 Centro Baquedano	45000	65000	120000
UV06 Sindempart Nororiente	60000	70000	140000
UV07 Sindempart Surponiente	55000	65000	130000
UV08 Porvenir	40000	60000	100000
UV10 El Llano	50000	70000	140000
UV11 Las Torres	35000	55000	95000
UV12 El Culebrón	25000	40000	70000
UV13 Guayacán	30000	50000	85000
UV14 Punta Mira	30000	55000	90000
UV15 La Herradura	45000	65000	120000
UV16 San Juan	35000	55000	90000
UV17 Tierras Blancas Nororiente	50000	70000	140000
UV18 Tierras Blancas Norponiente	45000	60000	120000
UV19 Covico	35000	55000	90000
UV20 Pan de Azúcar	40000	60000	100000
UV21 La Cantera	50000	70000	140000
UV22 Peñuelas	45000	65000	120000
UV23 Rinconada	40000	60000	100000
UV24 El Sauce	35000	55000	90000
UV28 Guanaqueros	30000	50000	85000
UV29 Tongoy	35000	55000	95000
UV30 Tongoy	30000	50000	85000
UV31 Tambillo - Las Cardas	25000	40000	70000
UV33 El Peñón	25000	45000	80000
UV34 Bosque San Carlos	30000	50000	85000
UV35 Panul	40000	60000	100000

TABLA 29: ESTIMACIÓN EN M2 DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA CADA UV. ELABORACIÓN PROPIA.

Realizando la sumatoria de los m2 de infraestructura pública, se estima la valorización de la exposición, considerando las métricas asociadas. Con ello, logramos obtener el vector de

valorización de infraestructura pública como asimilación económica de los impactos físicos de los daños posterior a un desastre.

UV	Valorización infraestructura pública (MM\$)
UV01 Parte Alta Central	\$ 16.100
UV02 Parte Alta Surponiente	\$ 13.500
UV03 Parte Alta Norte	\$ 13.300
UV04 Parte Alta Oeste	\$ 11.825
UV05 Centro Baquedano	\$ 18.650
UV06 Sindempart Nororiente	\$ 23.200
UV07 Sindempart Surponiente	\$ 21.400
UV08 Porvenir	\$ 16.100
UV10 El Llano	\$ 21.200
UV11 Las Torres	\$ 14.675
UV12 El Culebrón	\$ 10.650
UV13 Guayacán	\$ 12.875
UV14 Punta Mira	\$ 13.300
UV15 La Herradura	\$ 18.650
UV16 San Juan	\$ 14.300
UV17 Tierras Blancas Nororiente	\$ 21.200
UV18 Tierras Blancas Norponiente	\$ 18.600
UV19 Covico	\$ 14.300
UV20 Pan de Azúcar	\$ 16.100
UV21 La Cantera	\$ 21.200
UV22 Peñuelas	\$ 18.650
UV23 Rinconada	\$ 16.100
UV24 El Sauce	\$ 14.300
UV28 Guanaqueros	\$ 12.875
UV29 Tongoy	\$ 14.675
UV30 Tongoy	\$ 12.875
UV31 Tambillo - Las Cardas	\$ 10.650
UV33 El Peñón	\$ 11.450
UV34 Bosque San Carlos	\$ 12.875
UV35 Panul	\$ 16.100

TABLA 30: VALORIZACIÓN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA (MM\$) PARA CADA UV. ELABORACIÓN PROPIA.

Con esta visibilidad, se genera un criterio de análisis de priorización inicial. El vector de impacto económico en la infraestructura pública puede determinar las mayores pérdidas proyectadas ante un desastre. Además, muestra la valorización que representa las diferentes UV y el resguardo financiero que debiese considerarse de manera preventiva. Aún con ello, para realizar una correcta priorización es necesario considerar la integración de todos los componentes del cálculo de estimación de riesgo, considerando el vector de resiliencia y el vector de recurrencia de las amenazas consideradas.

## Paso 6: Calcular estimación de riesgo

Para calcular la estimación del riesgo de desastres, recopilaremos todos los análisis realizados previamente. El cálculo de la estimación de riesgo según la ecuación 3 considera la



cuantificación de riesgo para cada una de las amenazas inventariadas. Con ello, el factor de recurrencia determina la probabilidad con la que es posible considerar un eventual impacto por la ocurrencia del desastre.

La ecuación simplificada, una vez realizados todos los cálculos detallados en la ecuación 6, considera la multiplicación de los resultantes del indicador de recurrencia, la resiliencia y la exposición de cada UV para cada una de las amenazas.

$$RD = A \times Re \times E$$

ECUACIÓN 10: FACTOR SIMPLIFICADO DEL CÁLCULO DEL RIESGO DE DESASTRES.

Recordando que

**RD:** es el Riesgo de Desastre.

**A:** es la amenaza o peligro, que representa la probabilidad de ocurrencia de un evento natural.

**Re:** es el factor de resiliencia que representa el grado de susceptibilidad de la comunidad afectada.

**E:** es la exposición, que cuantifica los elementos en riesgo que pueden ser afectados por el desastre.

En el presente caso de estudio, la segmentación base de UV considera 30 zonas determinadas. Además, el inventario de amenazas está constituido por 5 peligros, por lo cual, el resultante genera una matriz que considera 150 evaluaciones con resultados individuales UV/amenaza. Además, el impacto expresado según la infraestructura pública expuesta se representa mediante una unidad económica, en nuestro caso MM\$ (millones de pesos chilenos).

Unidad Vecinal	Valorización inf. pública (MM\$)	Re	Terremotos (MM\$)	Tsunami (MM\$)	Aluviones (MM\$)	Sequias (MM\$)	Incendios F (MM\$)
UV01 Parte Alta Central	16.100	0,08	403	268	134	268	268
UV02 Parte Alta Surp	13.500	0,08	338	225	113	225	225
UV03 Parte Alta Norte	13.300	0,08	333	222	111	222	222
UV04 Parte Alta Oeste	11.825	0,08	296	197	99	197	197
UV05 Centro Baquedano	18.650	0,02	93	62	31	62	62
UV06 Sindempart Nororien	23.200	0,01	70	46	23	46	46
UV07 Sindempart Surp	21.400	0,01	64	43	21	43	43
UV08 Porvenir	16.100	0,04	201	134	67	134	134
UV10 El Llano	21.200	0,01	64	42	21	42	42
UV11 Las Torres	14.675	0,08	367	245	122	245	245
UV12 El Culebrón	10.650	0,63	1.997	1.331	666	1.331	1.331
UV13 Guayacán	12.875	0,01	39	26	13	26	26
UV14 Punta Mira	13.300	0,08	333	222	111	222	222
UV15 La Herradura	18.650	0,01	56	37	19	37	37
UV16 San Juan	14.300	0,04	179	119	60	119	119

UV17 Tierras Blancas Nororiente	21.200	0,63	3.975	2.650	1.325	2.650	2.650
UV18 Tierras Blancas Norponiente	18.600	0,63	3.488	2.325	1.163	2.325	2.325
UV19 Covico	14.300	0,01	43	29	14	29	29
UV20 Pan de Azúcar	16.100	0,33	1.610	1.073	537	1.073	1.073
UV21 La Cantera	21.200	0,04	265	177	88	177	177
UV22 Peñuelas	18.650	0,01	56	37	19	37	37
UV23 Rinconada	16.100	0,04	201	134	67	134	134
UV24 El Sauce	14.300	0,04	179	119	60	119	119
UV28 Guanaqueros	12.875	0,08	322	215	107	215	215
UV29 Tongoy	14.675	0,01	44	29	15	29	29
UV30 Tongoy	12.875	0,01	39	26	13	26	26
UV31 Tambillo - Las Cardas	10.650	0,38	1.198	799	399	799	799
UV33 El Peñón	11.450	0,04	143	95	48	95	95
UV34 Bosque San Carlos	12.875	0,04	161	107	54	107	107
UV35 Panul	16.100	0,04	201	134	67	134	134

TABLA 31: CÁLCULO DE ESTIMACIÓN DE RIESGO EN MM\$ SEGÚN VECTORES DE AMENAZAS. ELABORACIÓN PROPIA.

## Paso 7: Priorizar

La estrategia planteada por la política nacional para la reducción de Riesgos de desastres, en su plan estratégico 2020-2023 señala que “las acciones para prevenir nuevos escenarios de riesgo y mitigar los existentes deben priorizar absolutamente la protección de la vida e integridad de las personas, y promover el auto y mutuo aseguramiento como una forma de contribución a una sociedad más resiliente, inclusiva y solidaria”. Esto implica que la evaluación correcta de priorización será vital para minimizar los impactos y efectos de los desastres y maximizar los recursos y capacidades que dispone el estado, así como las propias capacidades comunales y comunitarias.

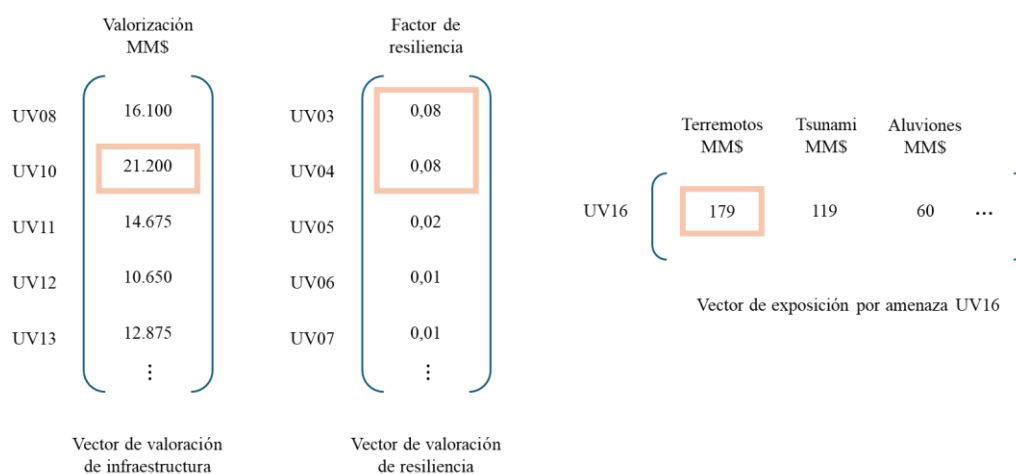


ILUSTRACIÓN 21: VECTORIZACIÓN DE RESULTADOS DE LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE. ELABORACIÓN PROPIA.

Hay que considerar que, en esta etapa, existen diversas formas de interpretar los resultados y obtener un criterio de priorización, lo cual puede generar entropía si la búsqueda de determinación de inversión preventiva es acotada (y en muchas ocasiones menor a la

necesaria). Por lo anterior, la visualización de los vectores (ver ilustración 21) puede apoyar en una evaluación sintetizada de resultados, con claridad individual, que además puede ser analizada en su conjunto de manera integrada. Los resultados son entregados en la tabla 32.

UV	Valorización infraestructura pública (MM\$)	R ajustado	Terremotos 0,3 (MM\$)	Tsunami 0,2 (MM\$)	Aluviones 0,1 (MM\$)	Sequias 0,2 (MM\$)	IncendioF 0,2 (MM\$)	Suma Vector UV (MM\$)
UV01	16100	0,08	403	268	134	268	268	1342
UV02	13500	0,08	338	225	113	225	225	1125
UV03	13300	0,08	333	222	111	222	222	1108
UV04	11825	0,08	296	197	99	197	197	985
UV05	18650	0,02	93	62	31	62	62	311
UV06	23200	0,01	70	46	23	46	46	232
UV07	21400	0,01	64	43	21	43	43	214
UV08	16100	0,04	201	134	67	134	134	671
UV10	21200	0,01	64	42	21	42	42	212
UV11	14675	0,08	367	245	122	245	245	1223
UV12	10650	0,63	1997	1331	666	1331	1331	6656
UV13	12875	0,01	39	26	13	26	26	129
UV14	13300	0,08	333	222	111	222	222	1108
UV15	18650	0,01	56	37	19	37	37	187
UV16	14300	0,04	179	119	60	119	119	596
UV17	21200	0,63	3975	2650	1325	2650	2650	13250
UV18	18600	0,63	3488	2325	1163	2325	2325	11625
UV19	14300	0,01	43	29	14	29	29	143
UV20	16100	0,33	1610	1073	537	1073	1073	5367
UV21	21200	0,04	265	177	88	177	177	883
UV22	18650	0,01	56	37	19	37	37	187
UV23	16100	0,04	201	134	67	134	134	671
UV24	14300	0,04	179	119	60	119	119	596
UV28	12875	0,08	322	215	107	215	215	1073
UV29	14675	0,01	44	29	15	29	29	147
UV30	12875	0,01	39	26	13	26	26	129
UV31	10650	0,38	1198	799	399	799	799	3994
UV33	11450	0,04	143	95	48	95	95	477
UV34	12875	0,04	161	107	54	107	107	536
UV35	16100	0,04	201	134	67	134	134	671

TABLA 32: RESULTADOS DE PONDERACIÓN DE RIESGO SEGÚN EXPOSICIÓN Y AMENAZAS.  
ELABORACIÓN PROPIA.

## Herramientas tecnológicas para la gestión de riesgo de desastres

La tecnología permite acelerar los procesos de diseño de análisis, manteniendo información digital, de fácil acceso y trazable según versionamientos. Esta facultad tecnológica incorpora al análisis de riesgo un camino de mejora continua y de optimización. En el presente, ya

existe una creciente necesidad de mantener bases de datos actualizadas en tiempo real, que sean capaces de actualizar la información para tener cada día un detalle al instante que permita tomar decisiones fundadas en datos y actualizadas. Sin embargo, aún existen muchas Municipalidades en Chile que no logran alinear la actualización de los estudios que posibilitan estos análisis de riesgos, considerando mucha documentación en papel y en formatos privados que no son posible ajustar conforme al cambio de la realidad sectorial y comunal.

Para mejorar la experiencia efectiva en la administración de la priorización, se ha preparado un conjunto de herramientas tecnológicas que facilitan la comprensión instantánea de los resultados de evaluación de riesgos de desastres de la comuna de Coquimbo. Estas tecnologías son analizadas como elementos esenciales para la toma de decisiones basada en datos. Si bien la metodología es la columna vertebral del presente proyecto, la capacidad de actualización, la calidad de la información y la posibilidad de expansión del conocimiento mediante tecnología parecen ser el camino viable para mantener un monitoreo efectivo y mejorar la precisión de la asignación de recursos para la prevención de desastres en la comuna de Coquimbo, en Chile y en todo el planeta.

La expectativa del actual proyecto posibilita la base de información en un formato capaz de ser consumidos por diversos sistemas tecnológicos, tanto a nivel de diseño como de análisis geográfico, formulando la matriz base para avanzar hacia un sistema de análisis y monitoreo en tiempo real.

### Geolocalización

El uso de mapas geolocalizados en la gestión de desastres mejora significativamente la capacidad de monitoreo. Birkmann (2011) afirma que "los mapas geolocalizados permiten una mejor comprensión espacial del riesgo, facilitando la identificación de áreas vulnerables en tiempo real". Por ello, para simplificar la interpretación del análisis y posibilitar una futura actualización, se crea archivos en formato .kmz con capas de datos geolocalizados que incorpora la siguiente información:

- Unidades Vecinales de la Comuna de Coquimbo según última actualización pública.
- Centros de atención primaria en la Comuna de Coquimbo (Bomberos, Asistencia de Salud, Carabineros)
- Capa de análisis por amenaza según indicador de riesgo para cada UV

Información que también puede ser útil que se incorpora en el producto son:

- Capa de puntos de mayor recurrencia de alertas sobre eventos de diversas escalas asociados al inventario de amenazas.
- Capa de estaciones de monitoreo actualizada.

Todos los componentes geográficos del estudio son desplegados en mapas con capas geolocalizadas mediante la herramienta My Maps<sup>3</sup> de Google Maps, la cual cuenta con una interfaz que puede ser generada mediante una cuenta gratuita.

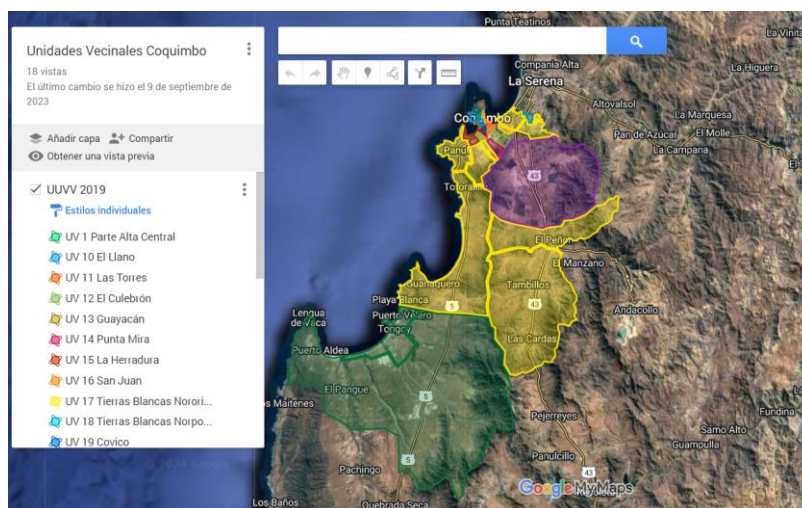


ILUSTRACIÓN 22: MAPA DE ANÁLISIS UV GEOLocalIZADO CON PRIORIZACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES. ELABORACIÓN PROPIA.

## Servicios web

Los sistemas de visualización de información en tiempo real, combinados con mapas geolocalizados, ofrecen una ventaja significativa al integrar datos dinámicos que permiten a las autoridades y a la comunidad responder rápidamente. Cutter et al. (2003) señalan que "las herramientas de visualización en tiempo real ayudan a priorizar las acciones en función de los cambios que se observan durante un desastre".



ILUSTRACIÓN 23: VISUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN GOOGLE SITE. ELABORACIÓN PROPIA.

Los resultados del presente proyecto son desplegados en un visualizador de Google Sites<sup>4</sup>, similar a una página web, que facilita la visualización de información en línea y de forma

<sup>3</sup> My Maps es una herramienta tecnológica de Google que permite crear y comparte mapas personalizados con capas de datos geolocalizadas.

<sup>4</sup> Google Sites es una plataforma online que permite a los usuarios crear y gestionar sitios web de manera fácil y sin necesidad de tener conocimientos avanzados de programación o diseño web.

dinámica. Este producto está diseñado para informar a la Municipalidad de Coquimbo y sus habitantes.

### Portabilidad por código QR

Los códigos QR permiten el acceso instantáneo a la información mediante dispositivos móviles, lo que facilita la transferencia de datos en tiempo real. Chen et al. (2012) destacan que "la velocidad y simplicidad del escaneo de códigos QR hacen que esta tecnología sea ideal para situaciones donde se requiere un acceso rápido a información vital"

Uno de los grandes beneficios de los códigos QR es su capacidad para almacenar grandes cantidades de información en un formato portátil. Ramsden y Jordan (2009) afirman que "los códigos QR pueden almacenar enlaces a bases de datos, mapas, guías de respuesta y otros recursos clave, haciendo que la información esté disponible sin necesidad de conexión a internet". Esto es particularmente útil en regiones vulnerables a desastres, como la comuna de Coquimbo, donde la infraestructura de telecomunicaciones puede verse afectada y el acceso a datos críticos puede ser vital para la supervivencia.

Para facilitar la accesibilidad y evitar la pérdida de hipervínculos que permiten el acceso a las herramientas, se genera códigos QR que pueden ser portados en móviles, computadoras, impresiones portables e inclusive, pueden ser difundidos a las comunidades mediante afiches que pueden ser entregados en las juntas vecinales de cada UV.



ILUSTRACIÓN 24: CÓDIGO QR CON ENLACE AL SITIO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES COQUIMBO. ELABORACIÓN PROPIA.

## Discusión

El presente proyecto denominado "Identificación de amenazas y exposición a desastres en la Comuna de Coquimbo, Chile" no estuvo exento de dificultades.

Primeramente, la literatura y todo el amplio campo de conocimiento que monitorea activamente los riesgos de desastres no cuenta con referencias claras y exactas para abordar cuantitativamente una evaluación. Los criterios de interpretación y la falta de estructuras matemáticas que entreguen una metodología concreta implican considerar un nivel de conocimiento o investigación que sea capaz de modelar las bases mínimas para definir una



forma (o fórmula) detallada de la evaluación. Esto conlleva un gran tiempo o expertos para poder postular definiciones que sean acompañadas de constructos matemáticos.

Además, Chile no cuenta con una estandarización de criterios para la recopilación de datos y la planificación de acciones ante los desastres y emergencias. De esta forma, las unidades de asistencia primaria (Bomberos, Carabineros, Salud) cuentan con sus propios parámetros para definir y cuantificar una emergencia, así como su propia referencia geoespacial para estimar los recursos necesarios para abordarlas. Esto es extrapolable a cuantificaciones de emergencias y desastres, asignación de relevancia, cuantificación de impactos, etc. Un claro ejemplo es que, si se requiere revisar de forma responsable una variable de incendios forestales, es totalmente relevante cruzar los datos de Bomberos con los de CONAF. Cada uno por sí mismo, requiere el complemento del otro.

Finalmente, la tecnología (que se evidencia y presenta como herramienta clave para la aceleración de la reducción del riesgo de desastres) no se visualiza tan presente y comprendida por quienes se encargan de gestionar los riesgos de desastres en Chile. Si bien, existen iniciativas gubernamentales (como el visor Chile preparado), falta incorporar planes rigurosos de mantenimiento tecnológico y acercar también este plus a la comunidad, no solo para su uso y aprendizaje, sino que también como un brazo armado para reportar, registrar y por tanto contribuir con la actualización real de datos en el tiempo.

## Conclusiones

La Evaluación de Riesgos de Desastres (EDR) en la comuna de Coquimbo requiere un esfuerzo sistematizado para la recopilación de datos, la actualización de estudios y la gestión Municipal que permita abordar las mejores decisiones para la comunidad.

Las definiciones presupuestarias deben estar acompañadas de este tipo de evaluaciones de detalle y también de la experiencia en terreno de las situaciones que vive cada UV

Los principales hallazgos según el análisis, que pueden guiar una priorización son:

- La UV con una mayor exposición según el criterio de exposición y cuantificación monetaria es UV17 Tierras Blancas Nororiente.
- Las UV con las mejores capacidades son UV06 Sindempart Nororiente, UV07 Sindempart Surponiente, UV10 El Llano y UV15 La Herradura.
- Las UV con las mayores vulnerabilidades son UV12 El Culebrón, UV17 Tierras Blancas Nororiente y UV18 Tierras Blancas Norponiente.
- La amenaza con mayor frecuencia de ocurrencia en la comuna de Coquimbo es el terremoto (30% de probabilidad anual).
- Existen más UV (30 sectores) que unidades de asistencia primaria de bomberos (12 unidades) y carabineros (9 unidades).

La evaluación de riesgos de desastres depende de la cantidad, calidad y actualización de datos tanto de las amenazas, la comunidad y la resiliencia que es capaz de generar la población. Coquimbo es una comuna que tiene múltiples factores que inciden en su amplia posibilidad

de sufrir un desastre. La misión de las entidades gubernamentales es anticiparse preventivamente a dichos eventos, considerando las capacidades instauradas y las vulnerabilidades que posiblemente sean constantemente expresadas por los habitantes de las diferentes Unidades Vecinales. Sin lugar a duda, la concientización y culturización son factores relevantes para futuros resultados en materia de reducción de riesgos de desastres. La tecnología es también un factor clave y acelerante en las evaluaciones y la toma de decisiones que, si logra ser correctamente aplicada e internalizada en la comunidad, puede revelar nuevas capacidades sociales para combatir las dificultades propias de cada sector, con monitoreo, con entrenamiento y orientación de las autoridades.

Este autor, confía en que el conocimiento continuará estandarizándose, facilitando las rutas, los métodos y transmitiendo los aprendizajes que nos permitan ser cada vez más efectivos en la protección de la humanidad.

## Referencias

- Banco Mundial. The Economics of Disaster Prevention. World Bank Group; 2019.
- BioBioChile. Senapred declara Alerta Roja en Coquimbo por incendio forestal que amenaza a viviendas [Internet]. 2023. Recuperado de: [www.biobiochile.cl](http://www.biobiochile.cl).
- Birkmann J. Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press; 2011.
- Birkmann J. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. United Nations University Press; 2011.
- Blaikie P, Cannon T, Davis I, Wisner B. At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge; 2014.
- Bomberos de Chile. Informe anual de emergencias. Santiago, Chile: Cuerpo de Bomberos de Chile; 2002.
- Bomberos de Chile. Memoria anual de emergencias en la Región de Coquimbo. Santiago, Chile: Cuerpo de Bomberos de Chile; 2023.
- Bomberos de Chile. Informes de emergencias y evacuaciones en la Región de Coquimbo; 2010, 2015, 2022.
- Burton I, Kates RW, White GF. The Environment as Hazard. New York: The Guilford Press; 1993.
- Cabrera J, Vargas G. Aluviones en el norte de Chile: Historia y Vulnerabilidad. Boletín de Geografía Física; 2020.
- Cannon T. Vulnerability Analysis and the Explanation of Natural Disasters. In: Oliver-Smith A, editor. Natural Disasters and Development in a Globalizing World; 2000.
- Cardona OD. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo; 2002.
- Cardona OD. The Notion of Disaster Risk: Conceptual Framework for Integrated Risk Management. UNISDR; 2003.
- Carvajal M, et al. Desafíos en la Gestión de Riesgos en Zonas Rurales de Chile. Documento de trabajo, Universidad de Chile; 2018.
- Castro S. Impacto y análisis del terremoto de Coquimbo 2015. Revista de Ingeniería Sísmica; 2015.

- CEAZA. Informe sobre eventos hidrometeorológicos en la Región de Coquimbo. La Serena, Chile: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas; 2003.
- CEAZA. Impacto de El Niño 2015 en la Región de Coquimbo. La Serena, Chile: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas; 2015.
- CEAZA. Informe de monitoreo de riesgos en la Región de Coquimbo; 2023.
- CEAZA. Informe de Precipitaciones y Monitoreo Climático de la Región de Coquimbo; 2023.
- CEAZA. Análisis de eventos hidrometeorológicos extremos en la Región de Coquimbo. La Serena, Chile: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas; 2024.
- Centro Sismológico Nacional. Grandes Terremotos en Chile [Internet]. Recuperado de: [www.csn.uchile.cl](http://www.csn.uchile.cl).
- CEPAL. Desigualdades territoriales y acceso a servicios en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2022.
- Chen H, Chiang R, Storey VC. Business intelligence and analytics: From big data to big impact. MIS Q; 2012.
- CIGIDEN. Coquimbo: Terremoto y Tsunami 2015 [Internet]. 2016. Recuperado de: [www.cigiden.cl](http://www.cigiden.cl).
- CONAF. Informe de incendios forestales en la Región de Coquimbo. Santiago, Chile: Corporación Nacional Forestal; 2008.
- CONAF. Reporte de Incendios en la Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile; 2011.
- CONAF. Informe de Incendios Forestales en Chile 2015; 2015.
- CONAF. Incendios en Áreas Protegidas: Caso Pan de Azúcar. Corporación Nacional Forestal, Chile; 2017.
- Conservador de Bienes Raíces de Chile. Estimaciones de valores de terrenos fiscales; 2023.
- Conservador de Bienes Raíces de Chile. Registro de Propiedades Fiscales; 2023.
- CPI. Reporte de infraestructura. Chile: inversión en infraestructura de uso público 2005-2018; 2019.
- Crutzen PJ, Stoermer EF. The Anthropocene. Global Change News; 2000.
- Cutter SL, Boruff BJ, Shirley WL. Social vulnerability to environmental hazards. Soc Sci Q; 2003.
- Dirección General de Aguas. Declara zona de escasez hídrica a la región de Coquimbo, julio de 2022. [DTR\_109\_2022].
- Dirección Meteorológica de Chile. Registro Histórico de Precipitaciones en la Región de Coquimbo; 2023.
- Estación Meteorológica de Coquimbo. Registro de precipitaciones 2015.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres; 2009.
- Fritz HM, Petroff CM, Catalán PA. Tsunami Hazards along the Chilean Coast: Vulnerability Assessment; 2016.
- Gross RS. Effects of the 1960 Chile Earthquake on the Earth's Rotation. NASA; 2005.
- Instituto Nacional de Estadísticas INE. Censo actualizado de la Región de Coquimbo; 2023.
- La Tercera. Tsunami en la región de Coquimbo: Un recuento de los eventos más significativos; 2024.
- Lara L, Rauld R. Diagnóstico de la Geología Ambiental de las Grandes Ciudades de Chile. SERNAGEOMIN; 2003.

- Lavell A. La importancia de la organización comunitaria y la planificación sectorizada para la reducción del riesgo de desastres. *Rev Estud Desastres Gest Riesgos*. 2009;15(3):112-30.
- Lavell A, Otero R, Cardona OD, Salgado A. La gestión del riesgo de desastres en América Latina: Un enfoque integral. *Rev Gestión Riesgos*; 2012.
- Lockridge PA. Tsunamis in Peru-Chile. Vol 39. The Center; 1985.
- Maldonado R. Efectos del cambio climático en los incendios forestales en Chile. *Rev Estud Ambient*. 2009;27(3):34-48.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile MOP. Informe sobre costos de infraestructura vial en Chile; 2022.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Política nacional para la reducción de Riesgos de desastres, plan estratégico 2020-2023. Gobierno de Chile; 2020.
- Morales C, Saragoni G. Evaluación sísmica en comunas costeras de Chile. *Rev Ingeniería Sísmica*; 2019.
- Municipalidad de Coquimbo. Actualización Plan Municipal de Cultura 2023-2026; 2023.
- Naciones Unidas UNDRR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction; 2019.
- ONEMI. Informe de aluviones en Atacama; 2015.
- ONEMI. Informe del terremoto del 19 de enero de 2019. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública; 2019.
- ONEMI. Terremoto de Coquimbo: Evaluación de daños. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública; 2019.
- ONEMI. Evaluación de riesgos en la Región de Coquimbo. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública; 2020.
- ONEMI. Capacidades comunitarias y de respuesta ante desastres en la comuna de Coquimbo; 2022.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. Informe sobre la capacidad de respuesta ante emergencias; 2020.
- Pelling M. *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*. Earthscan; 2003.
- Pelling M. *Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation*. Routledge; 2021.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Informe sobre vulnerabilidad en zonas costeras de Chile; 2021.
- Servicio de Impuestos Internos SII. Valores de avalúos fiscales para propiedades públicas; 2023.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile SHOA. Reportes oficiales sobre eventos tsunámicos en Chile; 2015, 2022, 2024.
- Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres SENAPRED. Plan Regional de Respuesta ante Tsunamis y Terremotos; 2023.
- Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres SENAPRED. Reporte de riesgos y desastres en Chile 2023; 2023.
- Statista. Global number of reported flood events 2020-2022; 2024.
- Wisner B, Blaikie P, Cannon T, Davis I. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. 2nd ed. Routledge; 2012.
- Worldmetrics. *Natural Disaster Statistics: Market Data Report 2024*.