



# DIAGNÓSTICO AMENAZAS NATURALES Y EXPOSICIÓN SISTEMAS ESTRATÉGICOS

---

## INFORME FINAL

Plan Regional de Ordenamiento Territorial  
Región De Atacama

**INDICE**

	Pág
<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivos.....	4
1.2 Base Conceptual para el Análisis.....	4
1.3 Metodología.....	4
1.4 Descripción Regional.....	6
<b>2. Amenazas Naturales.....</b>	<b>8</b>
2.1 Generalidades.....	8
2.2 Fenómeno Sísmico.....	9
2.2.1 Amenaza por Terremoto.....	10
2.2.2 Amenaza de Inundación por Tsunami.....	19
2.2.3 Amenaza por Licuefacción.....	29
2.2.4 Amenaza por Inestabilidad de Laderas.....	30
2.3 Fenómeno Volcánico.....	36
2.3.1 Vulcanismo en Chile.....	39
2.3.2 Volcanes en la Región de Atacama.....	40
2.4 Fenómeno Meteorológico.....	45
2.4.1 Amenaza de Inundación por Crecida de Quebradas.....	53
2.4.2 Amenaza por Remoción en Masa.....	60
2.4.3 Amenaza por Proceso de Desertificación.....	73
2.5 Fenómeno Hídrico.....	77
2.5.1 Amenaza de Inundación por Crecida de Ríos.....	77
2.5.2 Erosión.....	96
<b>3. Análisis de Población y Edificaciones.....</b>	<b>102</b>
3.1 Generalidades.....	102
3.2 Distribución de la Población en el Territorio.....	102
3.3 Edificaciones.....	106
3.3.1 Predios Habitacionales por Año de Construcción.....	106
3.3.2 Materialidad Edificaciones.....	107
3.3.3 Disponibilidad de Equipamientos e Infraestructura.....	112
<b>4. Sistemas Estratégicos Regionales.....</b>	<b>119</b>
4.1 Generalidades del Enfoque.....	119
4.2 Definición de los Sistemas Estratégicos.....	119
4.2.1 Sistemas Estratégicos Críticos.....	120
4.2.2 Sistemas de Instalaciones Estratégicas.....	121
4.2.3 Sistemas de Redes Estratégicas.....	123
4.3 Sistemas Estratégicos A Nivel Regional.....	125
4.3.1 Sistemas Esenciales.....	125
4.3.2 Sistemas con Alto Potencial de Daño.....	138
4.3.3 Sistemas de Redes Estratégicas.....	147
4.4 Validación Sistemas Estratégicos por Actores Claves Locales.....	185
4.4.1 Desarrollo Trabajo de Taller.....	185
4.4.2 Resultados Trabajo de Validación.....	186
<b>5. Exposición de Población y de los Sistemas Estratégicos.....</b>	<b>201</b>
<b>6. Conclusiones y Reflexiones.....</b>	<b>218</b>
<b>Anexos (Planos)</b>	

## 1. Introducción

Una definición generalmente aceptada señala que los riesgos naturales son "aquéllos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton, 1978). Más específicamente, en el presente informe el término riesgo natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) u originados por el fuego que, por razón del lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. En algunos países se utiliza el término peligro natural en sustitución de la de peligro natural. El calificativo natural es utilizado para excluir de la definición aquellos peligros originados por los seres humanos tales como guerras, polución y contaminación química, o peligros no necesariamente relacionados con el entorno físico, tales los casos de enfermedades infecciosas. (Bailey, 1980)

Los seres humanos pueden hacer muy poco o casi nada para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales pero, en cambio, pueden tomar seguridades para que los eventos naturales no se conviertan en desastres debido a sus propias acciones y omisiones. Es importante entender que la intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros naturales. Por ejemplo, si se extrae tierra de la parte inferior de un derrumbe para dar cabida a un nuevo asentamiento humano, el terreno puede moverse nuevamente y enterrarlo. La intervención humana puede también generar riesgos naturales donde no existían antes: los volcanes erupcionan periódicamente, pero sólo pasan a ser clasificados como peligros cuando los ricos suelos formados sobre sus productos de eyección son utilizados para cultivo, o para el establecimiento de asentamientos humanos. Finalmente, la intervención humana reduce el efecto de mitigación que tienen los ecosistemas naturales, p. Ej., la destrucción de los arrecifes de coral que elimina la primera línea de defensa de las costas contra los efectos de las corrientes y tempestades marinas, disminuyendo la capacidad del ecosistema para protegerse a sí mismo. Un caso extremo de intervención humana destructora del ecosistema es la desertificación que, por propia definición, es un riesgo "natural" inducido por el ser humano. (Wilhite et al, 1987)

La experiencia tanto nacional como internacional indica la necesidad de incorporar en la gestión del riesgo a nivel regional la componente "análisis y evaluación de riesgos naturales", lo que implica desarrollar una comprensión de los fenómenos potencialmente peligrosos y los posibles efectos desastrosos que se pueden producir en su interacción con los sistemas de instalaciones y redes críticas<sup>1</sup> considerado importante por la sociedad, generando información necesaria para adoptar decisiones sobre la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia. Este mismo análisis permite definir o focalizar sistemas prioritarios con el objeto de asignar recursos para disminuir el riesgo de un territorio o lugar mediante la implementación de planes y proyectos, la reducción de la vulnerabilidad de elementos y/o sistemas mediante la comparación de beneficios y costos potenciales. Este análisis también proveerá escenarios futuros de la ocurrencia de ciertos eventos en el territorio, lo cual deberá ser considerado en los procesos de planificación y ordenamiento territorial. (Bailey, 1980)

---

<sup>1</sup> Sistemas de instalaciones y redes críticas: se consideran algunos elementos mencionados por Montoya y Vargas, UNESCO, tales como: Edificación en general, servicios esenciales, infraestructura con alto potencial de daño, sistemas de transporte, sistema de líneas vitales. (Wilhite et al, 1987)

Chile es sometido constantemente a diversas pruebas de la naturaleza, tanto de origen geológico como hidrometeorológico. En muchas ocasiones estos fenómenos de la naturaleza han afectado en forma negativa el territorio produciendo graves daños tanto a personas, como a la economía, medio ambiente e infraestructura de distintas regiones del país.

Teniendo como guía los lineamientos de la Estrategia Regional de Desarrollo 2007-2017, esta componente de riesgos naturales, transversal del Plan Regional de Ordenamiento Territorial, recoge las problemáticas ligadas a los distintos sistemas de análisis (Urbano, Rural, Zona Costera y Cuencas Hidrográficas) en cuanto a que el desarrollo de éstos está condicionado por las amenazas naturales y sus manifestaciones en episodios que han afectado a la región. Por lo mismo, es de suma importancia recoger los antecedentes respecto a las amenazas que han afectado al territorio regional.

Es necesario señalar el fundamental aporte tanto de algunos estudios como de aquella información generada de los distintos servicios públicos, información que sirve de base y es parte integral del presente informe.

### **1.1 Objetivos**

- a) Considerar las condicionantes y problemáticas ligadas a las Amenazas Naturales, respecto de los Sistemas de Análisis Urbano, Rural, Zona Costera y Cuencas Hidrográficas de la región de Atacama.
- b) Disponer de información sistematizada de los diferentes estudios que se han levantado en la región.
- c) Identificar a escala regional las principales Amenazas Naturales y Sistemas Estratégicos.

### **1.2 Base Conceptual para el Análisis**

El siguiente glosario contendrá términos necesarios para una mejor comprensión del presente informe (Tabla N°1).

### **1.3 Metodología**

Se recopiló aquella información generada por distintos estudios y cuya temática central es el análisis de amenazas y riesgos naturales, tanto a nivel nacional como regional. Es necesario relevar el fundamental aporte del Plan Regional de Desarrollo Urbano, actualmente en trámite para su aprobación y el Plan Regulador Intercomunal Costero Región de Atacama, en proceso de aprobación, ambos instrumentos elaborados por el MINVU de Atacama. Así también aquella información aportada por los Planes Reguladores Comunes de las nueve comunas de la región.

Además de los estudios mencionados, se extrajo información de estudios sectoriales de la región de Atacama que establecen alguna aproximación en materia de amenazas.

**Tabla Nº 1. Definiciones**

NOMBRE	DEFINICIÓN
Amenazas	Condiciones y/o procesos (naturales y artificiales) que tienden a iniciar episodios de daños excepcionales y alteración de las condiciones de habitabilidad de los asentamientos.
Amenazas Naturales	El término amenaza natural se refiere específicamente a todos los fenómenos naturales que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras o sus actividades. En otras palabras, una amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un evento natural potencialmente desastroso para el ser humano durante un cierto período de tiempo en un lugar determinado (UNDRO, 1979). Las amenazas naturales se pueden clasificar por su origen en: geológicas, hidrometeorológicas o biológicas. Fenómenos amenazantes pueden variar en magnitud o intensidad, frecuencia, duración, extensión, velocidad de impacto, dispersión espacial y espaciamiento temporal.
Desastre	Es una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.
Elementos En Exposición	Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura expuesta a un área de peligro.
Exposición	Corresponde al grado en que se relaciona la localización de un componente o sistema en estudio y el área donde existe probabilidad de ocurrencia de una amenaza.
Sistemas Estratégicos	Aquel cuyo funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural, porque su estructura proporciona seguridad, porque alberga alta densidad poblacional, porque en caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o genera grandes daños que implicaría el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.
Vulnerabilidad	Predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de grupo biológico o no, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Esta afectación dependerá de la susceptibilidad del sistema a ser impactada negativamente por una amenaza, en donde, el nivel de afectación estará determinado por los factores propios del sistema. En otras palabras, se entiende por vulnerabilidad de un sistema la medida de propensión al cambio que tiene el sistema respecto de una amenaza y de la capacidad de respuesta del sistema ante la misma amenaza, por lo tanto, la vulnerabilidad dependerá de la resistencia del sistema para mantenerse, adaptarse o desaparecer en el tiempo y espacio en que se ve afectado.
Riesgo	Número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la posible ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento.

FUENTE: "Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial". SUBDERE, 2011

### Estructuración del Análisis

El análisis de Amenazas Naturales se realizó reconociendo la escala regional solicitada para la componente, pero con la incorporación de temáticas de interés local que resultan relevantes para el entendimiento de los Sistemas Estratégicos expuestos.

En una primera fase se reconocen las Amenazas Naturales relevantes a escala regional, posteriormente se realiza la recopilación y análisis de la información existente sobre los Sistemas Estratégicos regionales, a fin de determinar dentro de éstos los Sistema de Instalaciones y Redes Estratégicas (entre otros salud, educación, emergencia, sistema almacenamiento de agua, transporte, etc.), que operan en el territorio regional.

#### 1.4 Descripción Regional

En diferentes instrumentos se ha abordado la temática de amenazas naturales y riesgos. En el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU), tanto en su fase diagnóstica como en la Memoria, el análisis se realiza no sólo a nivel de sistema urbano sino que también a nivel regional, abordando además las problemáticas (p. Ej. remoción en masa, sismos). Específicamente en el diagnóstico ambiental del PRDU se aborda el tema de las amenazas y riesgos naturales, que a modo de contexto, se presenta a continuación, según provincias

##### i) Provincia de Chañaral

En la provincia de Chañaral se analizó la cuenca del río Salado y parte de la cuenca de Pan de Azúcar. La tendencia es a presentar áreas de riesgo potencial alto y medio. Esto sucede por la baja cobertura vegetal que existe en la zona, debido al predominio del clima desértico normal. La aridez de esta zona provoca acumulación de material sin cohesión más que erosión; estos materiales se depositan en las quebradas y en que se desencadenan precipitaciones extraordinarias se activan procesos de remoción.

*Riesgo Potencial Alto:* Este tipo de riesgo significa que son áreas extremadamente frágiles frente a precipitaciones extremas y la probabilidad de que ocurra deslizamiento de material sin cohesión es alta. Las características corresponden a suelos con una cobertura < al 10% y pendientes por sobre los 15°-20° de inclinación. Si se planifica utilizar estas áreas se recomienda realizar estudios que consideren más variables y una escala menor que 1:50.000, que ayuden a precisar el nivel de riesgo. *Riesgo Potencial Medio:* Este tipo de riesgo significa que son áreas moderadamente frágiles frente a precipitaciones extremas y la probabilidad de ocurra deslizamiento de material sin cohesión es media. La fragilidad en estas zonas es de alta a media pero la hidrodinámica de las cuencas es de media a baja. Al respecto el PRDU recomienda la realización de estudios que precisen el nivel de riesgo. *Riesgo Potencial Bajo:* Este tipo de riesgo está asociado a una fragilidad de media a baja y con un potencial erosivo de la misma magnitud. Los suelos con este tipo de riesgo son los que concentran una menor superficie a nivel provincial respecto de aquellos suelos con un potencial de riesgo alto y medio; ello debido a que la mayor parte de la superficie de la provincia tiene suelos descubiertos que potencian la inestabilidad de las laderas (Tabla N°2).

##### ii) Provincia de Copiapó

En la provincia de Copiapó se analizó la cuenca Río Copiapó. Ésta presenta una tendencia a las áreas de riesgo potencial alto a medio y en menor medida riesgo potencial bajo.

*Riesgo Potencial Alto:* Las áreas se localizan en las zonas que presentan fragilidad alta a media, potenciada por la falta de cobertura de vegetación (< 10%) y un potencial erosivo de alto a medio. Estas zonas se localizan en la depresión intermedia y en la Cordillera de los Andes. En ésta última unidad se potencia el riesgo debido a la erosión de las cuencas y la pendiente, sin embargo, estas zonas tienden a ser más estables que las anteriores por el material sólido de la cordillera. Si se planifica utilizar estas áreas, el PRDU recomienda realizar estudios que consideren más variables y una escala menor que 1:50.000, que ayuden a precisar el nivel de riesgo. *Riesgo Potencial Medio:* Son áreas moderadamente frágiles frente a precipitaciones extremas y la probabilidad de que ocurran es media. La fragilidad en estas zonas es de alta a media pero la hidrodinámica de las cuencas es de media a baja, lo que modera el riesgo potencial. Las zonas que se encuentran en la depresión intermedia presentan una baja fragilidad porque la pendiente es baja. En las zonas cordilleranas las laderas son más estables porque existe la presencia de formación vegetacional de matorrales, disminuyendo la posibilidad de riesgo. Se recomienda la realización de estudios que precisen el nivel de riesgo. *Riesgo Potencial Bajo:* Estas zonas se localizan en el litoral y en la cordillera de la costa, siendo la pendiente baja, presentando por lo tanto una mayor estabilidad. Las áreas identificadas en la Cordillera de los Andes son zonas de baja fragilidad y un potencial erosivo de medio a bajo. La estabilidad está dada por la presencia de vegetación. (Tabla N°2).

iii) Provincia de Huasco

La provincia de Huasco se analizó la cuenca del río Huasco, la que presenta zonas con un riesgo potencial de medio a alto y, en menor medida, potencial de riesgo bajo.

*Riesgo Potencial Alto:* Estas zonas se localizan en la unidad del macizo cordillerano, donde si bien existe desarrollo de vegetación, la pendiente es alta y la erosión de las cuencas es de alta a media, potenciándose el riesgo y generando inestabilidad en las laderas. *Riesgo Potencial Medio:* Estas zonas presentan un mayor desarrollo ya que están en función de una fragilidad de media a baja por la presencia de vegetación, lo que le da estabilidad a las laderas. Las zonas de riesgo bajo, se presentan en zonas de fragilidad baja, donde además existe una cobertura vegetacional alta, y las pendientes son moderadas a bajas. *Riesgo Potencial Bajo:* Estas zonas se presentan en sectores de fragilidad baja, donde además existe una cobertura vegetacional alta, y las pendientes son moderadas a bajas. (Tabla N°2).

## 2. Amenazas Naturales

### 2.1 Generalidades

De acuerdo a lo señalado en la Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial (SUBDERE, 2011), es imprescindible para el análisis de riesgo identificar las amenazas naturales que afectan cada una de las regiones y territorios, dada la heterogeneidad de Chile. Un ejemplo de ello son las amenazas naturales de origen hidrometeorológico las que se caracterizan fundamentalmente por las condiciones pluviométricas de cada región, las que corresponden a manifestaciones extremas de eventos comunes recurrentes. Es así que desde la región de Arica y Parinacota a la región de Atacama las precipitaciones se producen preferentemente en la Cordillera de los Andes y están asociadas al fenómeno conocido como el “Invierno Altiplánico”; desde la región de Coquimbo hacia el Sur, las precipitaciones se asocian a sistemas frontales, los que se pueden ver influenciados en su intensidad por los fenómenos conocidos de El Niño y La Niña. Este tipo de eventos se manifestará a través de crecidas, aluviones y deslizamientos.

**Tabla N°2**  
**Resultados de Riesgo Potencial de Remoción en Masa, por Provincias**

Provincia	Riesgo Potencial	Causas
Chañaral	Alto	Fragilidad alta, baja cobertura vegetal
	Medio	Pendiente moderada a alta; baja cobertura vegetal
	Bajo	Pendiente media a baja y baja cobertura vegetal
Copiapó	Alto	Fragilidad alta a media, potenciada por la falta de cobertura de vegetación (< 10%) y un potencial erosivo alto a medio.
	Medio	La fragilidad en estas zonas es alta a media pero la hidrodinámica de las cuencas es media a baja
	Bajo	La fragilidad es baja y el potencial erosivo medio a bajo, la estabilidad está dada por la presencia de vegetación
Huasco	Alto	La pendiente es alta y la erosión de las cuencas es alta a media, potenciándose el riego y generando inestabilidad
	Medio	La fragilidad es media a baja, por la existencia de vegetación lo que le da estabilidad a las laderas.
	Bajo	Zonas de fragilidad baja, donde además existe una cobertura vegetal alta; y las pendientes son moderadas a bajas.

FUENTE: PRDU Región de Atacama Año 2011.

En el caso de las amenazas de origen geológico, tales como los eventos sísmicos, ocurren en todo el territorio nacional, especialmente entre las regiones de Arica y Parinacota y región de Aysén, en la Península de Taitao, generándose dichos eventos al chocar la Placa Oceánica de Nazca contra la Placa Continental Sudamericana. En el extremo sur de la región de Magallanes también se produce un movimiento de la Placa Oceánica Antártica contra la Placa Continental Sudamericana de menor magnitud que la anterior y en menor medida también se produce actividad sísmica tanto por la actividad volcánica como de fallas menores en el continente.

Las amenazas naturales que se analizan en el presente informe consideran los episodios y procesos que afectan a escala regional. Si bien se catastra información de amenazas naturales a escala local/provincial el enfoque se centra en realizar un análisis a escala regional, pero también dando cuenta de la problemática a nivel local/provincial.

Es importante señalar que se ha considerado integrar al análisis de escala regional, la *Amenaza de Inundación por Crecida de Quebradas*, situación que si bien afecta a localidades puntuales y en episodios específicos, son comunes en gran parte de los centros poblados de la región. En el mismo sentido, se ha integrado la *amenaza por proceso de desertificación*, un tema relevante que tiene alcances y consideraciones en todos los sistemas territoriales de análisis que considera el Plan Regional de Ordenamiento Territorial. En la Tabla N°3 se presentan las Amenazas Naturales contempladas en el presente informe considerando la relevancia que presentan éstas a nivel regional. Es importante dejar consignado que se cuenta con diferentes niveles de información y enfoques de análisis, según tipo de amenaza. Por último, señalar que también se abordan en parte las amenazas antrópicas asociadas especialmente a las actividades mineras.

**Tabla N°3**  
**Amenazas Naturales contempladas para el análisis**

Fenómeno	Amenaza (1er. Orden)
Sísmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maremoto</li> <li>- Remoción en masa</li> <li>- Inestabilidad de laderas</li> <li>- Caída de material rocoso</li> <li>- Dispersiones laterales</li> <li>- Licuefacción</li> </ul>
Volcánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas de: bombas, piroclastos, lapillo, ceniza</li> <li>- Flujos piroclásticos</li> <li>- Lahares</li> <li>- Coladas o flujos de lava</li> <li>- Temblores</li> </ul>
Meteorológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granizo</li> <li>- Inundación por precipitaciones</li> <li>- Variación isoterma 0</li> <li>- Temperaturas extremas</li> <li>- Nevadas</li> <li>- Desertificación</li> </ul>
Hídrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inundación por crecida de ríos</li> <li>- Erosión</li> </ul>

FUENTE: Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial, SUBDERE, 2011

## 2.2 Fenómeno Sísmico

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos a los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. Su efecto inmediato es la transmisión de esa energía mecánica liberada mediante vibración del terreno a mediante ondas de diversos tipos, a través de la corteza y a veces del manto y el núcleo terrestre. (Leyton, 2009).

Chile es considerado uno de los países con mayor actividad sísmica, debido a su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico. Gran parte del territorio continental yace junto a la zona de subducción de la Placa de Nazca y bajo la Placa Sudamericana. Al sur

del istmo de Ofqui, en la Región de Aysén, la subducción es producida por la Placa Antártica, la cual lo hace a menor velocidad que la de Nazca y, por ende, es menos activa sísmicamente. En los territorios insulares, la sismicidad también es importante, debido a la formación de placas de menor grado en la isla de Pascua y el archipiélago de Juan Fernández debido a la triple unión entre las placas Pacífica y de Nazca. (Conte et al., 1991).

La zona de subducción en Chile tiene uno de los más altos niveles de actividad sísmica en el mundo, con grandes terremotos de  $M_w > 8$  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).

En Chile, varios estudios han mostrado una variación a lo largo de la unión de las placas, en el ángulo de inclinación de la losa, y la segmentación posible de la zona de subducción, bien expresada en la geología de superficie y la morfología (Barazangi y Isacks, 1976). La convergencia rápida está alojado terremotos intra-placa y terremotos superficiales asociados con sistemas de fallas intra-continental en la cordillera de los Andes y el Altiplano. (Leyton, 2009)

El estudio de los terremotos de Chile tiene una larga historia y las principales lagunas sísmicas, por ejemplo, Central de Chile (Constitución-Concepción 35 - 37° S) y el Norte de Chile (Antofagasta y Arica, 18 - 27 ° S), están llegando al final del ciclo sísmico con un alto riesgo de un terremoto en el siglo 21 (Kelleher, 1972; Nishenko, 1985). Desafortunadamente, la identificación de estas diferencias no soluciona el problema de la predicción a mediano plazo debido a la variabilidad del espacio y el tiempo de la actividad sísmica que ocurre a menudo en enjambres, cuyo origen sigue siendo sin ser esclarecido. Dentro de este fenómeno en el presente informe se analizan cuatro tipos de amenazas, a saber:

- *Amenaza por Terremoto*
- *Amenaza por Tsunami o Maremoto*
- *Amenaza por Licuefacción*
- *Amenaza por Inestabilidad de Laderas*

### **2.2.1 Amenaza por Terremotos**

A pesar que los terremotos a la escala humana parecen fenómenos bruscos, agresivos y en ocasiones de gran envergadura, con un marcado carácter de incertidumbre, éstos a la escala de los fenómenos que tienen lugar en el planeta, corresponden a suaves y lentos procesos que responden a una dinámica interna que por siglos ha atraído la curiosidad de los hombres. Es quizás debido a lo inesperado de su ocurrencia, o tal vez a su inusual potencia destructiva, a la cual no se está cotidianamente enfrentado a experimentar, que los terremotos corresponden a uno de los fenómenos naturales que más impacta al ser humano, tanto en su dimensión social como en lo personal (Conte et al., 1991).

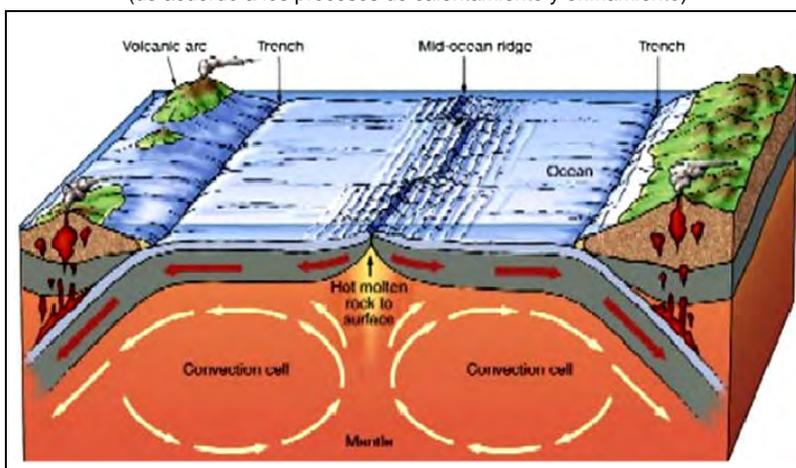
Comúnmente se suele asociar el término terremoto a "sacudidas de la superficie de la Tierra" o "vibraciones debido al paso de ondas elásticas causadas por bruscos movimientos en el interior de la tierra" (definición que se encuentra en los diccionarios). Sin embargo, la ciencia usa el concepto terremoto aplicándolo al fenómeno que tiene lugar en la fuente misma o desde donde se produce la radiación de energía. (OEA, 1984)

Los terremotos pueden ser de diferentes tipos: están aquellos que pueden ser acompañados de erupciones volcánicas como resultado de rápidos movimientos de magma, colapso de cavidades magmáticas o fisuramiento de las mismas durante el ascenso del magma por un dique o de la chimenea de un volcán; aquellos que se producen por grandes deslizamientos de tierra; aquellos por reventones de roca durante laboreo minero. Pero lejos los más importantes, tanto en términos de tamaño (magnitud) como en número, son los terremotos tectónicos, los que son causados por un rápido deslizamiento que tiene lugar en las fallas geológicas o bien por un deslizamiento repentino en las zonas de contacto entre dos Placas tectónicas. (Chow, 1964).

**Fig. 1**  
**Comportamiento de las capas externas de la Tierra**  
(de acuerdo a los procesos de calentamiento y enfriamiento)

Debido a su proceso de enfriamiento, las capas más externas de la Tierra son quebradizas o de comportamiento frágil y frente a las fuerzas tectónicas responden mediante fracturamiento (Figura 1).

Las fallas son fracturas en cizalla (corte) en las cuales el deslizamiento ocurre en una dirección paralela a la superficie de la fractura.



FUENTE: Presentación Felipe Leyton, 1er Seminario Riesgos Naturales, dentro del proceso de elaboración del PROT de Atacama, Copiapó 26/10/2011.

Este deslizamiento es resistido por la fricción debido a que las paredes de la falla se encuentran pegadas, soldadas una contra la otra, como resultado del esfuerzo compresivo que existe al interior de la Tierra a profundidades mayores que 1 a 2 Km. La capa quebradiza es de unos 10-50 Km. de espesor, y la deformación que ésta sufre como respuesta al campo de esfuerzos tectónicos, es manifestado principalmente mediante deslizamiento localizado en la fallas. Este deslizamiento ocurre casi enteramente mediante movimientos rápidos y abruptos, de carácter irregular, constituyendo así en esencia el fenómeno terremoto. La causa subyacente que permite explicar este comportamiento reposa en las propiedades de la fricción de muchos tipos de rocas. Estas, bajo las condiciones de presión y temperatura que la Tierra presenta en profundidad, son tales que la fricción presenta un comportamiento inestable conocido como *stick-slip*. Este se caracteriza por largos períodos en los cuales las superficies rugosas se mantienen solidarias por fricción, pero cuando el deslizamiento comienza, se produce una inestabilidad dinámica acompañada por un rápido y gran deslizamiento la que inicia todo el proceso del terremoto. Esta inestabilidad llega a producirse porque la fricción dinámica, la responsable en resistir el movimiento una vez que el deslizamiento ha comenzado, es menor que la fricción estática. (Chow, 1964).

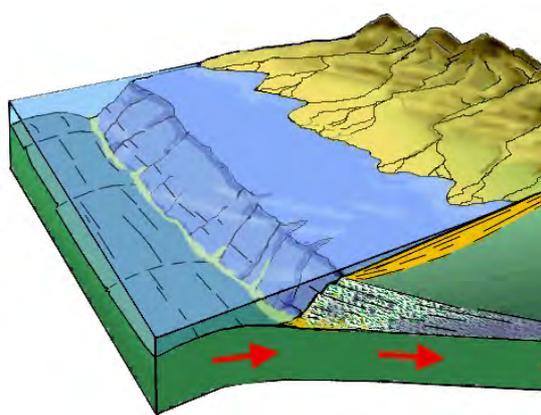
Una vez que la inestabilidad se ha manifestado, en un determinado dominio del plano de falla (nucleación del terremoto), ésta dinámicamente se propaga sobre la superficie de la

falla a una velocidad de ruptura cercana a la velocidad de las ondas de cizalla (ondas S) del medio, del orden de los 3.2 km/s, y se detiene sólo donde el frente de ruptura no puede dinámicamente superar la fricción estática. Al interior de este dominio que va creándose detrás del frente de ruptura y en el frente de ruptura mismo, es donde se materializa el deslizamiento sísmico (el proceso terremoto). La velocidad de deslizamiento entre dos puntos ubicados respectivamente a ambos lados del plano de falla es típicamente del orden de 1 m/s y puede alcanzar valores aún mayores en el frente mismo de la ruptura. Es en el frente de ruptura desde donde se genera principalmente la radiación de ondas elásticas de altas frecuencias, las responsables en general del alto grado de agresividad que pueden alcanzar los movimientos sentidos en la superficie de la Tierra. (Chow, 1964).

Mirado a una escala global, los terremotos son el principal agente del tectonismo, el proceso mediante el cual se hace el paisaje de la superficie terrestre. Esto queda claramente evidenciado cuando observamos un mapa de distribución de la sismicidad global. Allí claramente podemos identificar las regiones y las estructuras tectónicamente más activas de la tierra. Las más destacadas corresponden a los límites entre las Placas, lugar donde se concentra la mayor parte de la deformación de la superficie terrestre<sup>2</sup>. (Leyton, 2009).

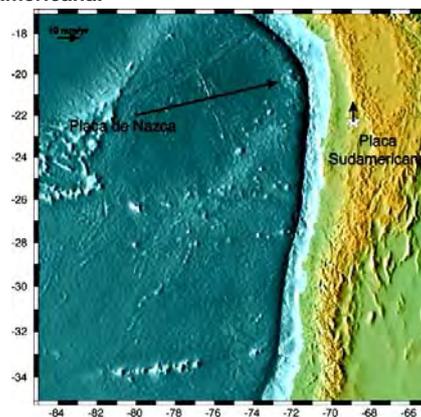
El contexto geodinámico de Sudamérica se representa adecuadamente en la Figura 2 y 3. La velocidad de convergencias entre las placas de Nazca y Sudamericana frente a Chile varía entre 6.5 a 7 cm/año. Estas velocidades han sido determinadas con precisión geodésica mediante observaciones de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) en las islas ubicadas sobre la placa de Nazca y sitios estables en Sudamérica, principalmente en localidades cerca de la costa Atlántica en Argentina y Brasil. Dicha convergencia es responsable de la ocurrencia de los grandes terremotos de subducción en Chile. Hacia el sur de la placa de Nazca (Península de Taitao, donde se encuentra el punto triple), es la placa Antártica la que penetra bajo la placa Sudamericana. (Conte et al., 1991).

**Fig. 2. Direcciones del movimiento del sistema de subducción interplaca entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana**



FUENTE: Leyton, F. 2011

**Fig. 3. Dirección y velocidad movimiento sistema de subducción interplaca entre P. de Nazca y P. Sudamericana.**

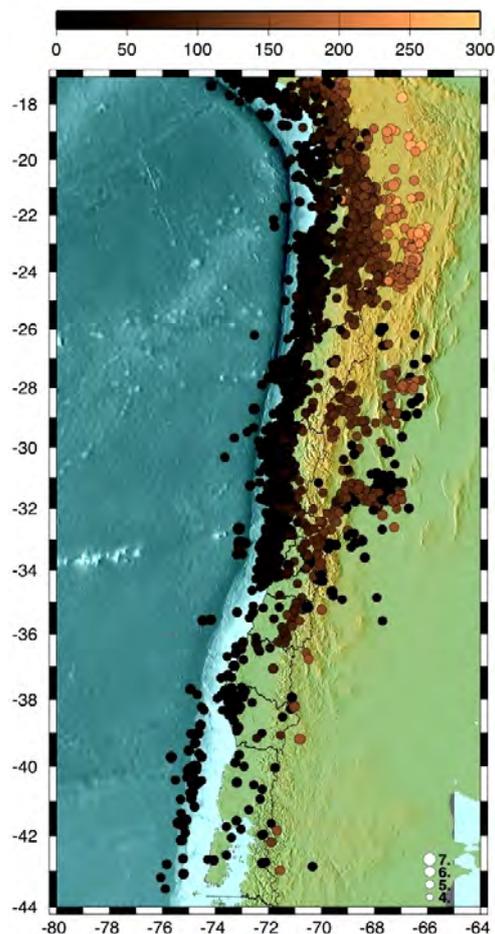


FUENTE: Leyton, F. 2011

<sup>2</sup> Cuando la convergencia es entre una Placa oceánica respecto a ya sea una Placa continental (caso en Chile donde la Placa oceánica de Nazca "subducta" bajo la Placa continental Sudamericana) u otra oceánica (caso en Marianas donde la Placa oceánica Pacífico "subducta" bajo la Placa oceánica de Filipinas). La subducción de una Placa corresponde a una penetración de la misma en el manto terrestre. La zona de contacto entre dos Placas convergentes focaliza la mayor parte de la deformación involucrada y la presencia de una fosa oceánica caracteriza el proceso. Detrás de estas fosas se encuentran los arcos de islas, formados por procesos volcánicos como resultado de un fenómeno de deshidratación progresivo y fundición parcial de la corteza oceánica arrastrada por la Placa oceánica en el proceso de penetración en el manto.

El estudio de los terremotos de Chile tiene una larga historia y las principales lagunas sísmicas, por ejemplo, Central de Chile (Constitución-Concepción 35°- 37° S) y el Norte de Chile (Antofagasta y Arica, 18°-27° S), están llegando al final del ciclo sísmico con un alto riesgo de un terremoto en el siglo 21 (Kelleher, 1972; Nishenko, 1985).

Desafortunadamente, la identificación de estas diferencias no soluciona el problema de la predicción a medio plazo debido a la variabilidad del espacio y el tiempo de la actividad sísmica que ocurre a menudo en enjambres, cuyo origen sigue siendo sin ser esclarecido (Figura 4).



**Fig. 4**  
**Ubicación Terremotos de Magnitud superior a 5 grados desde el año 1974 al año 2008**

FUENTE: Leyton, F. 2011

**a) Catastro de Terremotos que han afectado a la Región de Atacama**

En la Tabla N°4 se muestra el registro de los distintos terremotos que han afectado a la región, a partir del año 1796, fecha desde que cuenta con datos respecto a la medición de este tipo de eventos.

**Tabla N°4 Catastro de terremotos que han afectado a la Región de Atacama**

EPICENTRO	FECHA	MAGNITUD	ANTECEDENTES
Copiapó	24.08.1796	7.7 ER	Se sintió de Copiapó a La Serena. a La Serena. Se generó Tsunami en las localidades de Caldera y Huasco
Copiapó	11.04.1819	8.3 ER	Un severo terremoto y posterior tsunami ocurrieron en el área de Copiapó. Este terremoto fue precedido por una serie de eventos precursoros que comenzaron con uno fuerte el 3 de abril a las 10:00 horas. Continuaron una serie de temblores hasta la tarde del día siguiente, cuando a las 16:00 horas ocurrió uno mucho más fuerte que hizo colapsar una de las iglesias y varios otros edificios, matando a varias personas. Las réplicas continuaron durante toda la semana hasta que el día 11 a las 23:00 horas ocurrió el terremoto que destruyó completamente la ciudad. El área en la cual se originó el terremoto dio lugar a un tsunami que fue registrado a lo largo de 800 kilómetros de la costa del área, incluyendo Huasco y Caldera. En el puerto de Constitución la nave Fortunata, que estaba anclada, fue varada y golpeada contra las rocas. El epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 71,5° W y magnitud estimada: 8,5 Richter. Largo estimado de la dislocación: 350 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 4m en Caldera.
Caldera-Copiapó	05.11.1822	7.6 Ms	Fueron dos terremotos - TD en el litoral mar entró +600m. Hubo víctimas
Copiapó	26.05.1851		
Caldera	05.10.1859	7.6 ER	A las 8:00 horas ocurrió un fuerte terremoto en Copiapó, que causó la destrucción total de 115 hogares, mientras que 224 fueron declarados no aptos como vivienda. La línea del ferrocarril a Caldera fue destruida en una extensión de 25 kilómetros. También se dañaron muchos edificios en Tierra Amarilla y las instalaciones portuarias en Caldera, en este caso debido al tsunami. El nivel del mar descendió alrededor de 6 metros y el fondo de la bahía quedó al descubierto en una extensión de más de 150 metros desde el nivel de marea baja. El epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 70,0° W y magnitud estimada: 7,5-7,7 Richter. Largo estimado de la dislocación: 0, Variación máxima del nivel del mar: 6 metros en Caldera
Caldera	08.06.1909	7.6 ER	
Chañaral	02.09.1909	7.6 ER	Se sintió de Chañaral a Vallenar
Caldera (Podría tratarse de réplica al temblor de Taltal, misma fecha)	04.12.1918	7.7 Ms	Víctimas: 23 muertos. Apuntes: Terremoto en Copiapó ocurrido a las 07:44 horas, generando la destrucción de un 21% de las viviendas de la ciudad. En Caldera el muelle del ferrocarril tuvo daños. Después de terremoto, el mar se recogió lentamente, retornando cuatro o cinco veces sin causar grandes daños. El epicentro del terremoto: latitud 26,0° S; longitud 71,0° W y magnitud calculada: 7,6 Richter. Largo estimado de la dislocación: 90 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 5 metros en Caldera
Caldera-Huasco	10.11.1922	8.3 Ms	Tsunami: Se generó un tsunami de moderado a violento extensos daños. Arribó a Hilo, Hawaii en 14.5 horas con olas de 2.1 metros cada 20 minutos, daños. A Honolulu tardó 15 horas, tren cada 23 minutos y ola de 0.3 metros. En San Diego 0.2 m y en San Francisco 0.3 metros. Víctimas: 800 muertos. Apuntes: Terremoto en la provincia de Atacama, con una zona de destrucción desde Copiapó a Coquimbo, ocurrido a las 23:53 horas. En Copiapó hubo alrededor de 500 víctimas del terremoto. El tsunami arribó inmediatamente a la sección costera entre Huasco y Caldera. El movimiento inicial aquí fue un gradual ascenso del nivel del mar. El período de ondas sucesivas fue de 15 a 20 minutos. El primer ascenso en Caldera fue de alrededor de 5 metros sobre la marea alta y el más grande se estimó en 7 metros sobre la marea alta. En Chañaral el tsunami fue muy destructivo. Alcanzó una altura de 9 metros sobre la alta marea pero su ascenso fue lento. Posiblemente la mayor parte de los daños fue causada por el retiro de las aguas.

PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

			<p>En Coquimbo, el tsunami arribó dos horas después del terremoto, donde la tercera onda que fue la mayor, alcanzó 7 metros sobre el nivel medio del mar, ahogándose varios cientos de personas. El tsunami fue registrado a lo largo de casi toda la cuenca del océano Pacífico. Epicentro del terremoto: latitud 28,5° S; longitud 70,0° W y magnitud calculada: 8,4 Richter. Largo estimado de la dislocación: 390 kilómetros, Variación máxima del nivel del mar: 9 metros en Chañaral.</p> <p>Nota de Geovirtual, Copiapó: Fuerte terremoto en Copiapó, Vallenar, Caldera y Huasco.</p> <p>En la Región Atacama y Coquimbo la cifra de fallecidos llega a 3000. Solo en Vallenar se cuenta 409 muertos y 300 heridos. En Copiapó el terremoto destruye entre otros el teatro rojo. Huasco casi completamente se queda destruido. Tres olas de Tsunamis destruyen grandes partes de Caldera y el ferrocarril. En Bahía Inglesa se queda una laguna grande. Era un día Viernes a las 23:45</p>
Océano Pacífico CA Caldera	06.09.1942	6.8 ER	VICTIMAS: 5 muertos 16 heridos 705 damnificados
Caldera	03.08.1979	7.0 Ms	Se sintió desde Antofagasta (TALTAL violento) a Combarbalá. Víctimas: 1 muerto   7 heridos
Caldera	04.10.1983	7.3 Ms	Se observó variación de marea en Valparaíso. Sentido en Argentina, Bolivia y Brasil. Víctimas: 5 muertos
Vallenar	15.08.1987	6.0 ER	Chañaral - Caldera - Copiapó - Tierra Amarilla - Freirina
Al N de Copiapó	30.03.1988	7.0 ER	Víctimas:12 muertos   35 heridos   1375 damnificados
Caldera	14.08.1988	6.5 ER	CA Fosa de Atacama
30 km de Copiapó	18.04.2002	6.3 Mb	VICTIMAS: 699 damnificados
54 km NW Huasco	27.06.2002	6.3 MI	
46 Km SW Caldera	26.08.2004	6.1 MI	
56 Km W Caldera	30.04.2006	6.0 MI	
19 Km W Vallenar	16.07.2006	6.0 MI	
166 Km E Vallenar	12.09.2006	6.0 MI	
50 Km NE Huasco	26.03.2010	6.2 MW USGS	OBSERVATORIOS (Magnitud): USGS 6.2 Mw   GEOFON 6.3 mb   EMSC 6.2 mb
72 Km N Huasco	07.12.2011	6.1 MW USGS	Observatorios (Magnitud): USGS 6.1 Mw   GEOFON 6.0 mb   EMSC 6.1 mb ONEMI; Caldera, Copiapó, Huasco, Los Loros, Tierra Amarilla V. Alto del Carmen, Freirina, Vicuña IV. Chañaral, Coquimbo, La Higuera, La Serena, Vallenar, Villa Alemana III. Diego de Almagro, Paiguano II.

ER: Escala de Richter; MW: Magnitud a partir del momento sísmico; MI: Escala Mercalli y Ms: Magnitud Richter determinada con ondas sísmicas superficiales.

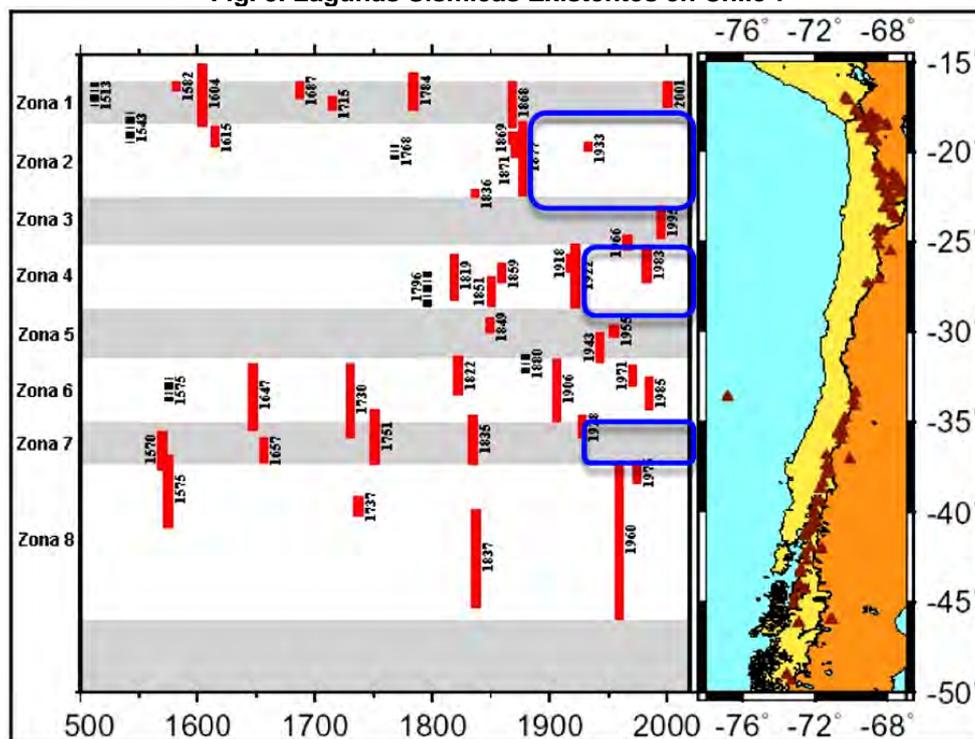
FUENTE: [www.sismo24.cl](http://www.sismo24.cl)

**b) Lagunas Sísmicas (GAP) en la Región de Atacama**

El estudio de los terremotos de Chile tiene una larga historia y las principales brechas sísmicas, por ejemplo, Central de Chile (Constitución-Concepción 35° S-37° S) y Norte de Chile (Antofagasta-Arica 18 ° S-27 ° S), están llegando al final del ciclo sísmico con un riesgo alto de avance de un mega terremoto en el siglo 21. La Zona de subducción en Chile está segmentada y cada segmento por sí solo puede producir grandes terremotos similares a los de Concepción (1835), Valparaíso (1906,1985), La Serena (1880,1943), Vallenar (1819,1922), Arica (1877) y Antofagasta (1995). Desafortunadamente, la identificación de estas lagunas o GAP no resuelve el problema a la predicción de mediano plazo, debido a la variabilidad espacial y temporal de la actividad sísmica que ocurre a menudo en enjambres, cuyo origen está todavía por dilucidar. (Conte y Pardo, 1991).

La zona de Vallenar, Huasco y Copiapó de la región de Atacama, en el norte central de Chile fue el escenario de grandes terremotos en 1819, 1859, 1922 y 1988 (Tabla N° X). El último acontecimiento importante en esta zona ocurrió el 18 de abril de 2002 con 699 damnificados cuyo epicentro se ubicó a 30 kilómetros al SurEste de la ciudad de Copiapó. Se detectan tres GAP sísmicos importantes en el norte y centro de Chile, que fueron abordados equipos de investigadores de Chile y Francia, donde se estima que en estas zonas se han registrado grandes terremotos en los últimos 130 años (Conte y Pardo, 1991). (Figura 5).

**Fig. 5. Lagunas Sísmicas Existentes en Chile<sup>3</sup>.**



FUENTE: Susa (2004). Presentación Felipe Leyton, 1er. Seminario de Riesgos Naturales dentro del proceso de elaboración del PROT de Atacama, Copiapó 26/10/2011.

<sup>3</sup> Es importante considerar que el GAP de Constitución ya fue liberado debido al terremoto del 27 de febrero del año 2010.

Esta malla fue diseñada para hacer que la red sensible a los movimientos transitorios que tienen lugar en la interfaz de subducción en esta zona. Donde todas las estaciones en esta área desde la costa hasta los Andes tienen aproximadamente la misma velocidad de 18 a 20 mm/año. Estas tendencias claramente, indican que la tensión en la Zona de Atacama es un promedio de dos veces menor que la velocidad de deformación promedio correspondiente a los perfiles medidos entre las latitudes 36 ° S y 38 ° S (correspondiente a Chillán a Temuco). Por lo tanto, se establecen movimientos diferenciales, no obstante, existe desplazamientos que hace inferir una preparación para un terremoto interplaca<sup>4</sup> en el futuro. (Conte y Pardo, 1991).

En el caso de la región de Atacama, esto se ve agravado por la presencia de la falla de Atacama que vuelve vulnerable en la superficie ya que en estos sectores se produce desplazamiento de bloques. De acuerdo al estudio de “Riesgo Sísmico para Chile” de Stuart P. Nishenko, la región de Atacama presenta un riesgo diferenciado en dos grandes zonas. La primera se localiza aproximadamente al norte del río Copiapó, en la que se identifica una probabilidad de 50 a 100% definida como alta. El segundo sector se localiza al sur de dicho río y de acuerdo a los métodos estadísticos utilizados la probabilidad potencial de un sismo oscila entre el 0 y 50% definido como bajo a medio. (Conte y Pardo, 1991).

El último evento de gran magnitud y destrucción en la región de Atacama se produjo hace 90 años, en noviembre de 1922 (Tabla N°4). Por lo tanto se estima que el lugar de desplazamiento del sismo de 1922 representa el GAP (o brecha sísmica) de 1922. (Conte y Pardo, 1991).

Finalmente, si se compara la deformación actual entre las zonas de Huasco, Illapel Concepción y Constitución, se observa una aparente acumulación de tensión en Huasco – Vallenar que es más débil en el extremo norte y sur de Chile. (Conte y Pardo, 1991).

En general, estas diferencias podrían estar relacionadas con las variaciones de la geometría de la subducción en la Zona Central de Chile, pero se ha demostrado que son variaciones dinámicas, en su mayoría relacionadas con cambios espaciales y temporales del acoplamiento de las placas, ya que en cada ciclo sísmico este cambia, por lo tanto se debe determinar en qué fase del ciclo sísmico este segmento específico de la Región de Atacama, se encuentra como parte de la extensa franja de subducción Chilena. (Castro, 2010)

### **c) Análisis Amenaza Sísmica Región de Atacama**

El presente análisis de la amenaza sísmica, se basa en los estudios desarrollado por Felipe Leyton<sup>5</sup>, el cual fue presentado por el autor en el “Segundo Seminario de Riesgos Naturales Región de Atacama”, efectuado en la ciudad de Copiapó el 13 de diciembre del año 2011, dentro del marco de construcción del PROT de Atacama.

---

<sup>4</sup> Aquellos que se dan en los límites de las placas tectónicas

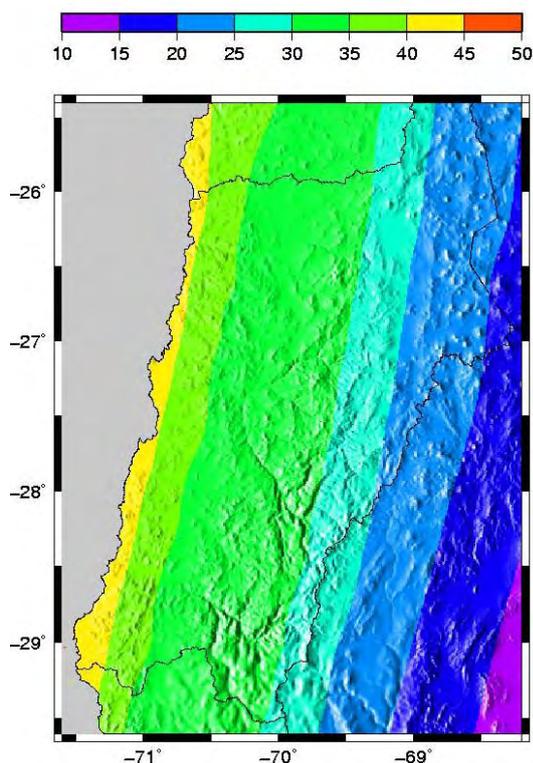
<sup>5</sup> Docente Universidad Diego Portales.

• Determinación de la estimación sísmica

La confección de las cartas de amenazas sísmicas realizada por Leyton F. (op cit), contiene los siguientes parámetros:

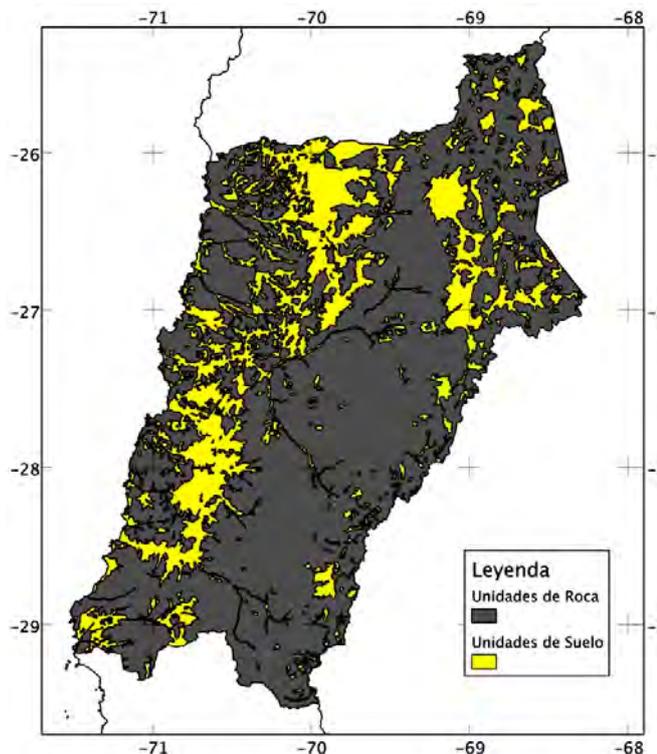
Magnitud:	8,8 Mw
Profundidad:	30 Kilómetros
Ubicación	Oceánica
Periodo de Retorno	500 años

Se generó el siguiente mapa sísmico (Figura 6).



**Fig. 6**  
**Mapa Sísmico Región de Atacama**  
FUENTE: Leyton, F., 2011

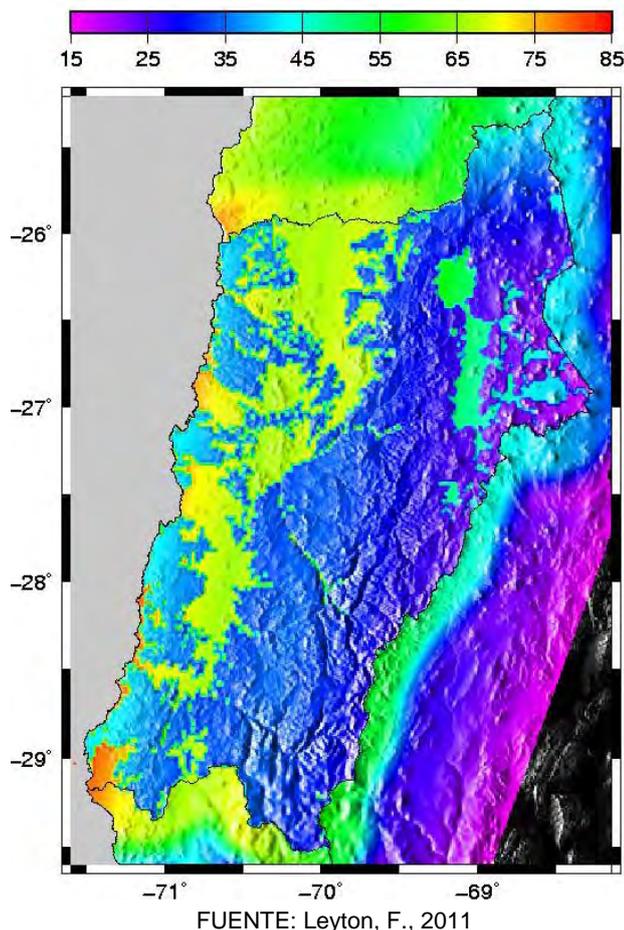
En lo que se puede observar en la simulación de un sismo de 8,8 (Grados Richter) el mayor efecto por la intensidad del sismo se genera en la costa, disminuyendo hacia el interior en intensidad. Sin embargo, al incorporar la variable suelo el mapa sísmico resultante difiere del anterior (Figura 7).



**Fig. 7**  
**Simulación Sísmica Considerando Variable Suelo Región de Atacama**  
FUENTE: Leyton, F., 2011

Al analizar las capas de información, el mapa sísmico resultante es el que se muestra en la Figura 8. En este mapa se puede observar que las mayores intensidades se registran en la zona en donde el sustrato es suelo, mientras que las menores intensidades se registran el sustrato rocoso. Punto a notar es lo que sucede en la costa, dado que el sustrato mayoritariamente es depositario (arenoso), registrándose las mayores intensidades, esto por efecto de las aceleraciones horizontales que recorren los sustratos (aceleraciones menores en sustratos compactos y mayores amplificaciones en sustratos poco consolidados). Es importante considerar que esta amenaza se ha analizado de acuerdo a antecedentes recogidos de la literatura y de presentaciones, por lo que se hace necesario un estudio más acabado respecto a la amenaza por terremotos en las ciudades más importantes de la región, con el fin de establecer cuáles son los riesgos para la población, tanto en términos de vidas humanas como en vivienda y salud.

**Fig.8**  
**Mapa de Sustrato de acuerdo a los antecedentes de Sernageomin. (Escala 1:1.000.000)**



Además de lo anterior, es importante considerar que dicha información será útil a la hora de establecer medidas de protección, mitigación y de gestión de los riesgos frente a este tipo de amenaza.

### **2.2.2 Amenaza de Inundación por Tsunamis**

Los tsunamis son ondas marinas de período largo generadas por eventos tales como los terremotos, actividad volcánica o deslizamientos de tierra submarinos. La cresta de estas ondas puede ser superior a alturas de 25 metros al llegar a aguas poco profundas. Las características singulares de los tsunamis (longitudes de onda generalmente mayores de 100 km, velocidades en el océano profundo hasta de 700 km por hora, y alturas de ola muy pequeñas en agua profunda) hacen que su detección y monitoreo sea muy difícil. Las características de las inundaciones costeras a causa de los tsunamis son las mismas que aquellas correspondientes a las inundaciones marinas. (Wilhite, 1987).

A nivel mundial, no se conocen tsunamis que amenacen la vida en el Océano Atlántico desde 1918. Pero sí son un problema serio en el Pacífico. De hecho, en el período

considerado entre 1900 y 1986 fueron observados 247 tsunamis en el Pacífico de los cuales 29% se generaron cerca de Japón. En el caso de América Latina, el tsunami más antiguo registrado ocurrió en 1562, inundando 1.500 km del litoral chileno. (Wilhite, 1987).

Aunque la configuración tectónica de las cuencas del Caribe indica que el área es susceptible a la actividad sísmica, estos terremotos rara vez son tsunamigénicos. Desde 1690 se han registrado sólo dos ocurrencias significativas. El tsunami de 1867 barrió con las poblaciones en Grenada, posiblemente mató a 11 o 12 personas en St. Thomas, y otras cinco en St. Croix. El evento de 1918 creó olas anormalmente grandes durante dos a tres horas en diferentes partes de la República Dominicana y mató a 32 personas en Puerto Rico. En vista de la rareza de estos eventos, sería difícil establecer una justificación económica para las medidas de mitigación. (Wilhite, 1987).

En las costas del Pacífico de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, y Chile, entre 1900 y 1983 han ocurrido 20 tsunamis que han causado víctimas y daños significativos. En 1868, un devastador tsunami ocurrió en Arica, territorio que en ese entonces pertenecía al Perú. Los barcos fueron desplazados cinco kilómetros tierra adentro por una ola que excedió 21 metros en altura. Esta y las olas subsiguientes de 12 m de altura barrieron la ciudad, matando a centenares de personas (Wilhite, 1987).

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades de hasta 900 km/h, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola, la que a veces alcanza alturas de hasta 25 m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante. (Wilhite, 1987).

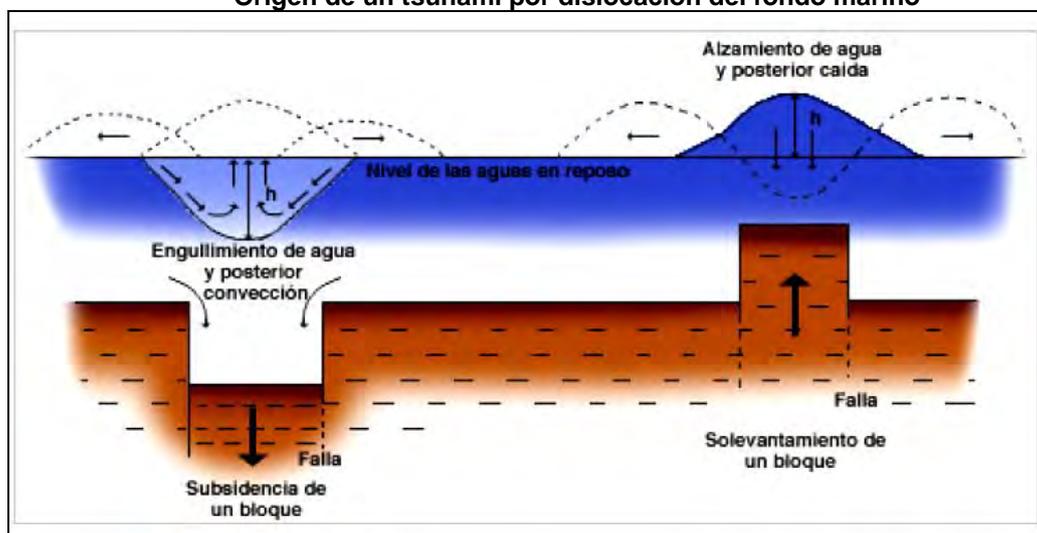
- Mecanismos generadores

Los principales mecanismos generadores de tsunamis son:

- Dislocaciones en el fondo del mar producidas por un terremoto, de magnitud superior a 6.5 en la escala de Richter, el cual provoca súbitos levantamientos o hundimientos de la corteza con el consiguiente desplazamiento de la columna de agua (Fig. 9). El tectonismo ocasiona el 96% de los tsunamis observados.
- Erupciones volcánicas submarinas que son responsables del 3% de ocurrencia de tsunamis.
- Deslizamientos en el talud continental, con 0.8% de ocurrencia.

Otros mecanismos naturales generadores de tsunami son el flujo hacia el mar de corrientes de turbidez o de lava, el desprendimiento de glaciares y, en forma artificial, las explosiones nucleares detonadas en la superficie o en el fondo del mar. Estos son fenómenos menos comunes pero de gran importancia por los efectos locales que producen ([www.directemar.cl](http://www.directemar.cl))

**Fig. 9**  
**Origen de un tsunami por dislocación del fondo marino**



FUENTE: [http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas\\_SPMAA/tsunamis.pdf](http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/tsunamis.pdf)

Es poco probable que terremotos de hipocentros poco profundos (menores a 60 Km.), con magnitudes inferiores a 6,4 en la escala de Richter generen un tsunami. Mientras que aquellos con magnitudes superiores a 7,75 pueden originar tsunamis de alto riesgo. Es preciso señalar que los terremotos de foco poco profundo constituyen un 75% del total de la energía sísmica liberada anualmente, presentando eso sí la mayor frecuencia relativa de ocurrencia en el mundo, alcanzando más del 72% ([www.directemar.cl](http://www.directemar.cl)).

#### **a) Tsunamis en la Costa de Chile**

Por ser un país ribereño del Pacífico, la generación de tsunami en Chile está asociada a la ocurrencia de grandes terremotos. Lo anterior se explica por la posición geográfica de nuestro territorio, en una costa de subducción (fosa chileno-peruana), donde convergen las placas tectónicas de Nazca y la Placa Sudamericana. Así, nuestro Chile es una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo, registrando su historia sísmica más de 30 sismos de magnitud superior a 7.5 en la escala de Richter. Esta realidad geotectónica convierte a Chile en una zona favorable para la generación de tsunami. Desde 1562 a la fecha, se posee información de 35 tsunamis de origen cercano a las costas chilenas, los cuales han generado daños de diversa magnitud. En el Cuadro N°1 se muestra la distribución territorial de estos eventos.

#### **b) Tsunamis en la Costa de Atacama**

Los tsunamis ocurridos en el litoral de Atacama han sido generados por terremotos interplaca como consecuencia de la tensión acumulada en la zona de subducción, donde convergen la placa de Nazca y la Sudamericana; por lo tanto, sus focos generadores se localizan próximos a la línea de costa, cercanos a las localidades de Chañaral, Caldera, Carrizal Bajo y Huasco. Desde principios del siglo XIX hay registros escritos de tsunamis en las costas de la Región de Atacama. En el Cuadro N°2 se señalan las características de los tsunamis ocurridos entre los años 1819 y 1960, con los eventos generados por tsunamis de campo cercano cuyas cotas máximas de inundación han sido inferiores a 10 metros. (Castro et al., 2010).

**Cuadro N°1**  
**Tsunamis Históricos de Campo Cercano Registrados en el Litoral de Chile**

Ubicación (Regiones)	Fecha	Grado M del Tsunami	Magnitud Sismo M (Richter)
TARAPACÁ	24-11-1604	3	8.4
	16-09-1615	1	7.5
	10-03-1681	1	7.3
	22-08-1715	2	7.5
	03-07-1836	1	7.3
	13-08-1868	4	8.5
	19-08-1869	1	7.3
	24-08-1869	1	7.4
	09-05-1877	4	8.3
ATACAMA	11-04-1819	3	8.4
	26-05-1851	1	7.5
	05-10-1859	2	7.6
	18-12-1918	2	7.5
	10-11-1922	3	8.4
	04-05-1923	1	7.0
COQUIMBO	17-11-1849	2	7.5
	06-04-1943	1	8.3
	12-04-1955	1	7.1
VALPARAÍSO	08-07-1730	4	8.8
	19-11-1822	2	8.5
	25-03-1871	1	7.5
	16-08-1906	1	8.5
DEL MAULE	01-12-1928	1	8.4
DEL BÍO BÍO	28-10-1562	3	8.3
	08-02-1570	3	8.3
	15-03-1657	3	8.0
	23-05-1751	3	8.5
	20-02-1835	3	8.3
LOS LAGOS	16-12-1575	3	8.5
	24-12-1737	1	7.8
	07-11-1837	3	8.0
	22-05-1960	4	8.4
AISÉN	21-11-1927	1	7.1
MAGALLANES	02-11-1927	1	7.3
	07-12-1949	1	7.5

FUENTE: [http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas\\_SPMAA/tsunamis.pdf](http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/tsunamis.pdf)

**Cuadro N°2**  
**Tsunamis Históricos de Campo Cercano Registrados en el Litoral de Atacama**

FECHA (AÑO, MES, DÍA)	EPICENTRO		MAGNITUD TERREMOTO	COTA MÁXIMA DE INUNDACIÓN (M)	LUGAR ESPECÍFICO
	Latitud S	Longitud W			
1819/04/11	27,00	71,50	8,5	4,0	Caldera
1851/05/26	27,00	71,60	7,5	1,5	Caldera
				3,0	Huasco
1859/10/05	27,00	70,00	7,7	5,5	Caldera
1868/10/13	18,48	70,33	8,5	-	Caldera
				-	Carrizal Bajo
1877/05/09	19,6	70,20	8,5	2,0	Caldera
				1,5	Carrizal Bajo
1918/12/04	26,00	71,00	7,5	5,0	Caldera
1922/11/10	28,50	70,00	8,4	7,0	Caldera
				9,0	Chañaral
1960/05/22	39,50	74,50	9,5	2,9	Caldera

FUENTE: Consuelo Castro A., Carlos Marquardt R. y Álvaro Zúñiga D., Revista de Geografía Norte Grande, 45: 21-39 (2010).

Los tsunamis de campo lejano se originan a distancias superiores a 1.000 kilómetros de la costa, y en el litoral de Atacama se han manifestado como tsunamis menores de los originados en Kamchatka en 1952, Aleutianas en 1957, Alaska 1964 y en Hawaii 1975, según se observa en el (Cuadro N°3).

**Cuadro N°3.**  
**Tsunamis históricos de campo lejano registrados en el litoral de Atacama**

FECHA (Año/Mes/Día)	REGIÓN FUENTE	RUNUP (M)	LUGAR AFECTADO
1952/11/05	Kamchatka	2,8	Caldera
1957/03/09	Aleutianas	1,3	Caldera
1975/11/20	Hawai	0,5	Caldera
1964/03/27	Alaska	-	Huasco

FUENTE: Consuelo Castro A., Carlos Marquardt R. y Álvaro Zúñiga D., Revista de Geografía Norte Grande, 45: 21-39 (2010).

- Antecedentes Históricos de Tsunami en la Región de Atacama

En el Tabla N° 5 se presentan los antecedentes históricos de los Tsunami ocurridos en la Región de Atacama.

Utilizando los registros históricos y una simulación numérica a través de la batimetría, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1998) determinó la cota de inundación por tsunami para las bahías de Chañaral, Caldera y Huasco simulando un terremoto similar al ocurrido en 1922.

**Tabla N°5**  
**Antecedentes Históricos de Tsunamis en la Región de Atacama**

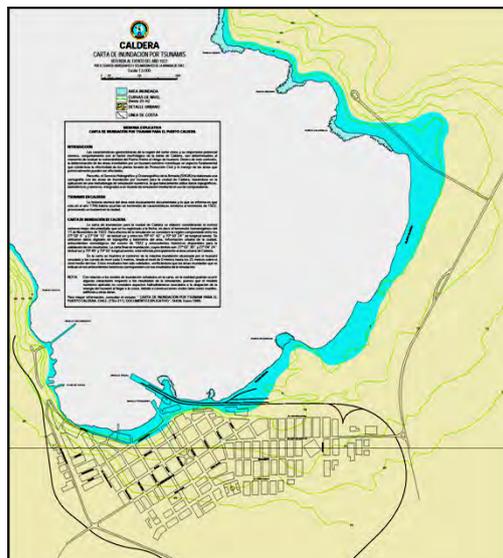
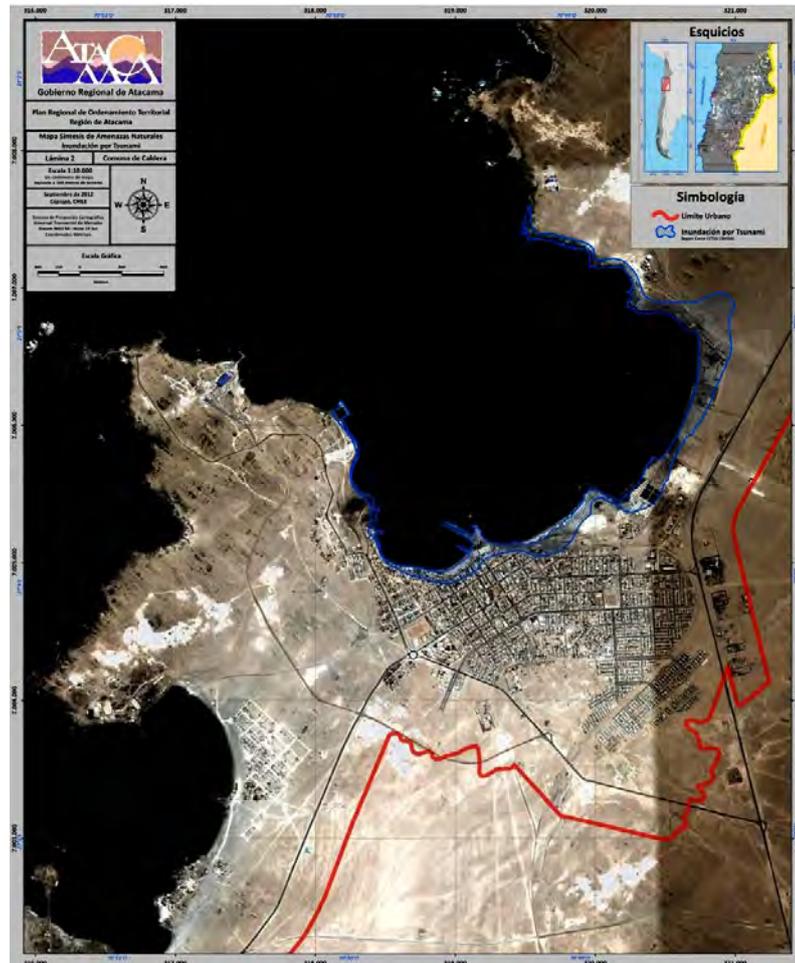
FECHA	ANTECEDENTES
11/04/1819	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El área en la cual se originó el terremoto dio lugar a un tsunami que fue registrado a lo largo de 800 kilómetros de la costa del área, incluyendo Huasco y Caldera.</li> <li>• Epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 71,5° W</li> <li>• Magnitud estimada: 8,5 Richter</li> <li>• Largo estimado de la dislocación: 350 kilómetros</li> <li>• Variación máxima del nivel del mar: 4 metros en Caldera.</li> </ul>
05/10/1859	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epicentro del terremoto: latitud 27,0° S; longitud 70,0° W</li> <li>• Magnitud estimada: 7,5-7,7 Richter</li> </ul>
04/12/1918	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terremoto en Copiapó.</li> <li>• Epicentro del terremoto: latitud 26,0° S; longitud 71,0° W</li> <li>• Magnitud calculada: 7,6 Richter</li> <li>• Largo estimado de la dislocación: 90 kilómetros</li> <li>• Variación máxima del nivel del mar: 5 metros en Caldera</li> </ul>
10/11/1922	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terremoto en la provincia de Atacama.</li> <li>• El tsunami fue registrado a lo largo de casi toda la cuenca del océano Pacífico.</li> <li>• Epicentro del terremoto: latitud 28,5° S; longitud 70,0° W</li> <li>• Magnitud calculada: 8,4 Richter</li> <li>• Largo estimado de la dislocación: 390 kilómetros</li> <li>• Variación máxima del nivel del mar: 9 metros en Chañaral.</li> <li>• El terremoto de 1922, ocasionó un maremoto que "inundó y arrasó con gran parte de los edificios del reguardo, la aduana, la estación, la maestranza de los ferrocarriles. La aduana tenía un edificio de madera que flotó al principio y luego se partió en dos".</li> </ul>
28/12/1966	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epicentro del terremoto: latitud 25,5° S; longitud 70,7° W</li> <li>• Magnitud calculada: 7,8 Richter</li> <li>• Largo estimado de la dislocación: 140 kilómetros</li> <li>• Variación máxima del nivel del mar: 0,8 metros en Caldera.</li> </ul>
13/03/2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se registró un Tsunami en las costas de Atacama, producto del gran terremoto de Japón, siendo una de las localidades más afectadas la Caleta Puerto Viejo.</li> </ul>

La carta de inundación está referida principalmente al área urbana de Chañaral. En ésta se muestra la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, sobre el nivel medio del mar, a partir de la cota 0 m. (Figura 10). Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.



**Fig. 10**  
**Carta de Inundación por Tsunami**  
**Puerto de Chañaral**  
 Fuente: SHOA, (1998)

La carta final de inundación para el Puerto de Caldera (Figura 11) está referida principalmente al área urbana de Caldera. En la carta de inundación se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar.



**Fig. 11**  
**Carta de Inundación por Tsunami Puerto de Caldera.**

Fuente: SHOA, (1998).



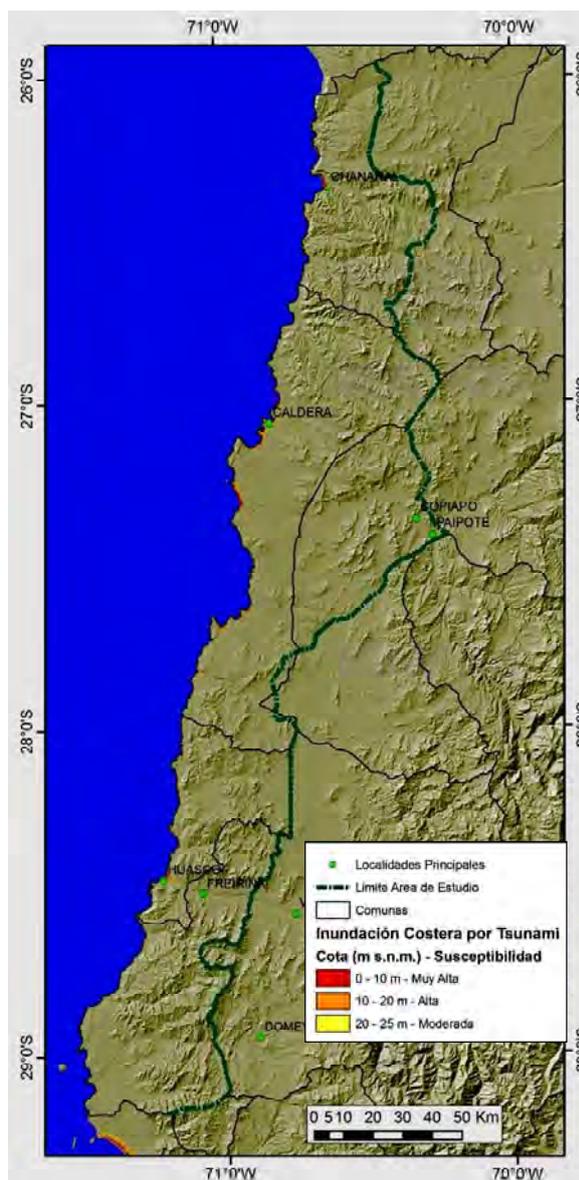
De acuerdo a la modelación realizada por el SHOA para estas bahías, la altura máxima de inundación es en promedio de ~13 m.s.n.m., pero no se indica qué levantamiento topográfico o restitución fue utilizado para este estudio. En consideración de lo anterior, para zonificar el resto de la región se utilizaron las cotas del Modelo Digital de Elevación SRTM “calibrando” los resultados obtenidos al área de inundación propuesta por el SHOA.

Para realizar esto se superpuso el área de inundación del SHOA con el modelo digital de elevación SRTM y se eligió el peor caso (la cota de inundación más alta reportada) como referencia para zonificar el resto del área de estudio y considerando un caso similar al del SHOA, es decir, el terremoto de 1922 (MS = 8.5). En función de lo anterior se generó la Figura 13. En ésta se considera como zona segura las cotas por sobre los 25 m.s.n.m., basándose en los datos del SRTM, considerando la incerteza asociada a un terremoto que alcanzara una magnitud mayor.<sup>6</sup>

La cota de 25 metros del SRTM es una zona insegura y corresponde, aproximadamente, a la cota de 20 m.s.n.m. de los levantamientos topográficos del IGM disponibles. De este modo, sobre los 20 m.s.n.m. de los levantamientos topográficos podría considerarse como cota segura.

Cabe destacar que estos mapas son considerados preliminares y pueden ser usados como referencia a una escala regional 1:50.000 o mayor y podrían considerarse correctos para un terremoto similar al de 1922. Sin embargo, en caso de un sismo de magnitud mayor al reportado, la altura máxima de inundación puede ser mucho mayor y debe ser analizado a través de un análisis de sensibilidad de un modelo numérico.

**Fig. 13**  
Zonas de Susceptibilidad Alta de Inundación en caso de Tsunami, en función de la cota sobre el nivel del mar



FUENTE: Estudio “Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama”. Año 2010. (PRICOST, 2010). HABITERRA S.A. (En proceso de aprobación)

<sup>6</sup> Estudio “Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama”. Año 2010. (PRICOST, 2010). HABITERRA S.A. (En proceso de aprobación).

Por lo mismo, se debe tener presente que en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación (niveles de inundación); ello debido a que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras<sup>7</sup>

### **2.2.3 Amenaza por Licuefacción.**

#### **a) Definición de Amenaza de Licuefacción**

La licuefacción corresponde al fenómeno donde un material sólido se comporta como líquido bajo sollicitaciones sísmicas. Las ondas sísmicas hacen aumentar la presión de agua presente en sedimentos, de forma que los granos de arena o limo pierden el contacto entre ellos, esto causa una pérdida de resistencia del sólido y lo lleva a comportarse como un líquido. Bajo estas condiciones, el suelo puede perder su capacidad de soporte de estructuras, producir deslizamientos (incluso en superficies con muy bajas pendientes) y formar volcanes de arena. Muchos de estos fenómenos son acompañados por asentamientos en las superficies, normalmente irregulares, dañando construcciones, infraestructura y cañerías (Habiterra, 2010)<sup>8</sup>.

Los suelos más susceptibles a la licuefacción son aquellos formados por depósitos jóvenes (producidos durante el Holoceno, depositados durante los últimos 10,000 años) de arenas y sedimentos de partículas de tamaños similares, en capas de por lo menos más de un metro de espesor, y con un alto contenido de agua (saturadas). Tales depósitos por lo general se presentan en los lechos de ríos, playas, dunas, y áreas donde se han acumulado arenas y sedimentos arrastrados por el viento y/o cursos de agua. Algunos ejemplos de licuefacción son arena movediza, arcillas movedizas, corrientes de turbidez, y licuefacción inducida por terremotos. (Habiterra, 2010).

Para la ocurrencia de licuefacción se requiere de tres factores<sup>9</sup>:

(i) Depósitos o suelos, granulares poco consolidados (suelos y no cementados) de tamaño fino a medio (limo a arena, aunque en algunos casos se ha presentado en arcillas y en gravas). Típicamente pueden ser rellenos artificiales, especialmente aquellos creados por relleno hidráulico (p.ej. puertos y tranques de relaves), depósitos eólicos (dunas), depósitos de playas, o de cursos de agua lo suficientemente jóvenes para estar sueltos. Los suelos con partículas de diferentes tamaños son menos propensos a sufrir licuefacción, debido a que las partículas menores tienden a rellenar los espacios entre las mayores, reduciendo así la tendencia a densificación del suelo y evitando los efectos del aumento de presión de agua. También influye la forma de las partículas que conforman el suelo, siendo un depósito de partículas redondeadas más susceptible de sufrir licuefacción.

(ii) Saturación de los depósitos por aguas subterráneas, el agua debe rellenar los espacios entre los granos de limo o arena. Puede producirse en zonas donde el nivel de agua

---

<sup>7</sup> Idem nota 4.

<sup>8</sup> Idem nota 6.

<sup>9</sup> Idem nota 6.

subterránea es somero como en desembocadura de cursos de agua, humedales, pantanos, vegas y zonas costeras.

(iii) Fuertes movimientos sísmicos, durante los cuales las ondas sísmicas aumentan la presión del agua contenida en los depósitos. Cabe destacar, que todo Chile, en especial desde la península de Taitao al norte, tiene el potencial de ser afectado por grandes terremotos.

#### ***b) Procesos de Licuefacción en la Región de Atacama***

En Chile, este tipo de remociones se asocia mayoritariamente a la explotación minera de cobre, que se realiza con minas subterráneas. En la región de Atacama se han registrado dos eventos de este tipo. El día 6 de marzo de 1993 se produjo un voluminoso cráter de hundimiento, 14.000 m<sup>3</sup>, en torno al caso urbano de la ciudad de Tierra Amarilla. Su origen estaría vinculado a laboreos subterráneos en la mina Santos, su desarrollo se relacionó con un abrupto incremento local en los niveles freáticos, en terrenos de cobertura fluvioaluvional. (Habiterra, 2010).

Otro proceso de subsidencia se registró en el sector de Monte Amargo, en el valle del río Copiapó. Se relaciona con descensos en los niveles freáticos en terrenos previamente ocupados por antiguas zonas pantanosas o vegasas.

Los sectores habitados de Bahía Inglesa, Caldera-Bahía Inglesa, Bahía de Huasco, se encuentran emplazados en suelos arenosos saturados por lo que presentan un riesgo potencial de licuefacción. También existe riesgo potencial en aquellos asentamientos que presentan condiciones de emplazamiento similares, como es el caso de las localidades de Puerto Viejo y Carrizalillo. Por otra parte, aquellas áreas/sectores que presentan napas freáticas sub-superficiales, como es el caso de las zonas de desembocadura de los ríos Copiapó, Huasco y esteros Totoral y Carrizalillo, también presentan un riesgo potencial para este tipo de amenaza. (Habiterra S.A., 2010)<sup>10</sup>.

Lamentablemente no se cuenta con mayores antecedentes para la región, siendo necesario, por lo mismo, la realización de estudios respecto a este tipo de amenaza, especialmente en los sectores señalados en los párrafos anteriores.

#### **2.2.4 Amenaza por Inestabilidad de Laderas**

Son eventos que se desencadenan por la actividad sísmica, en cuencas o quebradas muy escarpadas, en donde clastos de tamaño bloque van cuesta abajo tomando velocidad en función de su masa, en lo cual al llegar a sectores urbanos, a simas de laderas, o bien en carreteras donde puede traer consecuencias nefastas.

La fuerza gravitatoria es el factor de primer orden en la dinámica de laderas, pero, los factores climáticos, meteorológicos, sismológicos y biológicos pueden también jugar un importante rol en esta dinámica. En la Región de Atacama, las laderas se concentran principalmente en las cuencas de ríos, que es donde se ha generado la ocupación por parte de la población.

---

<sup>10</sup> Estudio "Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama". Capítulo Estudio Fundado de Riesgos. Año 2010.

Factores que favorecen los desmoronamientos de las laderas:

- Suelos Inestables.
- Pendiente acentuada de laderas.
- Escasa vegetación que dé protección de laderas y retarde el desplazamiento del material.
- Quebrada donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

**a) Factor Pendiente**

La pendiente de un territorio corresponde a la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal, expresada en porcentaje o en grados sexagesimales. Indica la aptitud del terreno para albergar distintas actividades a desarrollar en la zona. En el Tabla N°6 se distinguen las diferentes categorías de pendientes que reflejan limitaciones en el uso del suelo (Waters et al, 1996) <sup>11</sup>.

**Tabla N°6**  
**Categorías de Pendientes**

Pendiente		Viviendas Y Construcciones	Maquinaria De Construcción	Carreteras Y Vías Férreas	Agricultura
Grado	%				
> 15°	> 27	Desarrollo de construcciones y viviendas probablemente requiere extensas preparaciones y costosos trabajos precautorios para mitigar en algunos lugares los riesgos de inestabilidad de laderas	Construcción de caminos es difícil. El límite aproximado para la mayoría de las máquinas y vehículos pesados es 54%.	Construcción de carreteras y vías férreas requiere trabajos y costos crecientes al aumentar la pendiente. En general es más económico localizar las líneas férreas y carreteras mayores en terrenos de menor pendiente.	No es adecuado para rotaciones normales de cultivos, el costo de su cultivo es grande.
11-15°	20-27				Límite aproximado para el uso de tractores.
7 -11°	12-20		Problemas para la mayoría de los vehículos.		Problemas para tractores y uso de cosechadoras se hace muy restrictivo.
3 -7°	5-12	Desarrollo de construcciones y vivienda probablemente requiera costos elevados para su preparación.	Uso de vehículos de construcción se hace difícil.		Problemas en el empleo de máquinas de arado, desbrozadoras mecánicas, sembradoras y algunas cosechadoras
< 3°	< 5	Adecuado para la mayoría de los usos del suelo cuando no están presentes otras limitaciones físicas y no hay riesgo de inundaciones.			

FUENTE: Waters C.,et al, 1996) Citado en el Estudio "Diagnóstico Plan Regulador Comunal Alto del Carmen". Año 2008 (en proceso de elaboración)

La necesidad de disponer de estudios que permitan el conocimiento de la respuesta de los suelos ante un evento sísmico de las áreas urbanas desde el punto de vista del riesgo sísmico, permite evitar, o al menos minimizar los efectos catastróficos intrínsecos de un sismo y los indirectamente asociados.

<sup>11</sup> Citado en el Estudio Diagnóstico Plan Regulador Comunal Alto del Carmen, Año 2008 (en proceso de elaboración).

**b) Tipo de Roca**

Otro factor es el tipo de roca ya que la intensidad sísmica aumenta según el tipo de la misma. Efectivamente, en rocas duras como los granitos, el aumento de intensidad varía de 0.2 a 0.4. Para rocas friables no cohesivas el aumento es si son gravas de 1 a 1.5, para arena media 1.3 a 1.6, y en arena fina 1.4 a 1.8. Para suelos arcillosos arenosos la intensidad sísmica aumenta de 1.4 a 1.7. En rocas inundadas de grava 1.6 a 2, o de arena 2.2 a 2.8, y si es de arcilla aumenta de 2.4 a 2.8.

**c) Nivel Freático**

Otro problema a tener en cuenta es el aumento de la intensidad sísmica en relación de la profundidad del nivel freático. Cuanto menos profundo se encuentre el nivel freático, mayor será el aumento de intensidad sísmica con respecto al valor original del sismo (Cuadro N°4).

**Cuadro N°4  
Nivel Freático.**

Profundidad Nivel Freático	Aumento De Intensidad Sísmica
0-1	1
1-2	0.8
2-5	0.5
5-8	0.25
8-10	0.1
>10	0

Fuente: Diagnóstico Plan Regulador Alto del Carmen. Año 2008 (en proceso de elaboración)

Cabe destacar que la Zonificación Sísmica de Chile es regional, y para definir una Microzonificación Sísmica de las localidades es necesario realizar un muestreo de suelo y rocas en una malla de detalle cada 5 a 10 m, luego en laboratorio realizar mecánica de suelos (ingeniería) para definir el tipo de fundación a escala 1:100.

En la región no existen estudios acabados respecto a la amenaza por inestabilidad de laderas, sin embargo, en el estudio del Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen, se presenta una caracterización general de la amenaza y en forma particular un breve análisis de esta amenaza a nivel comunal.

**d) El Caso de la Comuna de Alto del Carmen<sup>12</sup>**

Según las normas de la Zonación Sísmica de Chile, efectuada por el I.N.N. *Diseño Sísmico de Edificios* (Norma Chilena 433), la comuna de Alto del Carmen se ubica en dos Zonas Sísmicas, a saber: la N° 2 y la N° 3. En estas zonas debe esperarse una aceleración efectiva por eventos sísmicos de 0.30 y 0.40 g respectivamente. Este mismo valor de aceleración sísmica debe emplearse en todos los cálculos estructurales de

<sup>12</sup> Extraído del Estudio "Diagnóstico del Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen". Habiterra S.A. Año 2008 (En proceso de elaboración)

proyectos de ingeniería, a menos que estudios detallados indiquen valores algo diferentes.

Se realizó una clasificación general de la respuesta sísmica del terreno teniendo en cuenta que las unidades geológicas presentan propiedades mecánicas similares. En caso de ocurrir un sismo la relación entre unidades se mantendría, siempre dependiendo de la intensidad y la distancia al epicentro. Para la localidad de Alto del Carmen, la zonación está conformada por tres unidades, variando desde la zona de buena respuesta sísmica, a regular respuesta, y mala.

Las áreas definidas como de buena respuesta sísmica pertenecen a la unidad geomorfológica de mediana montaña, la cual funciona como basamento de la cuenca. Una respuesta regular a un sismo está presente en la unidad geomorfológica de los abanicos aluviales, los cuales están constituidos por bloques angulares, grava gruesa y arena, sin cohesión asociados a flujos de detritos. Los niveles de terraza fluvial presentan material menos anguloso, gravas y arenas gruesas. La respuesta sísmica puede empeorar en zonas con niveles freáticos de poca profundidad. Las áreas de mala respuesta sísmica corresponden a depósitos de cauces fluviales, llanuras de inundación y relleno de valles. Generalmente estas unidades están constituidas por material reciente no consolidado con granulometría variada desde bloques de considerable tamaño a gravas y arena muy gruesa, funcionando como suelos poco estables.

Estos procesos de laderas se activan frecuentemente por la intervención del hombre y afectan vías de comunicación y población, como así también por sismos. Los deslizamientos son los que cobran el mayor número de víctimas y los daños materiales resultantes son extremadamente elevados. Los movimientos gravitacionales son de magnitud baja a elevada, relativamente frecuentes, de corta duración, con una velocidad inicial moderada a alta, con extensión limitada y dispersión espacial concentrada, y un período de retorno aleatorio.

De acuerdo a las observaciones de terreno y a los criterios definidos desde el estudio geomorfológico, se clasificó el peligro de inestabilidad de laderas en alto, moderado y bajo. Las unidades que presentan alto peligro a movimientos de terreno son los cauces primarios y secundarios y la llanura de inundación, con procesos relacionados a aluviones, los cuales pueden suceder en forma de flujos de detritos y de barro.

En las siguientes imágenes puede observarse la ocurrencia de *rodamientos* el cual origina la acumulación de coluvio por desmoronamiento y en paredones verticales la caída de bloques ubicados en la zona de confluencia de los ríos del Carmen y de El Tránsito y La Vega.

### Procesos en Confluencia Ríos del Carmen y El Tránsito



FUENTE: Diagnóstico PRC Alto del Carmen Año 2008 (en proceso de elaboración)

### Riesgo por Inestabilidad de Laderas en la localidad de La Vega (Comuna de Alto del Carmen)



Fuente: Diagnóstico Plan Regulador Alto del Carmen Año 2008 (en proceso de elaboración)

Dada la poca información existente en la región, se hace necesario establecer el grado de riesgo que genera la amenaza por inestabilidad de laderas. Necesariamente en las siguientes ciudades: Vallenar, Copiapó, Freirina y Tierra Amarilla.

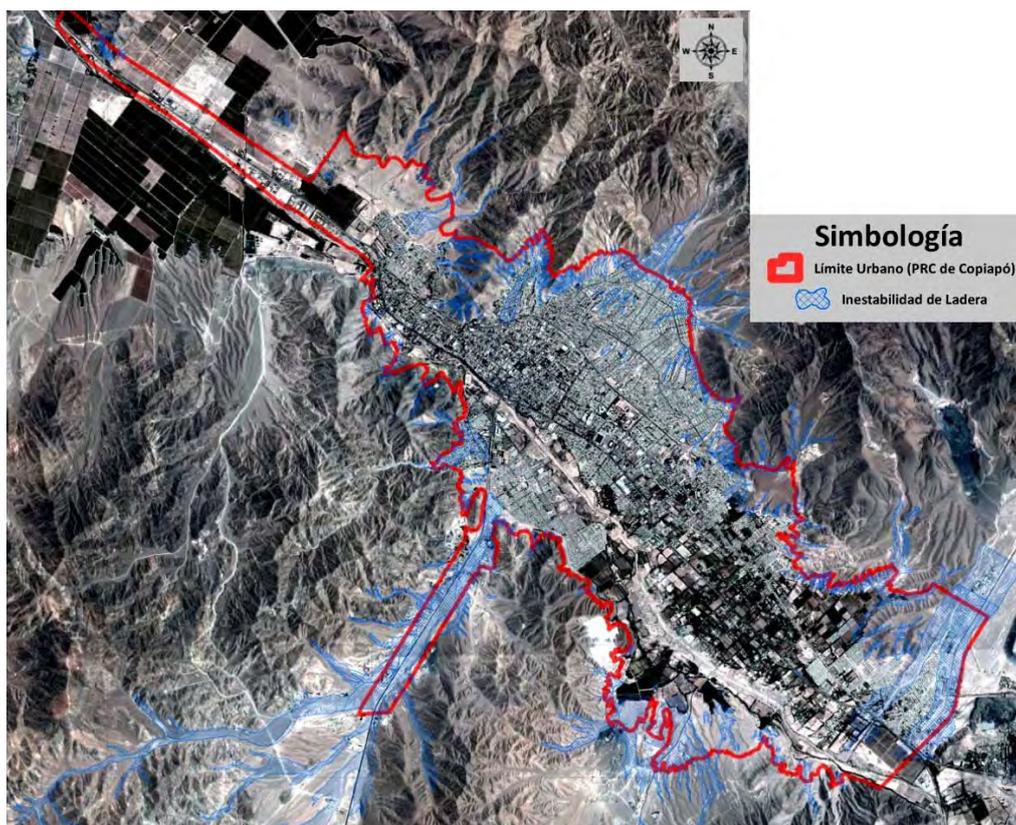
**e) El caso de la Comuna de Copiapó.**

En el Estudio fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador de Copiapó año 2010, se estableció una carta de pendientes generada a partir de las curvas de nivel cada 1 m., se zonificó la susceptibilidad de generación de deslizamientos y caída de bloques estableciéndose los siguientes criterios:

- Susceptibilidad Muy Alta de Generación: sectores con pendientes mayores a 35°
- Susceptibilidad Alta de Generación: sectores con pendientes entre 25° y 35°
- Susceptibilidad Moderada de Generación: sectores con pendientes entre 15° y 25°

Finalmente, se establecieron cuatro categorías de la zonificación de susceptibilidad de alcance de deslizamientos y caída de rocas. En el área urbana de la comuna de Copiapó, las zonas susceptibles de ser afectadas por deslizamientos o caída de rocas están principalmente asociadas a los cerros rocosos que rodean al valle y a las abruptas laderas generadas en los depósitos semi-consolidados del área de estudio producto de la incisión.

**Mapa Síntesis de Amenazas por Inestabilidad de Laderas – Comuna de Copiapó**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Estudio fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador de Copiapó año 2010

### **2.3 Fenómeno Volcánico**

Un volcán es una formación geológica que consiste en una fisura en la corteza terrestre sobre la que se acumula un cono de materia volcánica. En la cima del cono hay una chimenea cóncava llamada cráter. El cono se forma por la deposición de materia fundida y sólida que fluye o es expelida a través de la chimenea desde el interior de la Tierra. Se trata de un conducto que establece comunicación directa entre la superficie terrestre y los niveles profundos de la corteza terrestre y que cada cierto periodo de tiempo, expulsan lava, gases, cenizas y humo provenientes del interior de la Tierra. (MacDonald, 1972)

De una manera algo más formal puede utilizarse la definición de MacDonald (1972) en cuanto a que un volcán es aquel lugar donde la roca fundida o fragmentada por el calor y gases calientes emerge a través de una abertura desde las partes internas de la tierra a la superficie.

#### **a) Origen de los volcanes**

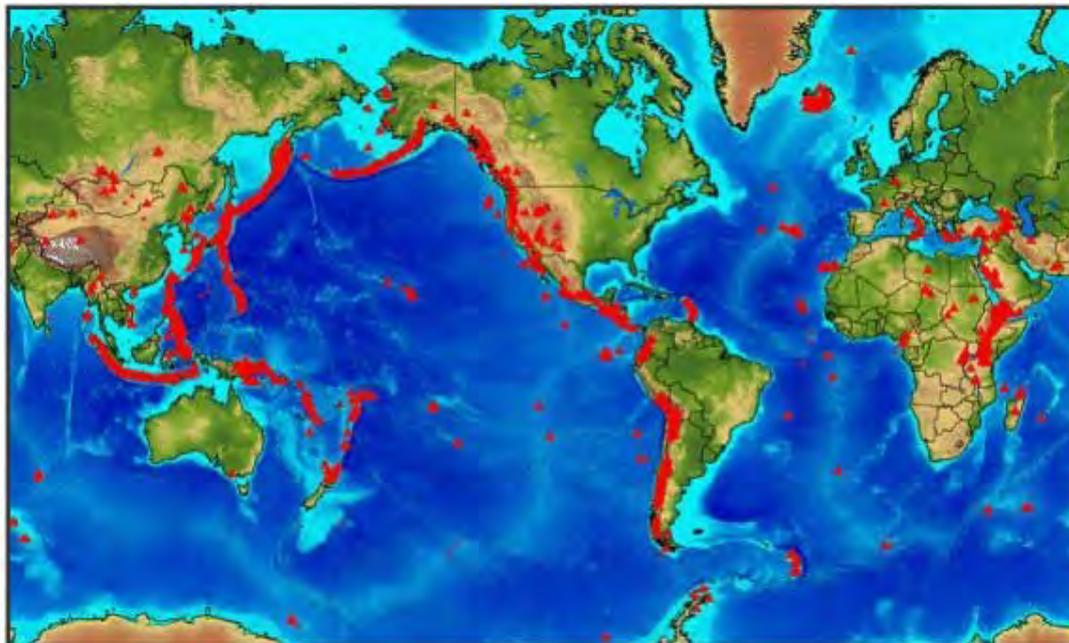
Los volcanes se pueden encontrar en la tierra así como en otros planetas y satélites, algunos de los cuales están formados de materiales considerados “fríos”; éstos son los criovolcanes; es decir, en ellos el hielo actúa como roca mientras la fría agua líquida interna actúa como el magma. (Cembrano y Lara 2009)

Por lo general, los volcanes se forman en los límites de placas tectónicas, aunque hay excepciones llamadas puntos calientes (*hot spots*) ubicados en el interior de placas tectónicas, como es el caso de las islas Hawái. También existen volcanes submarinos que pueden expulsar el material suficiente para formar islas volcánicas. Se originan por influencia de una bolsa de magma en el interior de la tierra. La bolsa de magma busca grietas para salir al exterior. Cuando la lava está saliendo, con el cambio tan brusco de temperatura se va solidificando. Cada vez que la lava sale al exterior y se solidifica, va aumentando el cono volcánico. (MacDonald, 1972)

#### **b) Localización geográfica de los volcanes**

La localización geográfica de los volcanes actuales está relacionada con la división en placas de la corteza terrestre. A medida que se fue enfriando la superficie de la tierra, fueron apareciendo zonas sólidas de materiales ligeros que flotaban sobre otros todavía fundidos. Estas zonas sólidas dieron lugar a las primeras masas continentales que son arrastradas por las corrientes de convección del interior de la tierra. Con el tiempo, han ido creciendo estas masas continentales, disminuyendo las corrientes de convección y aumentando la rigidez de las capas exteriores al irse enfriando la tierra. (MacDonald, 1972). (Fig. 14).

**Fig. 14.**  
**Distribución de los Volcanes en el Mundo. Se observa que la mayor concentración de estas estructuras se encuentra en los bordes de la Placas Continentales.**



En la actualidad, la superficie de la tierra está dividida en bloques, llamados placas tectónicas, que siguen moviéndose a diferente velocidad (varios centímetros por año). En los bordes de estas placas es donde se concentran las manifestaciones externas de la actividad del interior de la tierra; procesos orogénicos (pliegues y fallas), volcanes y terremotos. Estos bordes pueden ser convergentes, divergentes y transcurrentes. (MacDonald, 1972)

### **c) Clasificación de los volcanes y sus características**

Los volcanes se pueden clasificar según el tipo de lava, de emplazamiento tectónico, tamaño, localización geográfica, actividad, morfología, número de erupciones. A este respecto, existe disparidad de opinión entre científicos, vulcanólogos, geólogos y organismos. (MacDonald, 1972). Según la Agencia Científica de Ciencias Naturales de Estados Unidos, la mayoría de los geólogos clasifican a los volcanes en cuatro tipos principales: los conos de ceniza, los volcanes compuestos o estrato-volcanes, los volcanes en escudo o domos basálticos y los domos de lava.

#### *i) Clasificación por su forma*

De acuerdo a la clasificación según forma, se tiene que los geólogos han clasificado los volcanes en tres categorías morfológicas (MacDonald, 1972):

- Volcanes en Escudo: de grandes dimensiones, formado a partir de las capas de sucesivas emisiones de lavas muy fluidas, con escasas manifestaciones piroclásticas, formando edificios cónicos de pendientes muy suaves (6-8°), caracterizados además por cráteres de gran diámetro ocupados por lagos de lava. Es un término similar al de caldera volcánica.

- Conos de Cenizas: mini volcán formado principalmente por piroclastos expulsados a partir de una sola chimenea. Tiene un tipo de lava semisólida, compuesta por cenizas y lava viscosa. Normalmente producto de magma basáltico relativamente rico en gas, los conos de cenizas jóvenes tienen pendientes empinadas, con laderas de entre 30 y 40 grados.
- Conos Compuestos (también conocidos como estratovolcanes): es una gran estructura volcánica de apariencia casi simétrica compuesta por múltiples capas lava endurecida, depósitos piroclásticos y cenizas volcánicas emitidas a partir de una chimenea principal, esto mediante la alternancia de épocas de actividad explosiva, dándole así una forma cónica y una monumental altura. (MacDonald, 1972)

*ii) Clasificación por su tipo de erupción*

La temperatura, composición, viscosidad y elementos disueltos de los magmas son los factores fundamentales de los cuales depende el tipo de explosividad y la cantidad de productos volátiles que acompañan a la erupción volcánica. Esta clasificación fue tomada de acuerdo a Francis y Silva, 1990.

- Hawaiano: Se caracteriza por una abundante salida de magma bastante fluida, sin que tengan lugar desprendimientos gaseosos explosivos; estas lavas se desbordan cuando rebasan el cráter y se deslizan con facilidad por la ladera del volcán, formando grandes ríos, lagos de lava que pueden recorrer grandes distancias.
- Estromboliano: Las erupciones se caracterizan por ser explosiones intermitentes de lava basáltica que salen despedidas de un solo cráter o viento y están separadas por periodos de calma de extensión variable. El proceso de cada explosión corresponde a la evolución de una burbuja de gases liberados por el propio magma.
- Vulcaniano: Se desprenden grandes cantidades de gases de un magma poco fluido, que se consolida con rapidez; por ello las explosiones son muy fuertes y pulverizan la lava, produciendo una gran nube de gases cargados de ceniza, arena y fragmentos de rocas que alcanzan varios kilómetros de altura.
- Vesubiano: Se caracteriza por alternar erupciones de piroclastos con erupciones de coladas lávicas, dando lugar a una superposición en estratos que hace que este tipo de volcanes alcance grandes dimensiones.
- Peleano: Los volcanes de este tipo arrojan tal cantidad de cenizas y piroclastos, que pueden alterar el paisaje de forma significativa. Mientras que los flujos de piroclastos pueden rellenar valles, quebradas y altiplanos, las cenizas pueden sepultar vastas áreas lejanas al volcán y crear verdaderos desastres ambientales al oscurecer la luz del sol y enfriar extensas áreas.
- Maar: Se forman debido al contacto del magma con depósitos acuíferos grandes los cuales se mezclan y crean erupciones consistentes en lodo a altas temperaturas, gases y nubes de vapor, frecuentemente estos volcanes emiten nubes de gases tóxicos que pueden ser mortales.
- Erupciones submarinas: En el fondo oceánico se producen erupciones volcánicas cuyas lavas, si llegan a la superficie, pueden formar islas volcánicas. Las erupciones submarinas son más frecuentes que las de los volcanes que emiten en las tierras emergentes.

- Erupción Islándica o fisural: A pesar de que las erupciones volcánicas están relacionadas con estructuras en forma de cono, la mayor parte del material volcánico es extruido por fracturas en la corteza denominadas fisuras. Estas fisuras permiten la salida de lavas de baja viscosidad que recubren grandes áreas y se originan a lo largo de una dislocación de la corteza terrestre, que puede tener varios kilómetros.

#### **d) Material volcánico**

De acuerdo a los antecedentes aportados por MacDonald, 1972, la clasificación del material volcánico se divide en los siguientes:

- Flujos de Lava: Son lenguas coladas de lava que pueden ser emitidas desde un cráter superior, algún cráter secundario, desde una fisura en el suelo o sobre los flancos de un volcán impulsados por la gravedad; estos flujos se distribuyen sobre la superficie, según la topografía del terreno.
- Flujos Piroclásticos: Todo tipo de flujos compuestos por fragmentos incandescentes. Una mezcla de partículas sólidas o fundidas y gases a alta temperatura que pueden comportarse como líquido de gran movilidad y poder destructivo. A ciertos tipos de flujos piroclásticos se les denomina nubes ardientes.
- Los Lahares: Son flujos que generalmente acompañan a una erupción volcánica; contienen fragmentos de roca volcánica, producto de la erosión de las pendientes de un volcán. Estos se mueven pendiente abajo y pueden incorporar suficiente agua, de tal manera que forman un flujo de lodo.

### **2.3.1 Vulcanismo en Chile**

A lo largo de la Cordillera de Los Andes existen solo en nuestro territorio cerca de tres mil volcanes, desde pequeños conos de ceniza, hasta enormes calderas de varias decenas de kilómetros de diámetro. (Vergara et al, 1988). Donde las condiciones climáticas son de extrema aridez, varios de los volcanes se han preservado intactos por millones de años, siendo actualmente inactivos<sup>13</sup>.

En cuanto a volcanes activos, Chile posee 122 volcanes en esta situación en el territorio continental – que incluyen desde grandes volcanes compuestos de larga vida hasta numerosos grupos de pequeños conos recientes–, 7 en el territorio antártico chileno, 10 en las islas oceánicas y algunos volcanes submarinos sobre la llamada Dorsal de Chile frente al golfo de Penas. Sus morfologías y tamaños, así como su potencial peligro asociado son también variables.

#### **a) Erupciones históricas**

La primera información sobre erupciones volcánicas desde la era post hispánica corresponde a la crónica del Volcán Antuco, llamado volcán Angol por el sacerdote historiador jesuita Diego Rosales<sup>14</sup>, cuya erupción ocurrió en el año 1624, alertando a la

---

<sup>13</sup> Debido a esta realidad, en 1996 el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), con el apoyo del Gobierno Regional de la Araucanía, Conaf y la Dirección Regional de Arquitectura, creó el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS). (Lara et al, 2001).

<sup>14</sup> "Historia General del Reino de Chile"

población con sus emanaciones de humo y lava, así como por los temblores que lo acompañaron durante los ocho días que duró el fenómeno. (Lara et al, 2008).

Los volcanes que registran más episodios de erupción han sido el Llaima (8), el Villarrica (6) y el Antuco (4), seguidos del Peteroa (3), Lonquimay (3) y Calbuco (3). Las crónicas de los siglos XVI y XVII no siempre consignan con certeza el volcán en erupción, por lo que puede haber discordancia en las cifras. (Lara et al, 2008) (Cuadro N° 5).

**Cuadro N° 5**  
**Principales Erupciones Registradas en Chile**

Nombre Volcán	Año de Erupción
Huaina Putina	14 de Febrero de 1600
Antuco	1624, 1752, 1820
Chillán	1751
Peteroa	3 de Diciembre de 1762, Febrero de 1837, 1889
Tutupaca	30 de Marzo de 1802
San José	1822
Quizapú	1847
Nevados de Chillán	1861 – 1864, Agosto de 1906
Llaima	1872, Febrero de 1908, Enero de 1933, Febrero de 1937 – 1938, Junio de 1941, 1945 – 1946, 1956 – 1957.
Lonquimay	1887, Enero de 1933, Diciembre de 1989
Huequi	1893
Yate	1896
Riñinahue	Abril de 1907
Villarrica	Octubre de 1908, 1948 – 1949, Marzo de 1963, Marzo de 1964, Diciembre de 1971, 1984.
El Planchón	Junio de 1911
Calbuco	1893, Abril de 1917, Enero de 1929, Febrero de 1961,
Puyehue	1921 y 1922, Mayo de 1960
Tacora	Enero de 1930
Puntiagudo	Abril de 1930
Quizapú	Abril de 1932
Descabezado Grande	Junio de 1932
Carrán	Julio de 1955
Isla Decepción	Diciembre de 1967
Hudson	Agosto de 1971, Agosto de 1991
Chaitén	Mayo de 2008
Complejo Caulle	2011

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros de SERNAGEOMIN ([www.sernageomin.cl](http://www.sernageomin.cl))

### 2.3.2 Volcanes en la Región de Atacama

En Atacama existe muy poca información respecto a la actividad volcánica, aun cuando se cuenta con 7 volcanes, de los cuales solamente el Volcán Doña Inés se cuenta con un estudio en el que se determinó su formación hace 15 millones de años. A continuación se describe brevemente los volcanes presentes en la región, tomadas de los escritos de O. Rivera y C. Mpodozis en el año 1991.

a) Volcán Ojos del Salado

El Nevado Ojos del Salado es la segunda cumbre más alta de América y es considerado el volcán más alto del mundo (6.875 metros). Su cumbre se encuentra dividida entre Catamarca y la República de Chile. Es también el volcán activo más alto de la tierra. A gran altura posee una especie de géiser, señal de la furia interna de la tierra aún no aplacada. Está formado por dos picos y localizado en el sector meridional de la cordillera de los Andes (27° 08' de latitud S y 68° 35' de longitud O), en la línea de cumbres que actúa como frontera natural entre Chile y Argentina. (Fig. 15).

**Fig. 15**  
**Volcán Ojos del Salado**



El pico chileno se halla integrado en el ámbito regional de la puna de Atacama (región de Atacama), a 269 km al noreste de Copiapó, en tanto que el nevado argentino forma parte de la cordillera Frontal, subregión adscrita a Cuyo (provincia de Catamarca). Representa la cumbre más alta de los Andes meridionales y el volcán activo de mayor altitud del mundo.

b) Volcán Lastarria

El volcán Lastarria (también llamado Azufre), junto con el cordón del Azufre, es parte de un complejo volcánico cuaternario poligénico en el altiplano, en la frontera de Chile y Argentina. Dataciones de K-Ar sugieren una edad entre  $0.6 \pm 0.3$  millones de años y  $< 0.3$  millones de años. Si bien no se considera actualmente activo, el Lastarria presenta intensa actividad fumarólica en su cima, con grandes emanaciones de gases de azufre. En la salida de los conductos fumarólicos y sus inmediaciones, hay una cantidad considerable de depósitos superficiales de azufre nativo (amorfo y cristalino), así como cantidades menores (relativo al azufre) de otros minerales de alta sulfuración (rejalgar, oropimente y cinabrio). Uno de los aspectos más peculiares del volcán Lastarria, es la evidencia de flujos de azufre fundido (Naranjo et al., 1985), fenómeno muy raro y escasamente observado.

c) Volcán Doña Inés

El volcán Doña Inés es un estratovolcán que se alza hasta los 5.075 metros en la cordillera Claudio Gay, a unos 40 Km. al Este de la ciudad de El Salvador. Forma parte de un complejo volcánico integrado además por los volcanes Fortuna, Gemelas, La Nuez y Aluminio. Tiene dos conos parásitos emplazados al sur del principal y, excepto hacia sus partes más proximales, está compuesto fundamentalmente por material piroclástico. Su morfología, grado de erosión, mineralogía y petrografía, sugieren un origen miocénico inferior a medio, por lo que se habría formado hace 15 millones de años. (Fig. 16)

**Fig. 16**  
**Volcán Doña Inés**



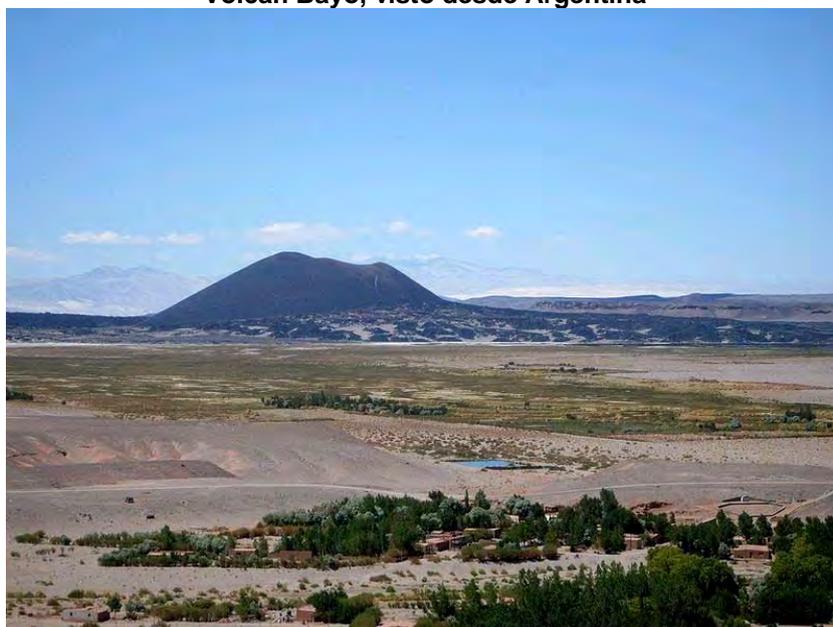
Inmediatamente al sur del volcán Doña Inés se extiende el salar de Pedernales, cuyo radio cercano a los 10 Km., y una superficie aproximada de 335 km<sup>2</sup>, convirtiéndolo en el más extenso de la región de Atacama. El salar se emplaza sobre una meseta que ronda los 3.300 metros de altitud, flanqueados por la Cordillera Claudio Gay desde el Este y la cordillera de Domeyko por el Oeste.

d) Volcán Bayo

Es un estratovolcán ubicado en la cordillera Frontal de los Andes, dentro de la provincia argentina de Catamarca, siendo las coordenadas de su cumbre principal<sup>15</sup> 27°16'51"S 68°31'29"O (S 27,28090 W 68,52488), aunque a solo unos 25 kilómetros del límite con la región de Atacama y a 50,4 Km al SSO del paso de San Francisco (internacional). Es uno de los volcanes más elevados de la tierra; su cumbre, siempre cubierta de hielos, alcanza los 6.436 msnm. Se halla al sudeste de otro gran complejo volcánico de múltiples cumbres (cráteres) denominado *Tipas Walther Penck*; sin embargo, son de composiciones geológicas diferentes e independientes (Fig. 17).

<sup>15</sup> Posee al menos 9 cumbres diferenciables.

**Fig. 17**  
**Volcán Bayo, visto desde Argentina**



e) Volcán Sierra Nevada

Conocida también como Sierra Nevada de Lagunas Bravas, es un complejo de volcanes cuya cumbre principal se sitúa según las coordenadas 26°29'36"S; 68°35'10"O, en la Cordillera de los Andes, entre Argentina y Chile. Esa cumbre, con una altitud de 6.173 msnm es un hito en la línea limítrofe entre ambos países. La falda con vertiente hacia Argentina está en territorio de la Provincia de Catamarca, mientras que la vertiente que da a Chile se ubica dentro de la región de Atacama (Fig. 18).

**Fig. 18**  
**Volcán Bayo, visto desde Argentina**



f) Volcán Solo

Situado en la frontera con Argentina este aislado volcán se encuentra prácticamente escondido entre los Nevados Ojos del Salado y Tres Cruces. Pertenece a la Cordillera Volcánica Ojos del Salado, siendo el Solo la última estribación de ésta hacia el Oeste. El Solo es un estrato volcán compuesto de casi una decena de centros eruptivos, que en un lejano pasado fueron el origen de lo que es hoy día: un cono volcánico de imponente forma (Fig. 19).

**Fig. 19**  
**Volcán Solo**



g) Volcán Copiapó

Conocido también como Cerro Azufre este volcán ubicado íntegramente en territorio chileno y perteneciente a una segunda área de protección del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, se caracteriza por ser un clásico entre los montañistas que visitan los macizos de la región de Atacama. Su alta valoración se debe a su acceso directo, a su entorno, y a que en su cumbre y cercanías se han encontrado vestigios de la cultura Inca, tal como una plataforma ceremonial embalsosada, además de estatuillas de plata con formas humanas y accesorios confeccionados con plumas (Fig. 20).

Este gigante solitario del Desierto de Atacama es un estrato volcán del cual no se tiene ningún registro de erupciones. Sin embargo, se sabe que alguna vez estuvo muy activo, hecho que se ve claramente reflejado en la presencia de siete conos “parásitos”, que nacieron como consecuencia de una intensa actividad que tiene que haber presentado el cráter principal.

**Fig. 20**  
**Volcán Copiapó**



## 2.4 Fenómeno Meteorológico

La región de Atacama posee características climáticas determinadas principalmente por la presencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur y la corriente fría de Humboldt. Estos, factores más la compleja topografía de la región, son las que determinan la baja tasa de precipitación de la zona, dando como resultado una región árida y con extensas superficies desprovistas de vegetación. Las escasas precipitaciones se concentran en los meses de invierno y su distribución depende en gran medida de la altitud y la distancia que se tiene de la costa, no superando por lo general los 100 mm/año.

En el desierto de Atacama existe una gran *amplitud térmica*<sup>16</sup> en los niveles cercanos a la superficie, con un fuerte contraste de temperatura entre las fases extremas del ciclo diario. Adicionalmente, en los valles y cajones aparecen brisas de valle - montaña y en los movimientos atmosféricos de pequeña escala, predominan efectos locales, como la interacción de la superficie, el relieve y también los efectos del calentamiento o el enfriamiento superficial (convección, estabilidad).

Los factores locales, el relieve, la temperatura, la disposición de los valles respecto a las mayores alturas y otros elementos se combinan transversal y longitudinalmente, estableciendo así cuatro variedades de tipos y matices climáticos para la Región de Atacama: el Clima Desértico Costero con Nubosidad Abundante, Clima Desértico Transicional, Clima Desértico Frío de Montaña y el Clima de Tundra de Alta Montaña (Figura 21).

El clima *Desierto Costero con Nubosidad Abundante* presenta un alto contenido de humedad relativa de un 74%, registrando precipitaciones extremadamente variables, principalmente en los meses de junio, julio y agosto, y excepcionalmente en los meses de primavera. En promedio, los días que anualmente registran lluvia varían de 1 a 4, y según a lo observado por los investigadores citados en figura nº2, disminuyen de sur a norte. La suma media anual es de 12mm en Chañaral, 24mm en Caldera y 37 mm en Freirina. Sin embargo, seis de cada diez años presentan una suma total de precipitaciones inferiores al promedio; y dos de cada diez, una suma anual con valores comprendidos entre el promedio y el doble del promedio. (Figura 22).

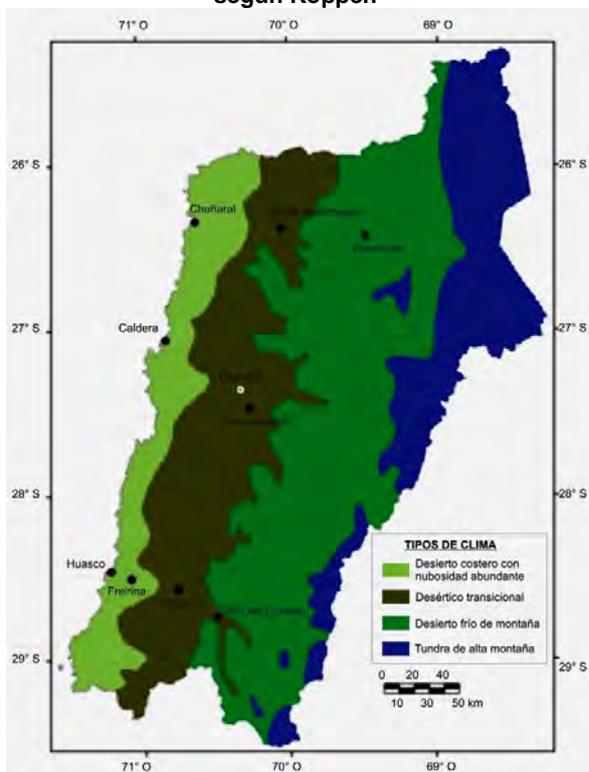
Entre los 1200 y los 1500 msnm se desarrolla el clima *Desértico Transicional*, sometido a la influencia del anticiclón del pacífico con precipitaciones invernales escasas y variables. Los días con precipitaciones en Copiapó son notoriamente inferiores a los promediados para la costa, ya que su frecuencia media es inferior a un día, lo que evidencia una mayor sequedad para este ambiente. Por otra parte, Vallenar aunque señala un promedio de 2 a 3 días con lluvia en el año, está también por debajo de esta media.

Por sobre los 1500 msnm y hasta aproximadamente los 4000 msnm se identifica un clima de *Desierto Frío de Montaña*, donde el ritmo de las temperaturas es regulado por la altitud. La característica más importante de este ambiente es la gran sequedad del aire, la que puede ser ilustrada por los registros de humedad relativa de Potrerillos, los que promedian 39% en enero, 23% en julio y una media anual de 28%.

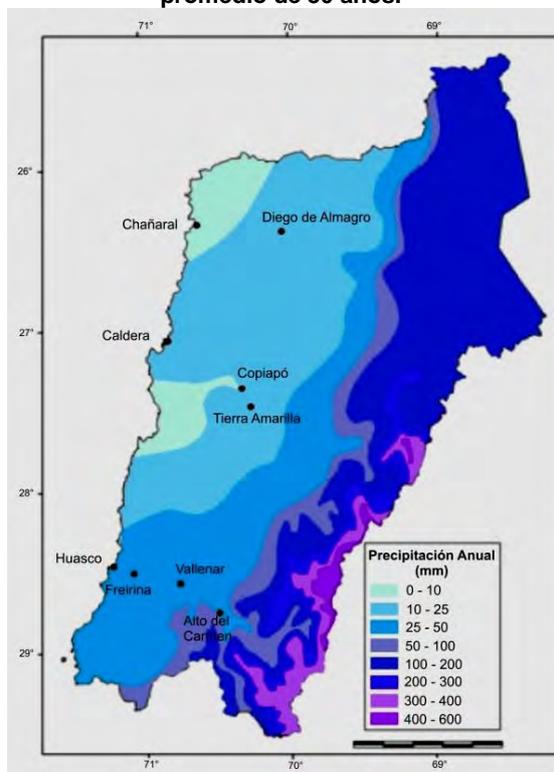
---

<sup>16</sup> Diferencia entre la t° más alta y la más baja registrada en un lugar o zona, durante un periodo de tiempo.

**Fig.21**  
**Clasificación tipos climáticos región de Atacama según Köppen**



**Fig. 22**  
**Mapa de precipitaciones, valores representan el promedio de 30 años.**



FUENTE: Elaboración propia según antecedentes de, Características climáticas región de atacama, Cristóbal Juliá, Sonia Montesinos & Antonio Maldonado

Bajo la denominación de climas de *Tundra de Alta Montaña*, se engloban aquellos ambientes que, debido a la altitud, presentan bajas temperaturas durante todo el año, con variaciones por debajo y por sobre los 0°C, pero que ni en verano alcanzan temperaturas mayores que 10°C. Las precipitaciones que varían según la latitud, se producen por lo general en forma de nieve, incluso aquellas que se presentan escasamente durante las tormentas de verano.

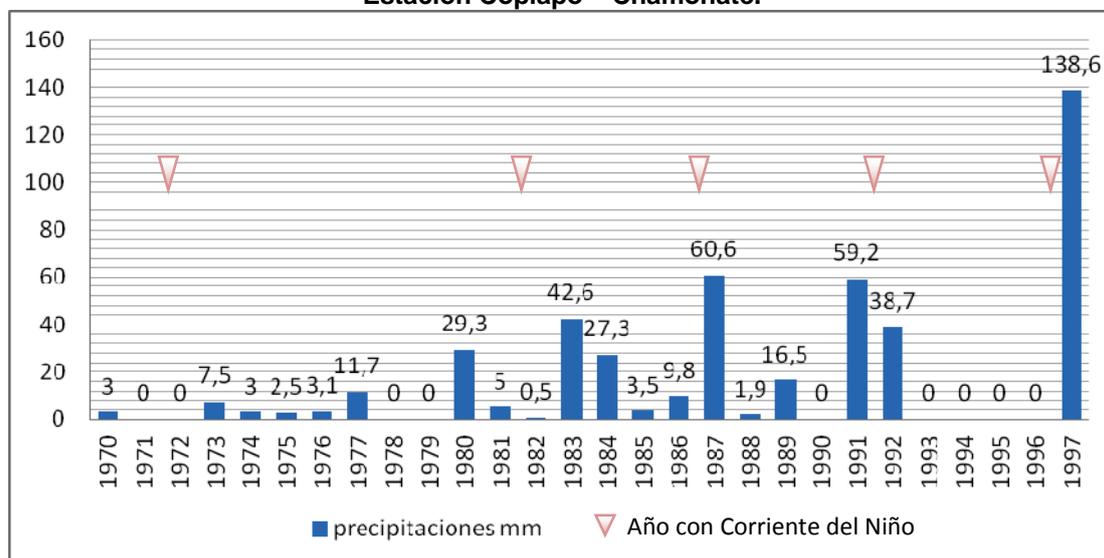
En la zona norte de Chile, y en específico lo que respecta a la región de Atacama, se ha fundamentado el vínculo entre la ocurrencia de los eventos del Niño con las lluvias intensas, las que en eventuales eventos extremos, pueden desencadenar flujos aluvionales, activación de quebradas e inundaciones por desborde de cauces de ríos. Se estima que durante el siglo XX en las costas del norte, se han registrado 18 eventos de El Niño, fenómeno que se produce cuando las aguas oceánicas presentan temperaturas superficiales más elevadas y una mayor evaporación, provocando cantidades de lluvias más altas. Por otro lado, en nuestro país existen muy pocos estudios que relacionen las intensidades de precipitaciones y este tipo de fenómenos, debido principalmente, a los escasos registros de intensidad de precipitaciones y de aluviones históricos.

Sólo durante las últimas décadas se han instalados pluviógrafos que miden la intensidad instantánea u horaria de precipitaciones (mm por hora) por lo que sólo se dispone de

registros más sostenidos en el tiempo de precipitaciones diarias (mm en 24 horas). Lo anterior dificulta los análisis de relación de estas variables, ya que a veces basta una lluvia “corta” pero extremadamente intensa para generar efectos de consideración sobre la población.

Durante el año 1991, intensas lluvias se dejaron sentir en el Norte Chico, con precipitaciones mayores a 30 mm en 24 horas reportadas en Caldera (39,4 mm), Copiapó (31,7 mm) y Chañaral (41,4 mm)<sup>17</sup>. Estas lluvias provocaron crecidas y desbordes de los ríos Copiapó y Huasco, causando inundaciones en las calles y viviendas<sup>18</sup> (Figura 23). También existen registros de cortes de caminos y líneas férreas ocurridas por activación de las quebradas y generación de flujos con alto contenido de carga sólida.

**Fig. 23**  
**Precipitaciones anuales asociadas a eventos del Niño. Período 1970 – 1997.**  
**Estación Copiapó – Chamonate.**



FUENTE: Elaboración propia en base a datos del “Estudio Fundado de Riesgo”. Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de Atacama 2011.

Se calcula que el período de retorno para lluvias de más de 30 mm en 24 horas es de 50 años, teniendo en consideración que los registros sobre precipitación en la región son de muy corta data, elemento que impide hacer estimaciones mayormente fundadas.

Las precipitaciones son en gran parte de tipo frontal aumentando de norte a sur, es decir con la latitud y con la altura (oeste a este), concentrándose casi exclusivamente en los meses de invierno, por ejemplo en localidades como Vallenar o Los Loros, llegando a marcadas diferencias como se muestra en el Cuadro N°6.

<sup>17</sup> Datos de la Dirección Meteorológica de Chile

<sup>18</sup> Estudio Fundado de Riesgos. Estudio “Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama”. Año 2010. (PRICOST, 2010). HABITERRA S.A. (En proceso de aprobación)..

**Cuadro N° 6**  
**Precipitación Promedio Anual (PPA) por Ubicación**

Sector	Altura (msnmm)	Acumulado PPA (Mm)
Caldera	10	17
Desierto Atacama	204	13
Copiapó	291	12
El Salvador	2.400	19
Vallenar	470	32
Los Loros	948	34

FUENTE: Elaboración propia, en base a datos Dirección Meteorológica de Chile. Nota: msnm= m.: metros sobre el nivel medio del mar

Los registros de precipitaciones en la Región de Atacama, así como en la ciudad de Copiapó, tienen como característica común su régimen esporádico con recurrencias de 10 años, asociadas a eventos de El Niño caracterizándose por su torrencialidad y por concentrarse en períodos cortos de tiempo (24 horas o menos).

El registro de precipitaciones de la ciudad de Copiapó (Cuadro N°7), muestra en recuadro color rojo, aquellos años en que se han sobrepasado los umbrales del *promedio climatológico*<sup>19</sup>. Los promedios actuales climatológicos para todas las estaciones de Chile son los periodos entre los años 1971 y 1990, y para la zona de Copiapó el promedio es de 11,24 mm. Con este promedio se puede observar en el Cuadro N°12, que para los años `80, `83, `84, `89, `91 y `92 se sobrepasaron estos umbrales, estableciéndose como años por sobre los límites normales.

Para los años `87 y `97 además se produjeron situaciones particulares, al mezclarse estos eventos pluviométricos con el fenómeno de la corriente de El Niño, años en que se generaron diversos estragos en la ciudad llegando a registrar incluso 138.6 mm de precipitaciones.

**Cuadro N°7**  
**Registro de Precipitaciones Ciudad de Copiapó Años 1976 al 1997**

Año	`76	`77	`78	`79	`80	`81	`82	`83	`84	`85	`86
Precipitaciones	3,1	11,1	0	0	29,3	5	0,5	42,6	27,3	3,5	9,8
Año	`87	`88	`89	`90	`91	`92	`93	`94	`95	`96	`97
Precipitaciones	60,6	1,9	16,5	0	59,2	38,7	0	0	0	0	138,6

Fuente: Elaboración Propia según datos estación Copiapó - Chamonate

Los registros de lluvias en la región tienen como característica común su régimen esporádico, con recurrencias de alrededor de 10 años, asociadas a eventos de El Niño, caracterizándose por su torrencialidad y por concentrarse en períodos cortos de tiempo (24 horas o menos). En la región de han registrado incluso más de 40 mm de agua caída en 24 horas, dicho monto es el valor umbral de la intensidad de lluvias críticas, que activan deslizamientos y remociones en masa en la región.

<sup>19</sup> Promedio de las precipitaciones anuales durante 30 años.

En el Cuadro N°8 se presentan los registros históricos de precipitaciones producidas en un día (valores absolutos) y que al compararse con los fenómenos del niño y la niña, se puede observar claramente que aquellas en que se sobrepasa el umbral del promedio climatológico para Copiapó, es precisamente en el año donde fenómeno del niño ha estado presente. Ejemplo de esto es la medición obtenida en el año 1997, año en que se registraron los mayores registros de lluvias producidas en un rango de 24 horas, provocando estragos en la zona, ya sea por activación de quebradas o por crecidas y desborde de ríos.

El último evento de consideraciones para la región de Atacama ocurrió en el año 2011, si bien no sobrepasó el umbral establecido para las lluvias críticas, si lo hizo para el promedio actual climatológico, generando algunos problemas de inundaciones en el sector céntrico y poniente en la ciudad de Copiapó, así como también algunos damnificados (Cuadro N°9).

Por último, y para dimensionar la real amenaza que representan los fenómenos meteorológicos, es importante revisar antecedentes documentados, los que entregan un contexto más tangible de las lluvias críticas que se producen en la región de Atacama. (Ver “*Imágenes Sobre Eventos Extremos Meteorológicos Región de Atacama*”), e “*Imágenes Fotográficas sobre efectos de lluvias en Copiapó*”.

**Cuadro N°8**  
**Valores Absolutos para la ciudad de Copiapó.**

<b>Precipitaciones máximas absolutas en 24 Hrs - Copiapó</b>			
PERIODO	PRECIPITACIONES	AÑO	FENÓMENO
Enero	-	-	-
Febrero	13,1 mm	1979	Niño
Marzo	8,3 mm	1984	Niña
Abril	23,5 mm	1999	Niña
Mayo	27,9 mm	1992	Niño
Junio	<b>58,6 mm</b>	1997	Niño
Julio	25,8 mm	1983	Niña
Agosto	<b>56,6 mm</b>	1997	Niño
Septiembre	3,0 mm	1974	Niña
Octubre	-	-	-
Noviembre	0,5 mm	1980	Niña
Diciembre	0,2 mm	1991	Niña

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Dirección Meteorológica de Chile, Jaime Leyton Aguirre

**Cuadro N° 9**  
**Precipitaciones año 2011, Ciudad de Copiapó**

JULIO 2011	PRECIPITACIONES
Días 7 y 8	21,6 mm
Días 30 y 31	7,6 mm

Fuente: Datos de la Dirección Meteorológica de Chile, Jaime Leyton Aguirre

**Imágenes Sobre Eventos Extremos Meteorológicos Región de Atacama**

Diario "Atacama" Viernes 13.06.1997 (Crecida Jueves 12 de Junio de 1997)

**Río en nivel máximo en últimos años**

▣ Cauce creció hasta límites ribereños y en parte norte de la ciudad inundó la Universidad.

El río de Copiapó creció al máximo de su nivel ribereño en horas de la tarde de ayer, luego de que el viejo cauce recogiera las aguas de las distintas quebradas de la ciudad y de la parte alta de la cordillera.

Según los informes de especialistas en el sector de Obras Públicas, el río incrementó rápidamente su caudal luego de que

te su caudal luego de que el cauce fue alimentado por el agua que escurría desde la parte alta de la cordillera, a lo que se sumó el agua de las quebradas en el sector Paipote y luego de las quebradas en la ciudad de Copiapó.

En el sector "Tomini", al otro lado de la ribera del río, la situación se tomó

altamente peligrosa, ya que hasta las 20 horas el río amenazaba con salir de su cauce y desbordarse hacia la parte sur de la ciudad, en el sector antes mencionado. Sin embargo, luego de arrastrar los escombros recogidos en la ciudad, el río se salió en la parte norte de la ciudad, anegando parte de la Universidad de Atacama,

donde se concentró la mayor parte de las basuras que el río arrastró desde la zona urbana de Paipote hasta lo recogido en la ciudad. En horas de la noche el río continuaba con su máxima altura, alcanzando mayor velocidad sus aguas, las que se transformaron en un peligroso torrente, histórico para esta ciudad.



Una de las situaciones que se originó ayer tras el peligroso escurrimiento de aguas y barro por las calles de la ciudad, las cuales se convirtieron en un verdadero río.

Diario "Atacama" Jueves 26.07.1987 (Crecida Lunes 25 de Julio de 1987)

E - MARTES 26 DE JULIO DE 1987 "ATACAMA"

**RIO COPIAPO SE SALIO DE SU CAUCE**

El río Copiapó creció en más de diez veces su caudal normal, y causó daños en puentes y arrasó con sus turbias aguas lo que encontró a su paso. Uno de los sectores más dañados fue el sector de Planta Ojancos, donde las caudalosas aguas arrastraron el puente peatonal e incluso, sus aguas inundaron la planta misma.

La crecida del río se registró alrededor de las 11 horas, y se salió de su cauce en varios sectores, Diario ATACAMA efectuó un recorrido hasta los lugares donde era posible llegar en vehículo, comprobando su salida en el sector de Paipote, Virita Azul e incluso en algunos lugares se juntó con el Canal Mal Paso, cuyas aguas se salieron de su cauce debido a las intensas lluvias.

Desde el sector Puente "Kennedy" fue rescatado horas antes de registrarse la crecida un anciano indigente, que habitaba en dicho lugar. La oportuna intervención de personal de la Municipalidad, evitó que se debieran lamentar la pérdida de vidas humanas, ya que de permanecer en el lugar, irremediablemente habría sido arrastrado por el fuerte caudal.

También la gran crecida fue objeto de curiosidad por parte de centenares de personas, que llegaron a los puentes "Kennedy" y "Cementerio", para ver en "vivo y en directo" la crecida del río, motivando que Caballeros solicitara hacer abandono de él para evitar desgracias ante un posible derrumbe.

En horas de la noche Carabineros debió suspender el tránsito por el Puente "Cementerio", para evitar males mayores.

El día domingo se podía comprobar que el caudal había bajado en forma considerable, llegando las aguas turbias casi hasta su cauce normal, pero con un panorama desolador a la vista, ya que las corrientosas aguas arrastraron los totorales y se llevaron también parte de las áreas verdes del sector de Planta Ojancos.

**INDAP III REGION**

1.- Llámase a personas naturales (profesionales del agro) o jurídicas a inscribirse en el Registro de...

Diario "Atacama" Viernes 13.06.1997 (Crecida Jueves 12 de Junio de 1997)

## Suspendido tránsito desde La Serena a Copiapó

Ruta 5 Norte cortada en varios tramos debido al desprendimiento de piedras y socavamiento de la importante carretera.

Serías dificultades se originaron ayer en la Ruta 5 Norte a raíz del frente de mal tiempo que afectó a casi toda la zona entre La Serena y Chañaral, lo que obligó a la interrupción del tránsito desde la Cuarta Región al norte.

Las autoridades del sector Obras Públicas señalaron que desde sur a norte la situación a nivel vial registraba a contar de las 18 horas, un corte en el área de Pajonales, debido a que el desvío estaba intransitable.

Debido a que en el sector se realizaban los trabajos de reparación de la Ruta 5 Norte, el desvío de tierra quedó totalmente des-

truido por la lluvia, convirtiéndose el sector en un verdadero lodazal.

Por tal motivo, las autoridades del sector informaron a Carabineros de la Cuarta Región, quienes procedieron a suspender el tránsito hacia la Región de Atacama.

El Seremi de Obras Públicas, Enrique Gramagna precisó que además se originó un corte en la zona de la quebrada "Algarobal", donde el agua que escurrió por el lugar alcanzó los 50 centímetros de altura y arrastró parte del camino luego de socavar el terreno.

También, en la quebrada "Las Bandurrias", frente a la entra-

da al mineral de Chañaral, pasó el agua por sobre la carretera, arrastrando berrias y material sólido a la ruta dejando la situación con dificultades para el tránsito vehicular.

### SECTOR NORTE

En lo que respecta en la ruta al norte de Copiapó, la autoridad señaló que en la quebrada de Flamenco el agua pasó sobre la carretera arrastrando material sólido y originando daños en la berria.

Enrique Gramagna precisó que los daños a lo largo de la ruta 5 norte son cuantiosos.

### LOS VALLES



El agua cedió ayer en toda la región originó una serie de cortes en las rutas principales y secundarias de la región, lo que obligó a la suspensión del tránsito desde la Cuarta Región a Copiapó.

Al interior del valle del Huasco el camino estuvo obstruido debido a rodados y sólo quedó habilitado para vehículos pequeños y por la tarde se comen-

zó a trabajar en despejar la ruta al interior del valle. En la parte alta del interior del citado valle existía cortes en los caminos debido a rodados y el

material que se arrastró desde las quebradas. Al interior del valle de Copiapó, existían algunos rodados, pero la ruta estuvo transitable.

## Alcalde calificó de caótica la situación en Tierra Amarilla

El alcalde de la comuna de Tierra Amarilla, Yhanss Delgado Quevedo, calificó de caótica la emergencia que enfrenta Tierra Amarilla a raíz de los efectos del temporal de lluvias que afectó la semana pasada la Región de Atacama.

Precisó que el informe preliminar de la situación de emergencia en Tierra Amarilla indica que la población de Algarrobo ubicada en la ribera del río está socavada con peligro inminente de inundación de casas y patios anegados. La población Cancha de Carrera tiene desborde de río e inundación de casas con peligro de socavar la base de la carretera C-35 lecho angosto y sin curva, inapropiada para la velocidad y caudal de agua.

En tanto en la población Hermanos Carrizo el lecho del río permanece poco profundo con peligro de desborde e inundación de las viviendas situadas a lo largo de la avenida Margarita Roco.

El Fundo "La Florida", desborde del río e inundación de la carretera C-35, haciéndose el camino intransitable, cuyo único acceso entre Copiapó y Tierra Amarilla está muy deteriorado, lo que ha provocado aislamiento en la comuna.

### PROYECTO

En materia de proyectos la autoridad edilicia explicó que le presentó al Ministro de Obras Públicas, Ricardo Lagos, y al Intendente de Atacama, Eduardo Morales, una solicitud de priorización de proyectos para enfrentar y regularizar la situación catastrófica en Tierra Amarilla.

"La zona ha tenido la ingrata experiencia de ver que las crecidas del río Copiapó dan como resultado anegamiento y desbordes a lo largo del

cauce.

Dada la poca periodicidad de las lluvias en el valle, no se han realizado obras definitivas en las riberas del río que prevengan consecuencia trágicas en todos aquellos puntos críticos que afectan a la población aledaña al cauce, así como también a la carretera C - 35".

"Lo anterior impulsa nuevamente la idea de crear un proyecto que logre la seguridad del cauce natural del río, el cual aumenta considerablemente de volumen con las bajadas de las quebradas al interior del valle".

El alcalde de Tierra Amarilla indicó que las obras consisten en la construcción de gabiotes, muros de hormigón armado, puentes, bade- nes, y formación de la ribera.

"Además, el área urbana de la zona se encuentra rodeada de quebradas que desembocan en sectores poblados causando anegamientos y destrucción de viviendas y poniendo también en peligro la vida de sus habitantes".

"Por este motivo, se ha considerado materializar una serie de proyectos que mejoren el estado actual de la comuna.

Entre estas iniciativas, resaltan el encauzar el río Copiapó, cuya inversión aproximada sería de 300 millones de pesos, en encauzamiento de quebradas alrededor de 380 millones, y solamente en reparación de viviendas otros 180 millones de pesos.

Además, Yhanss Delgado dijo que se necesita de suma urgencia la adquisición de cuatrocientas viviendas de emergencia para erradicar a los sectores que permanecen en quebradas y la adquisición de terrenos para la instalación de estas casas".

**Imágenes Fotográficas sobre efectos de lluvias en Copiapó**

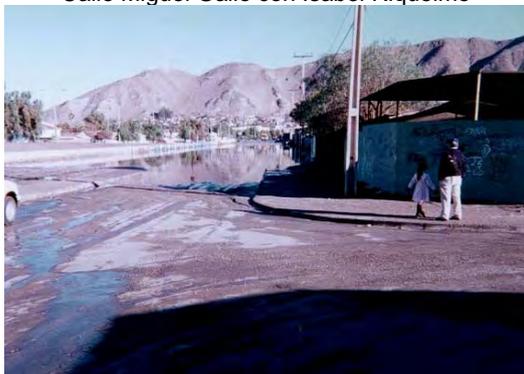
Intersección de Calle Luis Flores c/ Los Carreras



Avenida Circunvalación con Belisario López



Calle Miguel Gallo con Isabel Riquelme



Avenida Circunvalación con Miguel Grau.



Avenida Matta con calle O`Higgins



FUENTE: Plan maestro de evacuación de aguas lluvias, Dirección de Obras Hidráulicas. Región de Atacama.

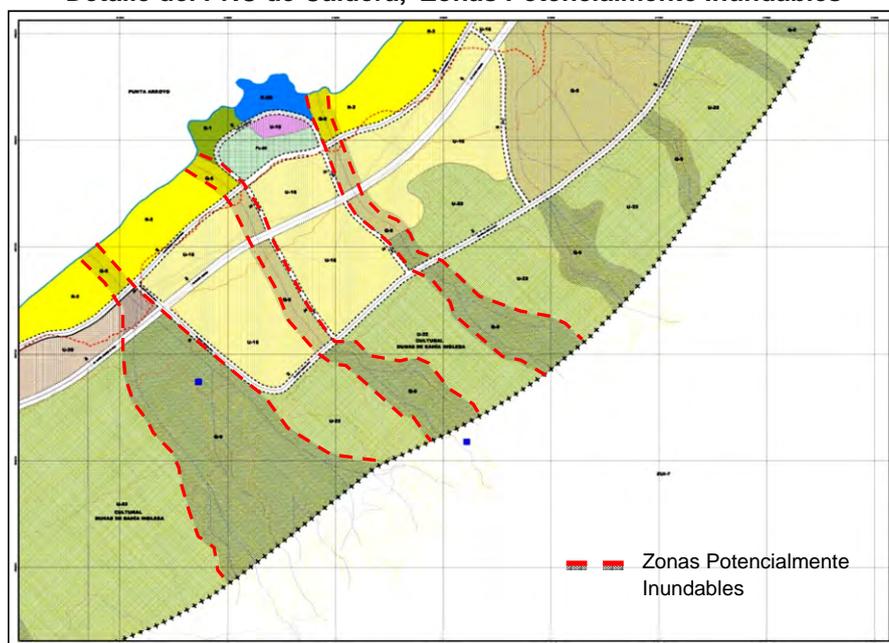
### 2.4.1 Amenaza de Inundación por Crecida de Quebradas.

La amenaza de inundación por crecida de quebradas, considera el riesgo asociado al comportamiento fluvial de drenajes naturales y a los factores desencadenantes, es decir, a eventos climáticos extremos que sobrepasan el valor umbral de intensidad de lluvias críticas tal como se explicó en el Punto 2.3 (Fenómeno Meteorológico). Los efectos por este tipo de amenaza, se expresan en inundaciones, anegamiento y erosión de riberas, el riesgo hidrológico en consecuencia, se refiere a la incidencia de desborde de drenes naturales asociado a períodos de crecidas.

La realidad regional, ha generado la necesidad de incluir el análisis de la inundación por crecida de quebradas como un hecho recurrente en el territorio, que se hace relevante de catastrar para dar cuenta de la problemática, de la que si bien no se cuenta con estudios detallados, sí existen registros y trabajos en terreno de ONEMI y los municipios de la región que grafican la importancia de una amenaza local y permanente, por lo que se quiere dar cuenta de esta amenaza a modo de declarar la preocupación por este tipo de episodios.

Los depósitos producidos por este tipo de flujo son muy similares a los que se originan por flujo de detritos; sin embargo, están constituidos por sedimentos predominantemente arenosos y más finos. A modo de ejemplo de la constante amenaza que significan las inundaciones por las crecidas de quebradas, es que algunos de los municipios de la región, han podido determinar estas áreas de riesgo en los procesos de actualización de sus Planos Reguladores Comunales, tal como se puede observar el estudio para el PRC de la Comuna de la Caldera. (Figura 24).

**Fig. 24**  
**Detalle del PRC de Caldera, Zonas Potencialmente Inundables**



Fuente: Elaboración propia en base a PRC de Caldera 2010

**a) Construcción Tranques Retenedores de Aguas Lluvia. Ciudad de Copiapó**

El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), se propuso entre sus objetivos y desafíos centrales, la construcción de tranques retenedores de aguas lluvia, en aquellos sectores, que debido a sus características geomorfológicas (presencia de quebradas, pendientes pronunciadas) y a la localización de asentamientos humanos en parte baja, son afectados en épocas de alta pluviosidad, escurriendo las aguas pendiente abajo y, con ello, inundando las viviendas existentes.

Con la construcción de los tranques retenedores de aguas lluvia, se tratarán de evitar las inundaciones en varios asentamientos humanos localizados en la parte alta de la ciudad de Copiapó, evitándose además la generación de aluviones que dañen las viviendas y, en general, causen inundaciones que afecten a todo el sector centro de la ciudad (MOP, Abril 2012).

Uno de los sectores afectados es la Población Juan Pablo II, donde la DOH ha iniciado el proyecto de construcción de tranques retenedores, el cual fue diseñado el año 2010 y cuya ejecución estuvo proyectada para el año 2012 (MOP, Abril 2012). En la siguiente imagen se muestra la localización que tendrán los 3 tranques y la distancia de éstos respecto a los asentamientos humanos., completando así un total de 16 tranques retenedores en las principales quebradas que descargan sus aguas en la ciudad de Copiapó (Figura 25).

**Fig. 25**  
**Construcción de Nuevos Tranques Retenedores de Aguas Lluvia Año 2012.**



FUENTE: MOP, Abril 2012

La construcción de los tres tranques retenedores considera las partidas siguientes<sup>20</sup>:

- i) Excavación y cortes de terreno
- ii) Preparación y construcción del vaso de cada tranque
- iii) Relleno y compactación de los muros de los tranques.
- iv) Suministro, transporte e instalación de mampostería de piedras para vertederos y muro.
- v) Construcción de cámaras y descarga de aguas.

Los tranques retenedores en la ciudad de Copiapó, que actualmente se encuentran contruidos y habilitados para contener la activación de quebradas producto de precipitaciones intensas son en total 13 y se encuentran distribuidos según las quebradas que históricamente han producidos mayores estragos en la ciudad. Estos se encuentran emplazados en la parte alta de la ciudad y repartidos principalmente por el sector norte, con la salvedad el tranque N°12 que se encuentra contiguo al acceso sur de la ciudad, en la Población El Rosario.

Este tipo de obras están construidas con muros de tierra compactada y un vertedero de seguridad de hormigón y mampostería de piedra. Además, poseen una cámara de toma confeccionada en hormigón con rejilla de protección y un ducto que actúa como descarga de fondo de 200 mm de diámetro.

Al momento en que se catastraron (año 2004) se pudo establecer que las condiciones de operación eran buenas, es decir, se encuentran secos y libres de vegetación o basura que limiten su capacidad de almacenamiento, con excepción de algunos donde la obra de toma se encuentra obstruida, lo que constituye un detalle menor ya que pueden limpiarse con bastante facilidad. La capacidad estimada de estas obras es variada tal como se indica en el Cuadro N°10.

**Cuadro N°10**  
**Características Generales de los Tranques Retenedores**

N° Tranque	Cota Fondo	Cota Vertedero (CV)	Cota Terreno	Cap. De Tranque [M³]
1	454.50	456.60	458.00	11424
2	524.50	527.40	528.65	24570
3	503.50	506.00	507.20	23958
4	497.50	500.10	501.00	3456
5	500.50	503.45	504.70	11621
6	500.00	502.48	503.70	25950
7	472.00	473.73	475.00	9637
8	418.50	420.60	421.90	12162
9	434.00	436.56	437.85	8531
10	424.00	426.71	427.95	1838
11	428.50	430.93	432.25	65
12	437.50	444.31	445.50	15230
13	428.50	430.50	431.30	1556

FUENTE: Plan Maestro de Evacuación de Aguas Lluvias para La Ciudad de Copiapó. Junio 2004

<sup>20</sup> MOP, Abril 2012

La ubicación de los tranques recién especificados se encuentran señalados en las siguientes imágenes

**Ubicación de Tranques Retenedores de Aguas Lluvia Sector Cartavio–El Chañar.**



FUENTE: Elaboración propia en base a datos obtenidos del MOP, Abril 2012

**Ubicación Tranques Retenedores de Aguas Lluvia, Sector Los Volcanes – M. Rodríguez**



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del MOP, Abril 2012

**Ubicación tranques retenedores de aguas lluvia, Sector Rosario.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del MOP, Abril 2012

**Principales Tranques Retenedores de Aguas Lluvia Ciudad de Copiapó**

Vista Lateral Tranque Retenedor N°8. Población M. Rodríguez.



Tranque Retenedor N°7 sobre Población Ampliación Arturo Prat.



Vertedero de Seguridad Tranque N°3. Población Pedro León Gallo.



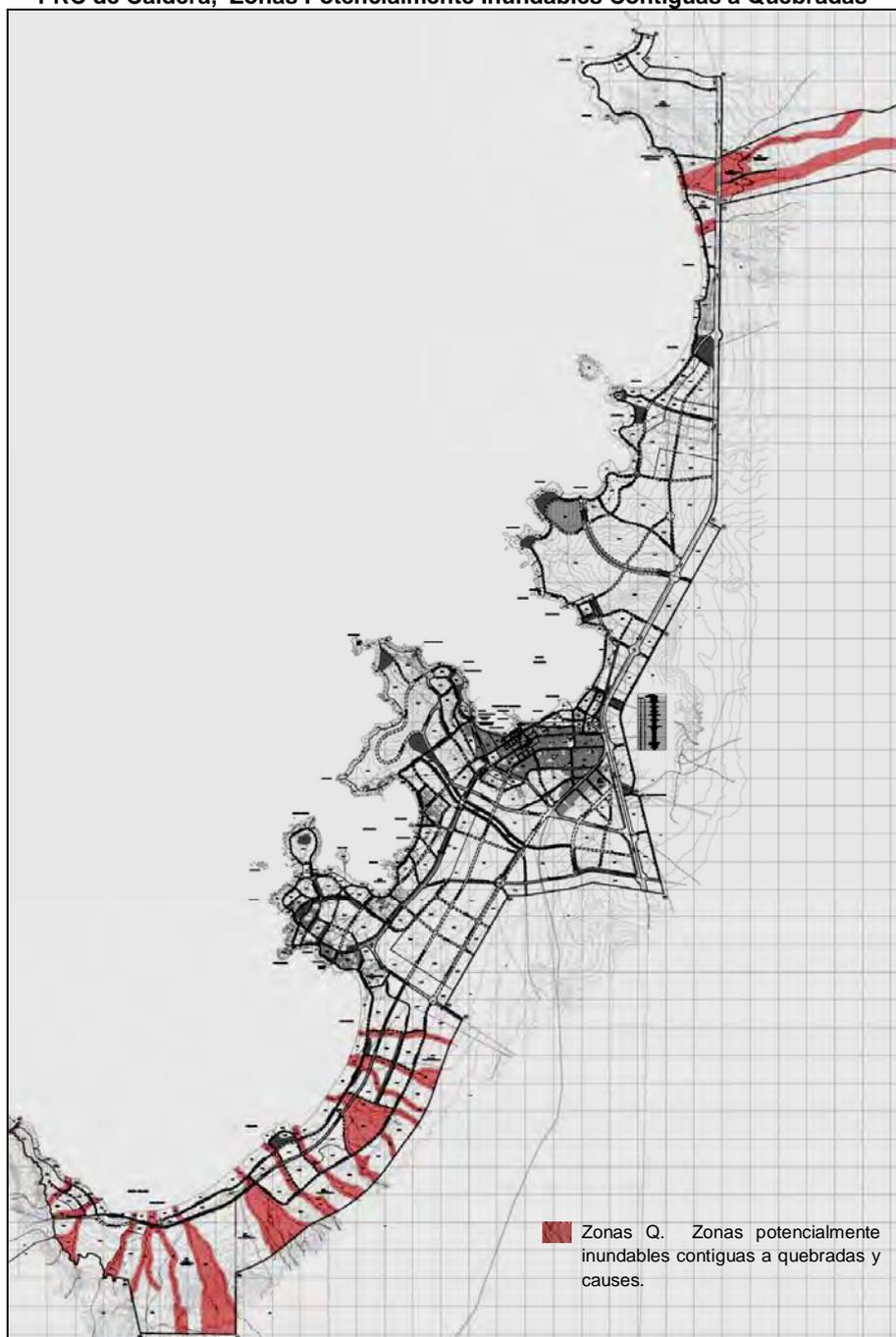
Cámara de Descarga Tranque Retenedor N°3. Población Pedro León Gallo.



Fuente: Plan maestro de aguas lluvia ciudad de Copiapó.

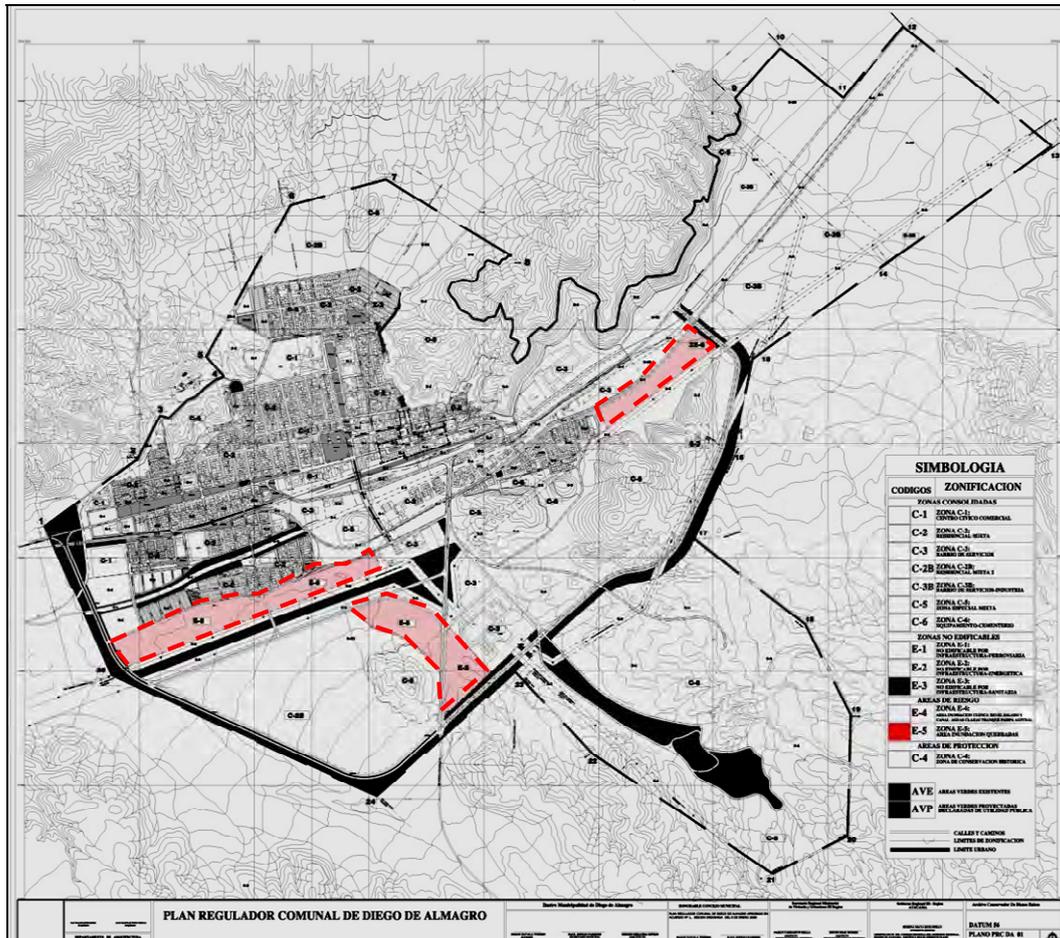
Respecto de los instrumentos normativos que consideran la amenaza por crecida de quebradas en su zonificación, tenemos al PRC de Caldera actualizado el año 2010 y el PRC de Diego de Almagro aprobado el año 2011, definiéndolas en ambos como áreas de riesgo potencialmente inundables contiguas a cauces de quebradas. (Figura 26 y 27).

**Fig. 26**  
**PRC de Caldera, Zonas Potencialmente Inundables Contiguas a Quebradas”**



FUENTE: Elaboración propia, en base a Plan Regulador Comunal de Caldera 2010

Fig. 27  
Áreas De Inundación Por Quebradas

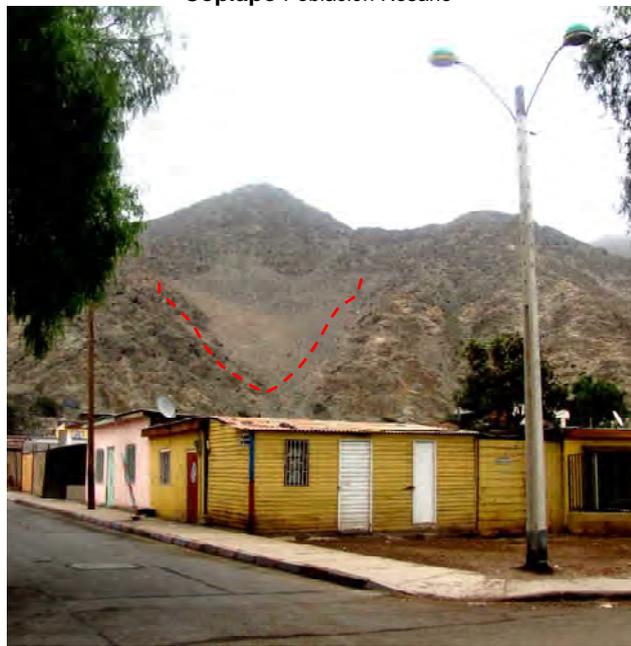


FUENTE: Elaboración propia, en base al Plan Regulador Comunal de Diego de Almagro año 2011

## 2.4.2 Amenaza por Remoción en Masa.

Los flujos de detritos, llamados comúnmente “aluviones”, son remociones en masa que ocurren cuando una masa de sedimentos con mala clasificación, son agitados y saturados con agua movilizándose pendiente abajo como flujos viscosos de sedimentos concentrados<sup>21</sup>. Las partículas sueltas que cubren pendientes denudadas (en estado natural) y otros depósitos de material o sedimentos no consolidados, disponibles dentro de la cuenca de recepción, en eventos pluviométricos buscan ser transportadas dirigiéndose hacia el cauce principal donde continúa su movimiento. De esta manera, se remueven depósitos de gravas y arenas sueltas hasta alcanzar el área de depósito, el que corresponde al sitio de salida de dichas quebradas a zonas más llanas, lugar donde se forman los llamados “abanicos aluviales”.

**Imagen Sedimentos no Consolidados Quebradas de Copiapó Población Rosario**



FUENTE: Elaboración Propia

Foto: Fco. Chino

Con la disminución de la pendiente, a medida que aumenta la distancia desde su fuente, los flujos van perdiendo su carga sólida de mayor granulometría, por lo que van pasando paulatinamente aflujos de barro y finalmente a inundaciones o flujos hiperconcentrados donde la fracción sólida varía generalmente entre 1 a 25% en volumen.

### a) *Sistemas de Abanicos Aluviales*

Los abanicos aluviales, son depósitos de detritos clásticos (rocas formadas por fragmentos preexistentes), que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas. Este tipo de sistemas se desarrollan principalmente en las zonas aledañas a los valles transversales de la región, presentándose buenos ejemplos de ello en la cuenca del río Copiapó, en donde el aporte de sedimentos es mucho mayor y las corrientes son confinadas a valles angostos que se tienen dentro de una cuenca adyacente, comunes en regiones áridas o semiáridas en donde la vegetación es escasa y el transporte de sedimentos ocurre esporádicamente, pero con gran violencia (Figura 28).

<sup>21</sup> Estudio Fundado de Riesgo Estudio “Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama”. Año 2010. (PRICOST, 2010). HABITERRA S.A. (En proceso de aprobación).

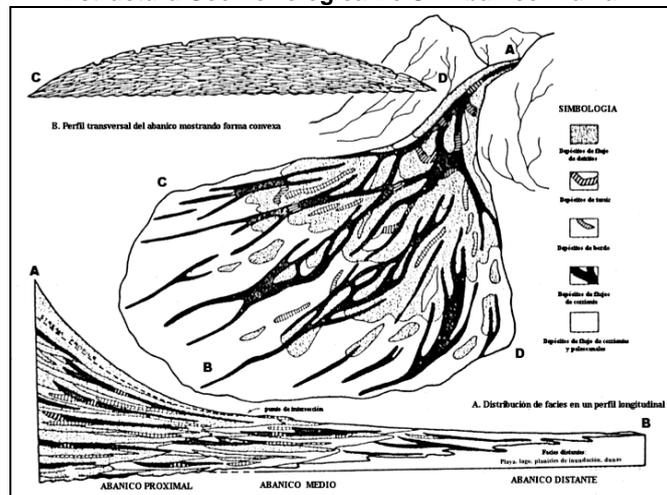
**Fig. 28**  
**. Desarrollo Abanicos Aluviales en las Inmediaciones Ciudad de Copiapó.**  
**Altura de Callejón El Inca.**



Fuente. Elaboración Propia

**Fig. 29**  
**Estructura Geomorfológica De Un Abanico Aluvial**

Vistos en planta, los abanicos aluviales presentan formas cónicas, con un sistema bien desarrollado de afluentes sinuosos sobre la superficie del abanico. El perfil longitudinal desde el origen hasta la porción terminal del abanico es comúnmente cóncavo hacia arriba; mientras que el perfil transversal es generalmente convexo hacia arriba (Figura 29).



Fuente. <http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemadeabanicosaluviales.htm>

Para la ocurrencia de la amenaza por remoción en masa, es necesario que exista una cuenca donde se colecten los aportes de lluvias y una zona de acumulación de material, donde los sedimentos se acopien para ser posteriormente transportados en el caso de que se cumpla alguna condición desencadenante, que en este caso son las lluvias esporádicas, de corta duración y de intensidad excepcional.

Los flujos o “aluviones” del 18 de Junio de 1991 en Antofagasta y del 3 de Mayo de 1993 en la Quebrada de Macul en Santiago Oriente son ejemplo de eventos que han suscitado el interés nacional tanto por el alto grado de daños materiales como el costo de vidas humanas.

Si bien los casos nombrados anteriormente se encuentran fuera de la región de Atacama, cabe destacar que corresponden a los pocos eventos donde se ha relacionado la ocurrencia de estos fenómenos y la intensidad de precipitaciones. Sin embargo, estos constituyen datos valiosos en cuanto a los umbrales de intensidad de precipitaciones en las que eventualmente se pueden generar flujos de características catastróficas. El grado de daño producido por un aluvión, dependerá de varios factores tales como:

- Tiempo de Aviso.
- Distancia al origen del fenómeno.
- La intensidad y velocidad con que ocurre el fenómeno (tamaño del flujo).
- Densidad de Población en la zona susceptible a ser afectada.

## b) Tipos de Remoción en Masa

### i) Deslizamientos

Los deslizamientos son remociones en masa en las cuales las masas de suelo o roca, se deslizan al superarse la resistencia al corte principalmente a lo largo de superficies de ruptura, generando el movimiento del material en su conjunto<sup>22</sup>. Los volúmenes incluidos en estas remociones varían desde algunas decenas, hasta varios miles de metros cúbicos pudiendo adquirir magnitudes catastróficas

Estos fenómenos pueden ocurrir de varias formas dependiendo de las propiedades del material y las características geológicas y geomorfológicas del entorno, siendo principalmente divididos en rotacionales y traslacionales (Figura 30). Esto implica que las superficies de ruptura son ya sea curvas y cóncavas o a lo largo de un plano o superficie ondulada, respectivamente<sup>23</sup>.

**Fig. 30**  
**Tipos de deslizamientos.**  
**(Deslizamiento Rotacional, Deslizamiento Traslacional)**



FUENTE: Estudio Fundado de Riesgo Actualización PRICOST 2011.

<sup>22</sup> Estudio Fundado de Riesgo Estudio “Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama”. Año 2010. (PRICOST, 2010). HABITERRA S.A. (En proceso de aprobación).

<sup>23</sup> Ídem Nota Anterior.

*ii) Flujo de Detritos*

El flujo de detritos no es más que la traslación de materiales de un sitio a otro, provocados por la gravedad, al igual que los deslizamientos y derrumbes. Cuando las masas de tierra, roca y arena removidas por el deslizamiento o derrumbe, comienzan a trasladarse de un sitio a otro conjuntamente con abundante agua, pueden fluir largos tramos hacia aguas abajo como un flujo de detritos, aumentando su densidad y su fuerza destructiva.

Para que ocurra un flujo de detritos, deben existir ante todo dos factores: la existencia de masas de tierra y/o arena removibles en las quebradas y lechos, y segundo la existencia de un talud de terreno inestable. Además de estos dos factores debe haber suficiente volumen de agua (precipitación acumulada) para facilitar el flujo de estos materiales hacia aguas abajo (Figura 31). Otro factor importante, es que las pendientes de las quebradas, lechos y taludes sean suficientemente empinadas.

**Fig. 31**  
**Flujos de Detritos. Lluvias año 1999, Sector La Pradera /La Colina, Copiapó.**



FUENTE: Presentación "Amenaza de Remoción en Masa producto de Eventos Hidrometeorológicos" Germán Aguilar, Docente U. Atacama. Seminario Riegos Naturales PROT Atacama

– *¿Cuál es la fuerza destructiva del flujo de detritos?*

El flujo de detritos es aquel movimiento de masa que arrastra inclusive, rocas de 2 a 3 metros de diámetro, piedras, arenas y lodos. Las rocas y piedras se golpean y rebotan entre sí en el trayecto del flujo o rodado hacia aguas abajo provocando separaciones que son llenadas por lodos, lo que provoca una situación de flote de rocas y piedras, tal como si estos materiales estuvieran flotando en el agua, haciéndolas fluir aguas abajo. En este movimiento, los materiales cuyas partículas son pequeñas se dirigen hacia el fondo de la masa en movimiento, mientras que las rocas y piedras que están en la misma masa, no pueden dirigirse hacia el fondo, quedándose en estado de flote en la superficie. Una de las características del movimiento de flujo, es que "el flujo es más rápido en la parte superficial", por lo que las rocas y piedras que están en estado de flote, son empujadas siempre hacia adelante, o sea, a la punta del movimiento.

Como consecuencia, el flujo de detritos con rocas grandes, arrastra por completo todos los obstáculos que se encuentran en su trayecto.

La fuente de ocurrencia de desastre por flujo de detritos se extiende en un amplio terreno, puesto que abarca taludes y quebradas de la región, por lo que tomar medidas contra este desastre en carreteras y caminos con identificaciones específicas de sitios de riesgo, es bastante difícil. Es muy importante aplicar medidas escalonadas, identificando previamente las quebradas de riesgo, y recopilando o acumulando información y base de datos de ocurrencia de este tipo de desastre, acaecido en el pasado (Ver siguiente Imagen).

**Lluvias Mayo del 2010, Sector Paipote / La Defensa, Copiapó.**



FUENTE: <http://www.flickr.com/photos/atacamaoculto/4643629856/lightbox/>

– *Medidas de prevención de desastres contra el flujo de detritos.*

Las medidas de prevención de desastres contra aludes en carreteras, son de 3 tipos: medidas en el tramo inicial de ocurrencia, medidas en el tramo de flujo y medidas en el sitio de cruce transversal a la carretera (<http://www.abc.gob.bo/Carreteras-Bolivianas-Seguras-VI>).

- *Medidas en el tramo inicial de ocurrencia.* Para prevenir un desastre por flujo de detritos es necesario “evitar la ocurrencia de este desastre”, sin embargo, identificar y determinar un sitio específico de posible derrumbe u otros movimientos que alteren el talud de una ladera en un área amplia, y realizar obras de contramedida para proteger el talud, no es real ni práctico. Tomando en cuenta esta realidad, es recomendable realizar obras de protección de talud en sitios de derrumbes y otros movimientos, como ser; muro de contención de gaviones, obras de vegetación, etc. y construcción de diques en el lecho de la quebrada para detener detritos arrastrados a lo largo de la quebrada, y disminuir la pendiente del lecho.
- *Medidas en el tramo de flujo.* La medida más representativa en el tramo de flujo es el dique de contención o piscina de decantación. Este dique tiene el efecto de captar,

mediante su estructura, los detritos arrastrados desde aguas arriba, disminuir la pendiente de lecho de una quebrada o río mediante detritos captados, y dificultar el flujo de detritos que llegaran posteriormente.

- *Medidas en el sitio de cruce transversal a la carretera.* Generalmente estas medidas están orientadas a la instalación de alcantarilla o cajón en el sitio de cruce transversal a la carretera, tomando siempre en consideración que para realizar obras tomando en cuenta el flujo de detritos, es necesario proyectar la sección con el flujo máximo de 1.5 a 2 veces en comparación al volumen de flujo máximo de aguas normales que la atravesarán.

La rehabilitación de una carretera, dañada por derrumbes de talud y caída de rocas, se puede realizar en un período relativamente corto, en cambio, por flujo de detritos o aludes, se requiere por lo menos, algunos días o semanas para habilitación de tránsito normal, puesto que este fenómeno destroza la estructura de soporte del camino que está a su paso. En el caso de Chile y la región de Atacama, donde la principal carretera de conexión es la Ruta 5, eje longitudinal de nuestro territorio, el cierre prolongado de la misma causaría enormes complicaciones a funcionamiento de las actividades productivas y grandes pérdidas a la economía regional (Plano 1).

**Plano 1**  
**Principales Rutas Región de Atacama**



FUENTE. Elaboración Propia.

Por otra parte, el flujo de detritos es un desastre muy difícil de contrarrestar completamente con estructuras, ya que es difícil de verificar y especificar exactamente la causa y magnitud, de este desastre.

– Casos Relevantes de Flujos de detritos en Chile:

Algunos ejemplos recientes en Chile son: el caso de Alfalfal en la Región Metropolitana (1987), en Antofagasta segunda región (1991), Santiago quebrada de Macul 1993 y en el Lago Ranco Región de los Ríos (2004), desastres importantes pero que aun así, como registros documentados en Chile, son realmente pocos. Debido a lo anterior, para poder desarrollar un buen análisis de esta amenaza en la región, es importante conocer algunas características de estos aludes y de esta manera, tener parámetros que puedan ser utilizados en los respectivos análisis<sup>24</sup>. (Ver *Imágenes sobre casos relevantes de flujos de detritos en Chile*).

**Imágenes sobre casos relevantes de flujos de detritos en Chile.**

ALFALFAL, 1987.

- El alud fue gatillado por un gran derrumbe en el estero Parraguire, afluente del río Colorado, Cajón del Maipo.
- Se generaron olas de 20 a 30mts. en su sector inicial.
- El recorrido del alud fue de 57 km hasta el río Maipo.
- Se registraron al menos 37 muertos.

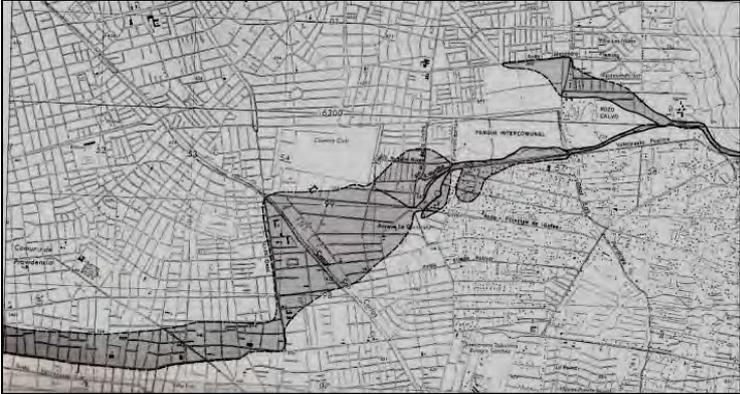


ANTOFAGASTA, 1991

- El alud fue generado por precipitaciones intensas (42 mm en 3 a 4 horas).
- Se registraron 103 muertos y 16 desaparecidos.
- Causó un total de 500 casas destruidas y 2500 severamente dañadas, dejando 8000 albergados.
- Además provocó caminos cortados y cortes en suministros de electricidad, agua potable, alcantarillado y un total de US\$ 66 millones en pérdidas.



<sup>24</sup> Esta información fue obtenida de <http://www.doh.gov.cl/publicacionesyestudios/Paginas/default.aspx>.

SANTIAGO, 1993	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se generaron precipitaciones de 18 mm/hr en cuencas de quebradas del frente cordillerano.</li> <li>• El alud provocó olas de hasta 10 mt, con una velocidad de 30 km/hr.</li> <li>• Se registraron al menos 26 muertos y 8 desaparecidos.</li> <li>• El evento causó 307 casas destruidas, más de 5000 inmuebles dañados y US\$5 millones estimados en pérdidas.</li> </ul>	
	

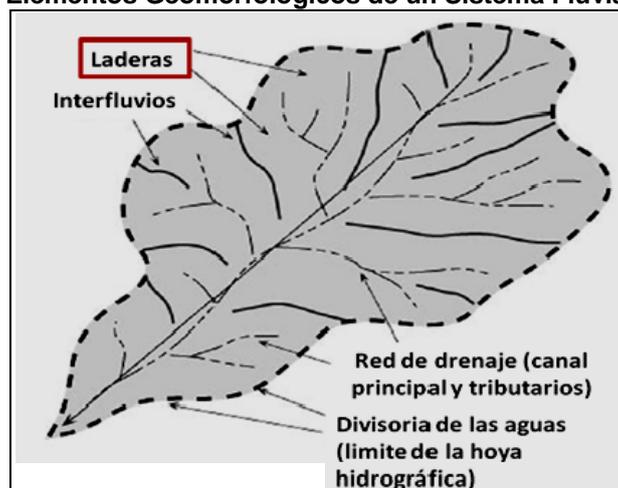
FUENTE: <http://www.lapetus.uchile.cl/lapetus/c1/download.php?id=3729>.

En cualquiera de los casos de remoción en masa, siempre estaremos hablando de procesos geomorfológicos de laderas que pierden su estabilidad y desencadenan situaciones de peligro, por tanto, en base a esto es necesario dilucidar tres interrogantes:

- ¿Qué entendemos por laderas?
- ¿Cuáles son las laderas susceptibles?
- ¿Cuál es la situación en la región?

Las laderas son declives laterales de un monte o una montaña, cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal y se ubican siempre entre la red de drenaje de las quebradas, siendo las laderas, las que aporte a esta red los materiales necesario para la generación de aluviones (Figura 32).

**Fig. 32**  
**Elementos Geomorfológicos de un Sistema Fluvial**



Fuente: Seminario Riegos Naturales PROT Atacama  
Presentación Aguilar, G. Docente U. Atacama.

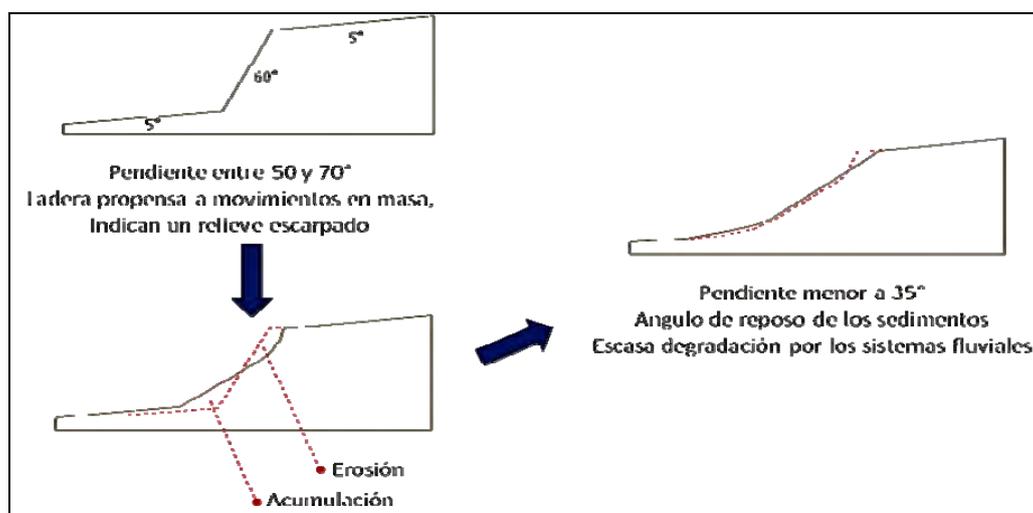
Los factores que favorecen la activación de la remoción en masa en laderas son:

- suelos inestables
- acumulaciones de suelos sobre una quebrada
- pendiente acentuada de laderas y los cauces de las quebradas (Figura 33).
- escasa vegetación que proteja las laderas retardando el desplazamiento de las aguas superficiales producto de las lluvias
- quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

Por otro lado, la revisión de estudios de riesgos realizados en la región, en específico en la cuenca del río Copiapó, indica que esta se ha visto afectada por procesos de remoción en masa, los que incluyen flujos de barro y/o detritos, deslizamientos y caídas de rocas. Datos del estudio "Actualización del Plan Intercomunal Costero de Atacama", específicamente el capítulo referido al *Estudio Fundado de Riesgos*, se señala la ocurrencia de aluviones en el año 1827 y 1888, los que afectaron a la quebrada Paipote y a los sectores ribereños del río Copiapó, respectivamente. Además, también adiciona la ocurrencia de derrumbes en los cerros de la ciudad de Copiapó, los que habrían sido gatillados por un temporal que afectó a la región en Atacama en el año 1967.

**Fig. 33**

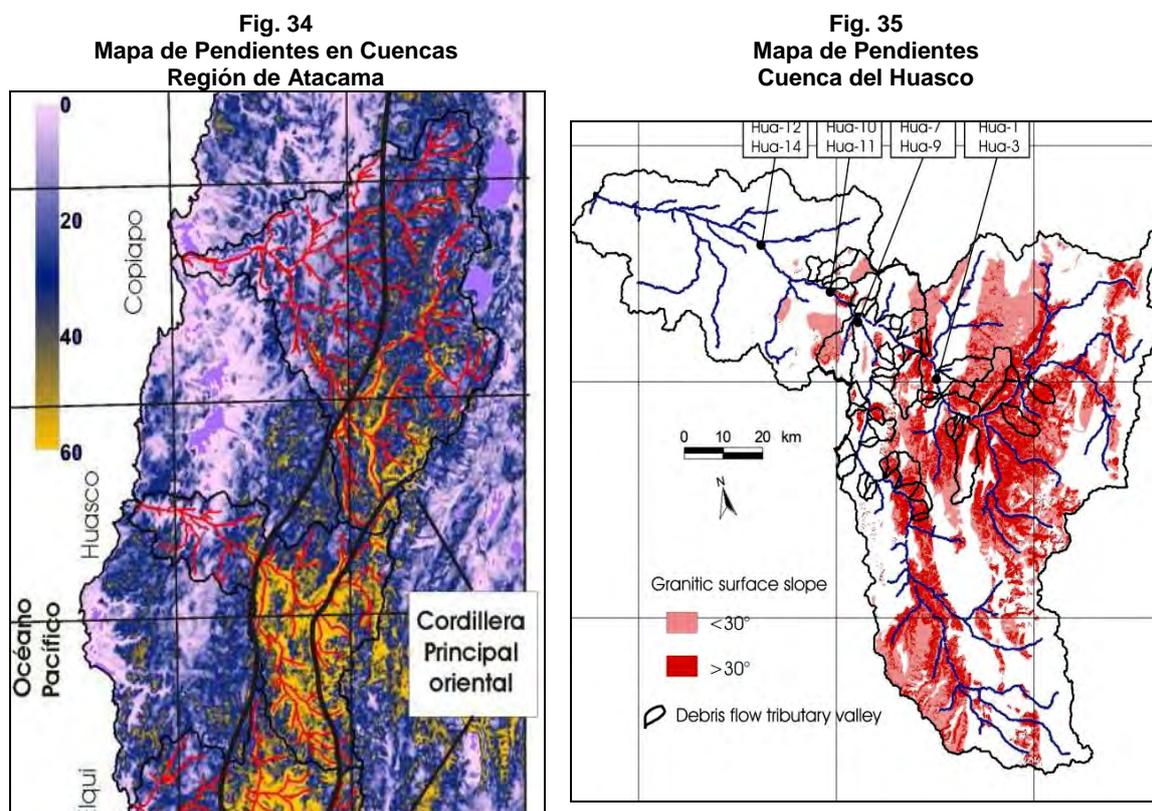
**Valores de Pendiente para Laderas Susceptibles a Procesos de Remoción en Masa.**



FUENTE: Presentación "Amenaza de Remoción en Masa producto de Eventos Hidrometeorológicos" Germán Aguilar, Docente U. Atacama. Seminario Riesgos Naturales PROT Atacama

Finalmente, el análisis geomorfológico realizado por Prisma Ingeniería (2002) para el Plan Maestro de Aguas Lluvia desarrollado por la Dirección de Obras Hidráulicas (MOP), concluye que en el área de estudio es recurrente la ocurrencia de remoción de riberas (retroceso de escarpes de la Terraza Inferior) por efecto de erosión fluvial asociada al río Copiapó, así como también la ocurrencia de deslizamientos de tierra y flujos de barro aportados por las quebradas afluentes más importantes de ambas vertientes vinculadas al valle. En efecto, entre 1930 y 1982 se manifestaron 16 deslizamientos de tierra y barro en Copiapó (Onemi - UC. ,1983). (Figura 34)

Al realizar un acercamiento a la cuenca del valle del Huasco, podemos observar que es aquí donde se encuentran la mayor cantidad de las zonas con pendientes por sobre los 30° y donde se registran gran cantidad de evidencias de la recurrencia de flujos de detritos según investigaciones hechas por el departamento de Geología de la U. de Atacama. (Figura 35)

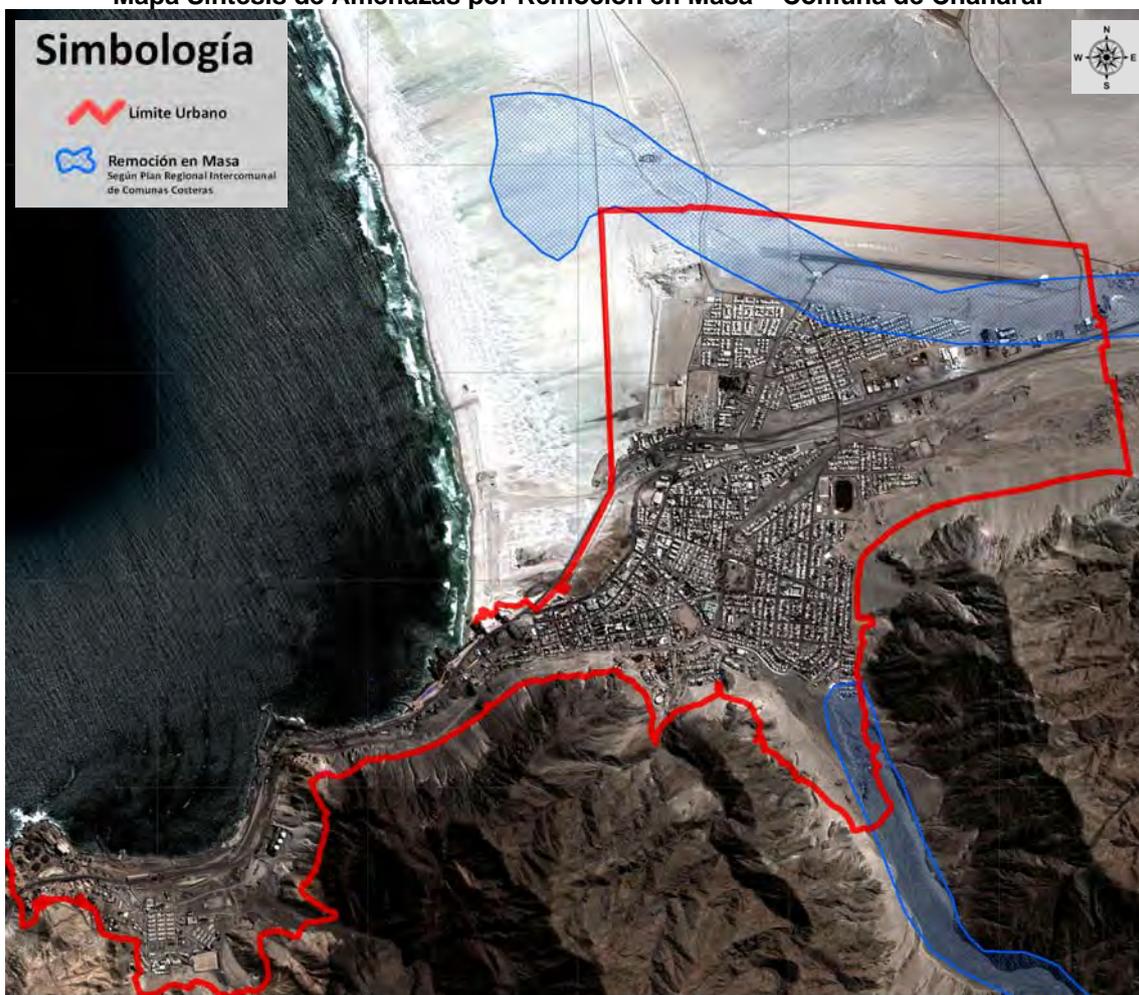


Fuente: Presentación "Amenaza de Remoción en Masa producto de Eventos Hidrometeorológicos" Germán Aguilar, Docente U. Atacama. Seminario Riegos Naturales PROT Atacama

En relación a lo anterior se construyeron mapas de Amenaza por remoción en masa en base a los siguientes estudios:

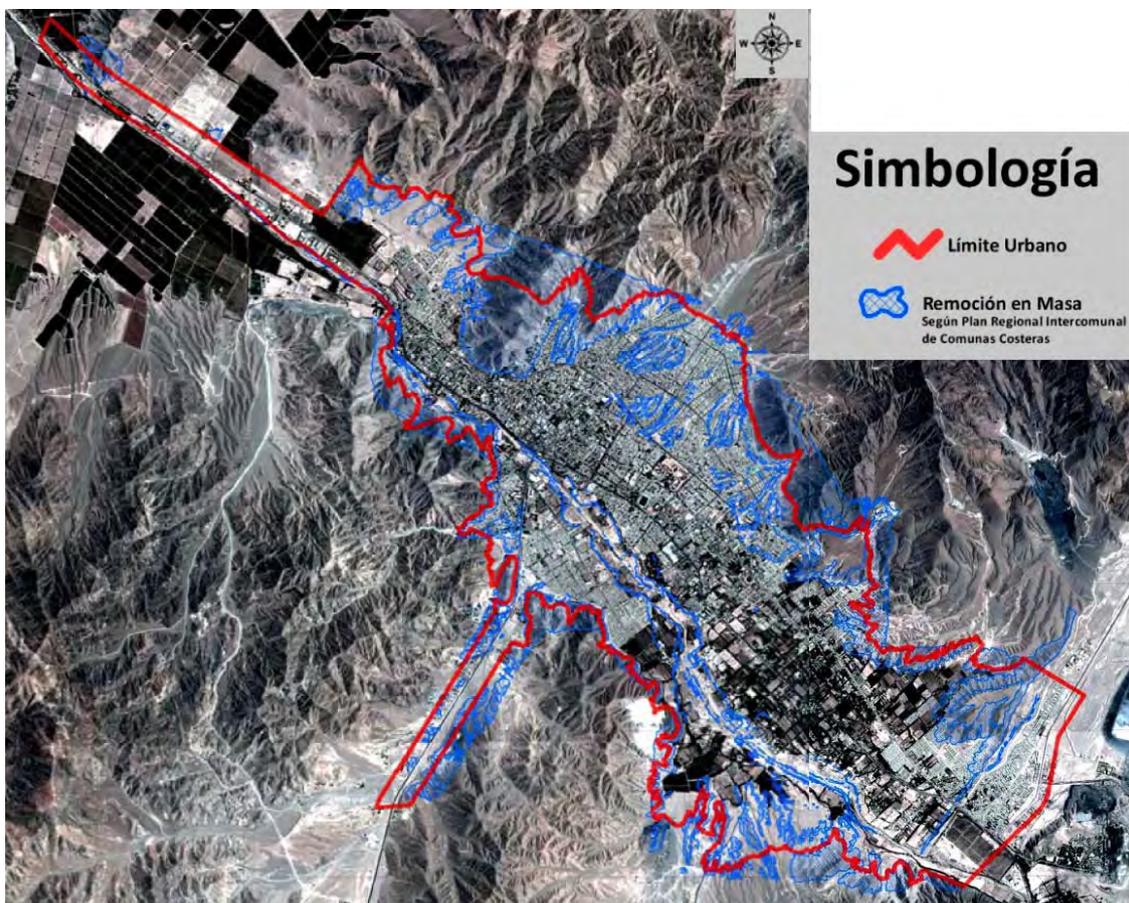
- Estudio Fundado de Riesgos para la Actualización del Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama y que se muestra para la ciudad de Chañaral.
- Para la ciudad de Copiapó se trabajó en base a los datos del Estudio Fundado de Riesgos de la Propuesta de Actualización del Plan Regulador de Copiapó.
- Finalmente, la construcción del mapa de Amenaza para las localidades de Alto del Carmen, El Tránsito y San Félix se basó en el Estudio Fundado de Riesgos (2009) para el Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen.

Mapa Síntesis de Amenazas por Remoción en Masa – Comuna de Chañaral



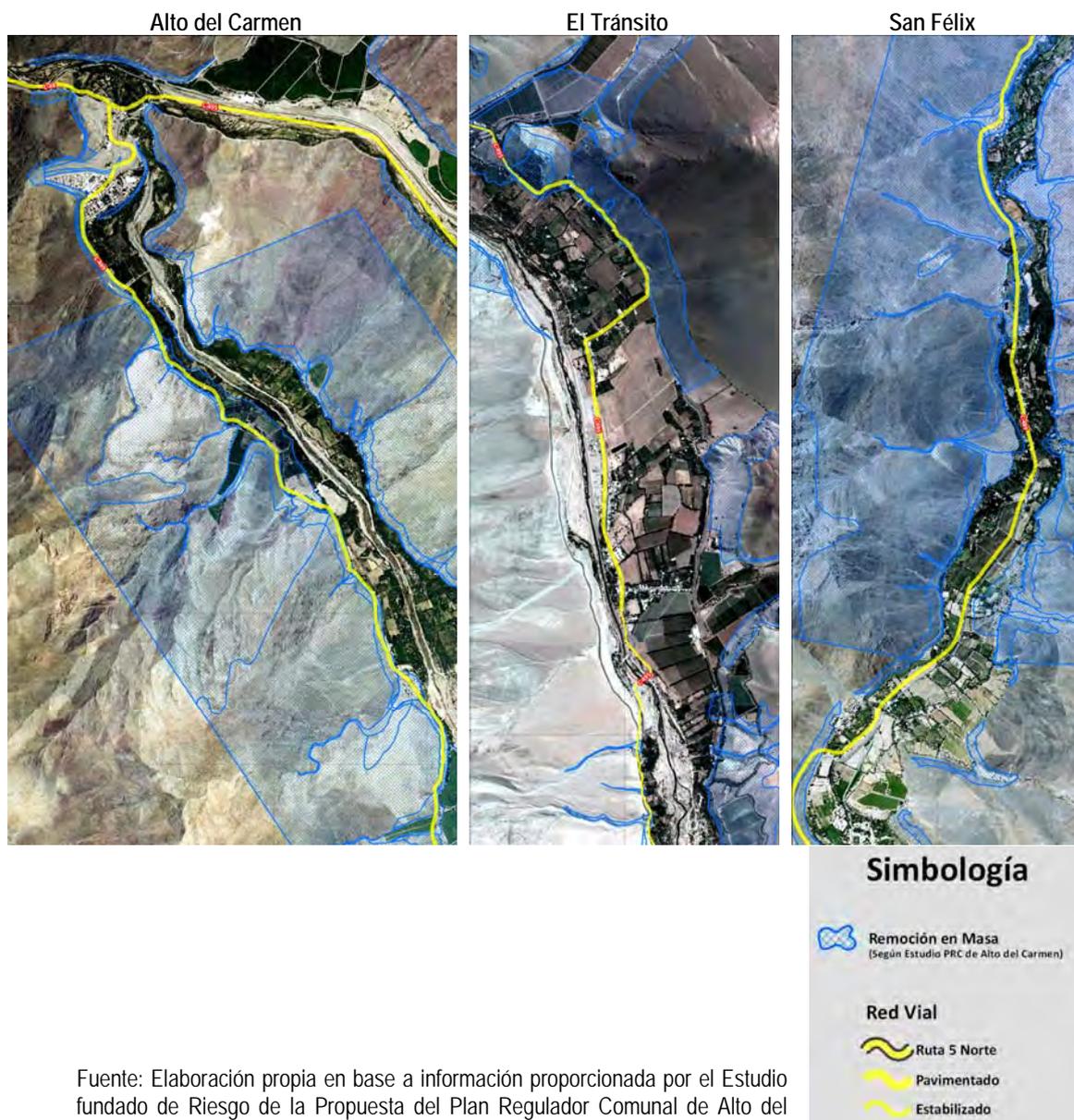
Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo de la Propuesta de Actualización del Plan Regulador Intercomunal Costero año 2010.

**Mapa Síntesis de Amenazas por Remoción en Masa – Comuna de Copiapó**



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo de la Propuesta de Actualización del Plan Regulador Comunal de Copiapó año 2010

**Mapa Síntesis de Amenazas por Remoción en Masa – Comuna de Alto del Carmen**



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo de la Propuesta del Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen año 2009

### 2.4.3 Amenaza por Proceso de Desertificación

La desertificación, o degradación de recursos en tierras áridas que crea las condiciones para un desierto, emerge de una serie de acciones interrelacionadas e interdependientes, generalmente causadas por la sequía combinada con la presión ejercida por poblaciones humanas y animales. Las sequías son períodos prolongados sin lluvia en los ciclos climáticos naturales. Los ciclos de períodos secos y húmedos presentan problemas serios para los pastores y campesinos que se arriesgan con estos ciclos. Durante períodos húmedos, el tamaño de los rebaños aumenta y los cultivos se proyectan hacia áreas más secas. Más tarde, la sequía destruye las actividades humanas que han sido extendidas más allá de los límites de capacidad de sostenimiento de la región. (Mabbutt, 1967).

El sobrepastoreo es una práctica frecuente en tierras secas y la actividad singular que más contribuye a la desertificación. El cultivo en tierra seca se refiere a la agricultura que depende de la lluvia en regiones semiáridas, donde el agua es el factor principal que limita la producción de cosechas. Los granos y los cereales son los cultivos más generalizados. El cultivo en secano es una práctica peligrosa que sólo puede tener éxito si se adoptan medidas especiales de conservación tales como el mascullamiento del rastrojo, barbecho en el verano, cosecha por hileras, y labranza limpia. La desertificación de tierras secas en América Latina, generalmente puede ser atribuida a la combinación de mal manejo para explotar la tierra y las fluctuaciones naturales climáticas (FAO, 1977).

#### a) Factores Principales que Influyen sobre el Peligro de Desertificación<sup>25</sup>

##### – Precipitación y la Ocurrencia de Sequías

Los datos sobre los niveles de precipitación anual generalmente están disponibles, aunque las cifras mensuales suelen ser escasas. La información relacionada con la variación anual histórica de la precipitación, será necesaria para poder entender la ocurrencia de sequías. Si los datos de la estación climática no están disponibles, se puede obtener información secundaria de registros históricos escritos y orales, estudios geomorfológicos, así como del análisis de los anillos de crecimiento de la vegetación boscosa (Cuadro N°10) (Odum, 1963).

**Cuadro N°10**  
**Relación entre Precipitación y Vegetación Dominante**

Precipitación	Vegetación Dominante
0-25,4 cm/año	Desierto
25,4 cm-76,2 cm/año	Pastizales, sabanas, bosques abiertos
76.2 cm-127,0 cm/año	Bosques secos
> 127,0 cm/año	Bosques húmedos

FUENTE: Adaptado de Odum, E.P. Ecology (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1963).

<sup>25</sup> La definición de los factores que influyen sobre los procesos de desertificación fueron extraídos del Estudio "Diagnóstico del Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen". Habiterra S.A. Año 2008 (En proceso de elaboración).

– *La Evapotranspiración Potencial (PET)*

El concepto de evapotranspiración potencial se define como una estimación de tasas de evaporación y transpiración cuando no se limita el agua del suelo. Compensa fácilmente la falta de información sobre transpiración y permite una síntesis clara de las numerosas mediciones de humedad de suelos, infiltración, escurrimiento, etc., que se necesitan para entender los parámetros climáticos. Las tasas de evapotranspiración están relacionadas a varios factores climáticos, siendo la temperatura el más importante (Odum, 1963).

– *Vientos*

El viento es un factor climático que puede intensificar la desertificación de diferentes maneras. Su fuerza puede erosionar, transportar, y depositar partículas de suelos. El daño a las plantas puede ocurrir ya sea a través del impacto de su fuerza física cuando las velocidades son altas o a través del impacto de partículas abrasivas de suelo y de sal transportadas (chorro de arena). El viento aumenta las tasas de evaporación de agua de superficie en tierra y plantas. Este poder evaporativo del aire en movimiento, aumenta con las altas temperaturas y con una menor humedad relativa. Como resultado, los vientos secos calientes durante el período de crecimiento de la planta pueden aumentar la cantidad de agua que consumen.

– *Textura de Suelos*

La textura de los suelos puede influir en muchas otras de sus características, especialmente aquellas relacionadas con la humedad y fertilidad del suelo. Cuando los suelos arenosos son irrigados, requieren más agua que los suelos con texturas más finas, pero un exceso de agua puede producir la lixiviación de cualquier coloide y nutriente disponible. Por otro lado, la descarga se reduce casi a cero debido a que la precipitación penetra casi inmediatamente en los suelos de textura gruesa. Los suelos de textura fina pueden absorber más agua que los suelos de textura gruesa (Odum, 1963).

– *Forma del Terreno*

Dos formas características de terreno son de interés para esta discusión de desertificación: (a) el grado de pendiente y (b) la profundidad de la napa freática en relación a la superficie del suelo. El grado de pendiente es importante porque influye sobre la velocidad y la cantidad de la corriente de agua en superficie. La descarga, por supuesto, es mayor si la pendiente del cerro es más pronunciada. El grado de pendiente también influye sobre la cantidad e intensidad de luz solar que recibe un determinado sitio. La desecación, o el acto de secar, es mayor si la pendiente da cara al sol durante un mayor período de tiempo y aumenta más si el ángulo de la pendiente es perpendicular a los rayos solares. La profundidad hasta el agua subterránea es importante porque si la napa freática está muy profunda, las raíces de las plantas no podrán obtener la humedad disponible. Por otro lado, si la napa freática está demasiado cerca a la superficie, los aniegos serán un problema. Y, en estas áreas, la condición salina y alcalina puede matar la vegetación o retardar su crecimiento (Odum, 1963).

– *Usos de la Tierra*

La manera de usar un determinado terreno o entorno puede iniciar el proceso de desertificación. Ciertas prácticas de agricultura, sobrepastoreo por ganado y fauna silvestre, la selvicultura extractiva, las actividades de construcción y el uso del fuego son

frecuentemente considerados como las causas más importantes del proceso. Las prácticas agrícolas en tierras secas pueden contribuir al proceso porque exponen los suelos al viento y a la erosión del agua durante períodos de sembrío temprano y después de la cosecha (Odum, 1963).

#### **b) La Amenaza de Desertificación en Chile**

Es un proceso en el que intervienen factores, algunos de carácter global, que han convertido paisajes en un pasado exuberantes de vegetación en desiertos absolutos. El territorio nacional no ha estado ajeno a este proceso, en especial en las regiones del norte grande y norte chico. Testigos de ese pasado son los bosques relictuales de Fray Jorge y en menor grado el de Talinay, en la región de Coquimbo, que se desarrollaron posiblemente en el Terciario bajo un clima tropical hasta que eventos geológicos de finales del Mioceno conformaron la "Diagonal árida" que se inicia en las costas de Ecuador, se extiende al sur pasando por las costas de Perú y norte de Chile, para continuar al este de los Andes hasta la Patagonia chileno-argentina. Estos territorios, con precipitaciones inferiores a los 200 mm anuales y en algunos casos con cero precipitaciones, como ocurre en algunos lugares del Desierto de Atacama, han experimentado procesos de desertificación no antrópicos. De manera que los territorios en la "diagonal árida" localizados al norte del paralelo 31 ° S, y al sur de la diagonal en la Patagonia son desiertos desde el punto de vista climático, con mínimos cambios en su régimen pluviométrico. La excepción es el territorio al sur del valle de Copiapó donde se aprecia con más nitidez el avance de la desertificación. (Soto, 1997)

Desde el límite de Chile con Perú y Bolivia se extiende un territorio desértico con diferencias de precipitación y vegetación de oeste a este que ha sido intervenido por el hombre por más de 7 mil años. Sin embargo, a fines de siglo XIX con la explotación del salitre, la plata y posteriormente el cobre se inicia una paulatina presión sobre la vegetación natural y el agua, afectado los procesos naturales y por lo tanto acentuando la desertificación. (Soto, 1997)

La escasa vegetación de la costa fue utilizada como combustible y las cactáceas, en artesanías y exportación. Mas al interior sobre los 4.500 m de altura en el altiplano la yareta, arbusto duro perennifolio de forma de almohadillada convexa que alcanza hasta 1,15 m de altura y llega a medir hasta 1,70 m de diámetro, fue utilizado profusamente como combustible por las poblaciones del interior, pero especialmente en los campamentos mineros por más de 50 años. La explotación fue tal que alcanzo a los niveles de extinción. Por otra parte, el agua de los bojedales utilizada en la agricultura, en la minería y para el abastecimiento de agua de las grandes ciudades han incrementado los procesos de desertificación.

Entre Arica y Taltal, es decir en las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta los grados de desertificación grave y moderado alcanzan magnitudes de 76,7 %, 88,1 % y 86,8 % respectivamente, con una superficie estimada para las tres regiones de 15,49 millones de ha. Esta cifra hay que tomarla con precaución, pues se funda en apreciaciones de expertos. (Soto, 1997)

Además, hay que tener en consideración que gran parte de la desertificación en esta porción del territorio nacional es producto de lo que denomina "desertificación geológica". (Soto, 1997)

**c) La Amenaza de Desertificación en la Región de Atacama**

Los problemas más serios de desertificación, tanto de origen geológico como por la acción antrópica, se observan desde el valle de Copiapó al sur. La existencia de cursos de agua de la cordillera al mar permitió una agricultura que por siglos se adaptó a las condiciones naturales de alternancia de precipitaciones y periodos de sequía, pero con la introducción de nuevos cultivos, especialmente vides para la producción de uva de mesa para la exportación, se han incrementado las demandas de aguas superficiales y subterráneas. La minería en el norte Chico durante el periodo colonial afectó seriamente la cubierta vegetal, que de acuerdo a relatos de cronistas y estudios históricos no era tan abundante como se ha pensado, sino más bien moderada. No obstante, fue muy afectada por el uso de la leña en la actividad minera y por la presencia de ganado caprino que en años de sequía contribuyó a limitar la cubierta de pastos acelerando los procesos de desertificación. (MOP, 1996).

Las precipitaciones con su alternancia de periodos normales de lluvia y de sequías extremas al parecer están relacionadas con el fenómeno de la Corriente del Niño. Las precipitaciones son mayormente de tipo frontal, aumentan de norte a sur y son esporádicas y fuertes. Por ejemplo, en Chañaral alcanzan a 12 mm al año, en Caldera 27 mm y en el Totoral 32 mm y ocurren casi únicamente en invierno. Copiapó, por ser un asentamiento muy antiguo posee una historia más extensa sobre el comportamiento de las precipitaciones: después de periodos de tres y más años de sequía absoluta han sucedido años lluviosos, como lo ocurrido entre 1850-1854; 1898-1902; 1927-1943 y el año más lluvioso que ocurrió en 1997 con 148,7 mm de precipitación. (MOP, 1996).

Se estima la superficie total de la región de Atacama en 75.573.000 de hectáreas. Los valles agrícolas de Copiapó y Huasco tienen una superficie de 43.260 hectáreas es decir sólo el 0,05% del total regional. La falta de suelos agrícolas en la región no representa en la actualidad un problema ya que existe suficiente tecnología disponible para habilitar suelos improductivos para el desarrollo de la actividad agrícola. Sin embargo, el Servicio Agrícola Ganadero regional estima que en Atacama se deben proteger los suelos con capacidad de uso I, II, III y IV debido a que son un recurso natural escaso. En consecuencia, en el valle del Copiapó el 44,5% del total de suelos de capacidad de uso I, II, III y IV, debería estar bajo la categoría de conservación. Mientras que en el valle del Huasco, el 49,5% de los suelos con capacidad de uso I, II, III y IV serían suelos de protección silvoagropecuaria y ambiental (Ciren, 2010).

Adicionalmente en el valle de Copiapó se ha detectado un proceso de salinización de suelos que en alguna medida pone en riesgo el cultivo de la vid en el valle de Copiapó. Finalmente preocupa la disposición de vertederos en la región tanto autorizados como ilegales. Dentro de los autorizados especialmente sensible es el caso del vertedero de Caldera que se encuentra en una zona no adecuada pues no se encuentra protegido de los vientos que desparraman la basura varios kilómetros a la redonda (Ciren, 2010)..

## 2.5 Fenómeno Hídrico

### 2.5.1 Amenaza de Inundación por Crecida de Ríos.

Por definición este tipo de amenaza como su nombre lo indica, ocurren cuando ríos o esteros desbordan su cauce natural anegando las terrazas fluviales laterales o adyacentes, debido a la ocurrencia de caudales extremos. Este tipo de amenazas se producen generalmente debido a eventos de precipitaciones líquidas intensas y/o prolongadas en el tiempo. Los valores que pueden alcanzar los caudales, así como el tamaño del cauce, dependen también de otros factores como son el área de la cuenca, su forma, la diferencia de cota, la presencia de rocas o sedimentos permeables, etc.

En la Región de Atacama se pueden distinguir dos tipos de cauces:

– Perennes: ríos o esteros con cuencas que abarcan grandes áreas y que tienen sus cabeceras en zonas cordilleranas. Aunque no presenten necesariamente una escorrentía superficial continua, se consideran como perennes dado que la mayoría del flujo escurre en el acuífero ubicado bajo la superficie. Estos presentan cauces de gran extensión, bien definidos, con diferentes niveles de terrazas fluviales, como el caso del río Copiapó y el río Huasco.

– Intermitentes: Esteros y quebradas de escurrimiento temporal como consecuencia directa de precipitaciones intensas. En general, algunas de estas quebradas pueden presentar amenaza por fenómenos de remociones en masa del tipo flujos de detritos, existiendo una estrecha relación entre estos fenómenos e inundaciones por escorrentía torrencial de gran velocidad, este es el caso de la cuenca del río Salado en la Provincia de Chañaral.

Los efectos en la población y sus actividades que producen este tipo amenaza, estarán condicionados por las siguientes variables:

- (a) Tiempo de Aviso: En general, las inundaciones por desborde de cauce tienen un tiempo de aviso suficiente, ya que los procesos de inundación son paulatinos y permiten evacuar a la población.
- (b) La intensidad y velocidad con que ocurre el fenómeno.
- (c) Densidad de Población: En caso de que la población se encuentre directamente en la zona de inundación y no sea evacuada oportunamente, pueden ocurrir muertes, heridos, enfermedades, daños estructurales, etc. Si la inundación no afecta directamente a la población, puede producir cortes de caminos, daños a la infraestructura sanitaria (por ejemplo, destruir captaciones de agua para el consumo humano) o un costo económico en reparaciones y medidas de mitigación.

Los pocos antecedentes históricos se concentran principalmente alrededor de los centros poblados mayores de la región, que son Chañaral, Copiapó y Huasco, los cuales evidencian registros de inundaciones desde 1833 a 1997 estos según datos obtenidos del Estudio Fundado de Riesgo, Actualización Plan Regulador Intercomunal Costero de Atacama 2011. (Tabla N°7) (Ver Registro sobre crecidas históricas del Río Copiapó)

**Tabla N°7**  
**Antecedentes Históricos de Desborde Cursos de Agua Región de Atacama**

Año	Evento	Observación
1833	Desbordes del río Copiapó.	
1835	Desbordes del río Copiapó.	
1877	Fuertes daños en Chañaral	
1888	Desbordes del río Copiapó y Huasco.	
1891	Desbordes río Copiapó y Huasco	
1899	Desbordes del río Copiapó y Huasco	
1902	Desbordes del río Copiapó	
1906	Desbordes del río Copiapó.	Se reportaron 1.5 metros de agua en el centro de la ciudad.
1818	Desbordes del río Salado.	
1934	Desbordes del río Copiapó.	Barrios de la Chinita y la Chimba con 50 cm de agua.
1938	Desbordes del río Copiapó.	Las calles Colipí, Copiapó y Shalt presentan 40 cm de agua.
1967	Desbordes del río Copiapó	
1972	Desbordes del río Copiapó.	
1987	Desbordes del río Copiapó.	Causó daños en sector de Planta Ojancos donde las caudalosas aguas del río arrastraron el puente peatonal existente, e incluso inundaron la planta misma. Adicionalmente, se registraron 4.796 damnificados producto de estos temporales. En sector de Viñita Azul y quebrada de Paipote se produjeron desbordes del río, donde en algunos lugares éste se juntó con el canal Mal Paso.
1991	Desbordes del río Copiapó y Huasco	Causa inundaciones en las casas y calles de Copiapó, Vallenar y Huasco (Castro et al., 2010).
1997	Inundaciones / desbordes en Copiapó	

FUENTE: Elaboración propia según datos Estudio fundado de Riesgo, Actualización PRICOST.

**Registro sobre Crecidas históricas del río Copiapó.**

Crecida Año 1987 en Estación Río Copiapó.



Crecida Año 1997. Estación Río Copiapó



Crecida de 1997 en Estación Río Copiapó

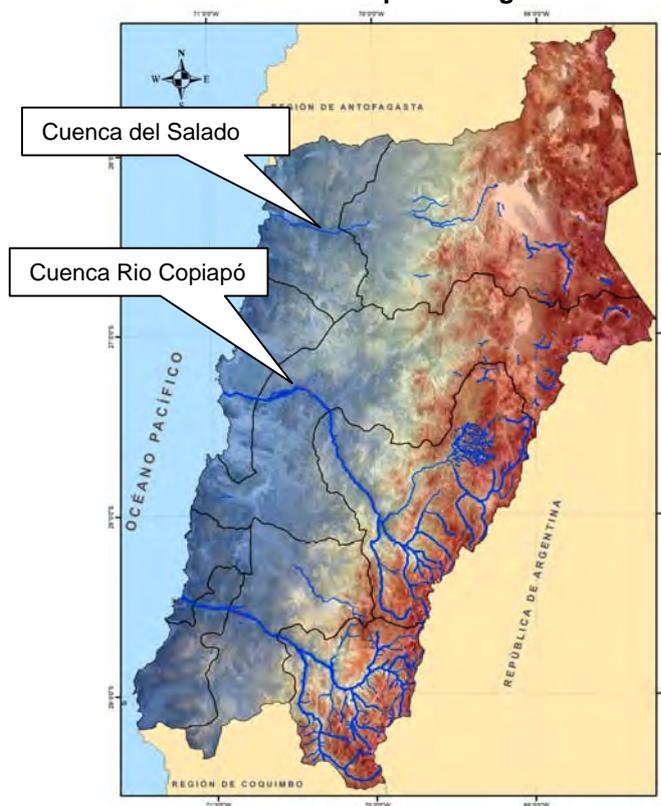


FUENTE: Estudio Fundado de Riesgo, Actualización Plan Regulador de Copiapó 2012.

Fig. Nº36

Sistemas Fluviales Jerárquicos Región de Atacama

Para ordenar el territorio, y en especial para la definición y prevención de riesgos hidrológicos, es fundamental conocer los sistemas fluviales de la región de Atacama, su comportamiento, su régimen estacional, sus crecidas y estiajes y más o menos su frecuencia (Figura 36).



Fuente: Elaboración propia.

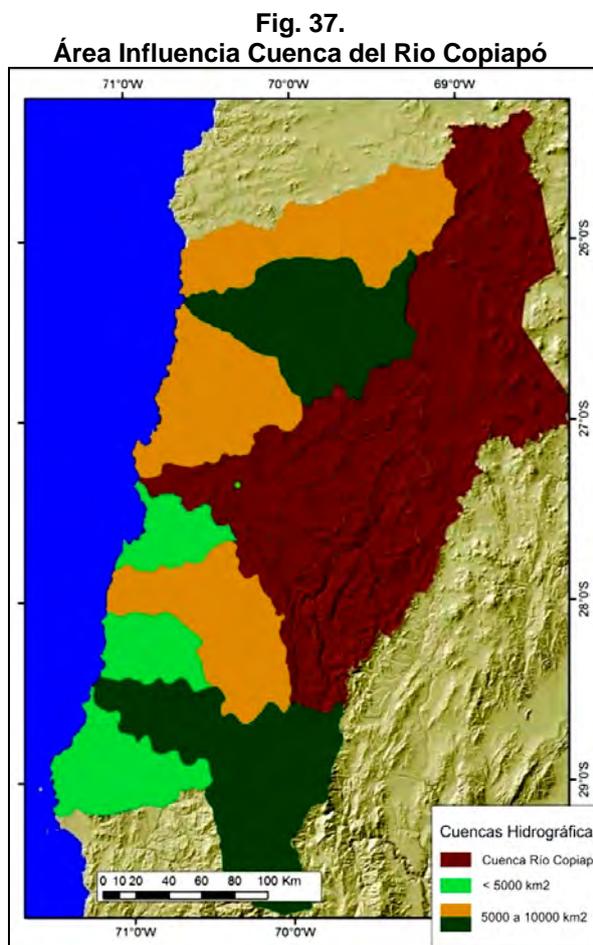
**a) Sistemas Fluviales jerárquicos de la Región de Atacama.**

*i. Cuenca del Río Copiapó*

El valle de Copiapó es el primero de norte a sur en la zona de los valles transversales, está dividido en dos sectores perfectamente definidos, tanto por su orientación geográfica como por el origen de las aguas para el riego con una superficie de cuenca de 18.400 km<sup>2</sup> y una longitud de 292 kilómetros<sup>26</sup>.

El sector superior ubicado entre el embalse Lautaro y la ciudad de Copiapó, se desarrolla en dirección general sur a norte y se forma gracias a la reunión de sus tres principales afluentes: los ríos Manflas, Pulido y Jorquera. Entre los tres ríos, drenan un área de Cordillera de aproximadamente 7.560 Km<sup>2</sup>.<sup>27</sup> (Figura 37).

Numerosas quebradas secas, algunas de gran desarrollo, caen al río principal por ambos lados, pero debido a su carácter no aportan agua, salvo a través de los grandes aluviones por medio de los cuales descienden importantes corrientes de barro. La más grande de estas quebradas es la Paipote, que cae por el norte pocos km aguas arriba de la ciudad de Copiapó.



FUENTE: Elaboración propia.

*ii. Cuenca del Río Huasco*

La cuenca hidrográfica del río Huasco está ubicada en la III Región de Atacama y se extiende aproximadamente entre los paralelos 28°30' y los 29°40' de latitud sur, con una extensión de 9.850 km<sup>2</sup>.

El río Huasco se forma en Junta del Carmen, a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia de los ríos del Tránsito que viene del NE y del Carmen del SE.

La hoya del río del Tránsito o de Naturales se desarrolla al NE y comprende una superficie de 4.135 km<sup>2</sup> con una longitud desde el nacimiento del subtributario principal, de 108 km hasta la Junta del Carmen. Se forma de la confluencia de los ríos Conay y

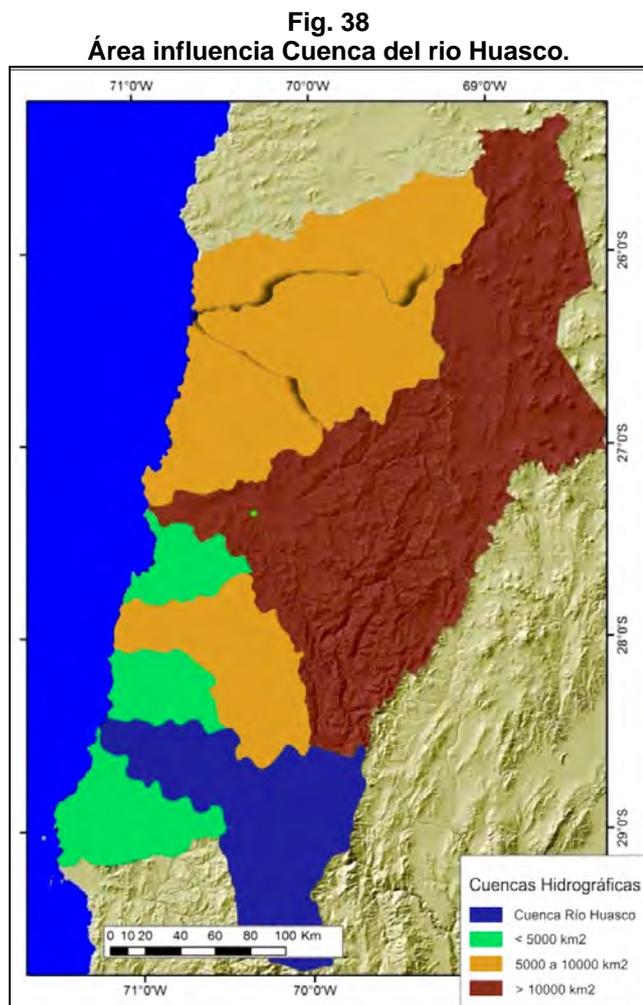
<sup>26</sup> Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Copiapó 2004.

<sup>27</sup> El Riego en Chile, Julio Sandoval Jeria, 2003

Chollay, en la Junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen. A su vez el Conay provienen de la confluencia en plena cordillera andina, de los ríos Laguna Grande y Laguna Chica, que se generan en sendas lagunas homónimas. (Figura 38)

La hoya del río del Carmen o de Españoles tiene una superficie de 2.860 km<sup>2</sup>. En su límite norte se encuentra la sierra del Medio o Tatul, que disminuye paulatinamente de altura desde la frontera hasta la Junta del Carmen. Dos ríos principales y de escurrimiento permanente contribuyen a la formación del río del Carmen. Desde la cordillera baja el río Potrerillo, que confluye con el río Matancilla en la localidad de Potrerillo, para formar el río del Carmen propiamente tal.

En la cuenca del río Huasco, y para controlar de mejor manera las aguas de riego del valle, se emplaza el Embalse Santa Juana que se ubica aproximadamente a unos 20 Km al oriente de Vallenar y tiene una capacidad útil de almacenamiento de 166 Hm<sup>3</sup>, los cuales permiten incrementar la superficie regada de 2.000 ha, con seguridad 85% en la situación sin embalse, a 10.000 ha, con seguridad 85%, con embalse. (Fuente: El riego en Chile, Julio Sandoval Jeria, 2003).



FUENTE: Elaboración propia.

Es importante tener presente, en la eventual posibilidad de un riesgo antrópico, las características generales del embalse Santa Juana desde el punto de vista hídrico, debido a la proximidad que presenta con la ciudad de Vallenar (20km).

Características del embalse:

- Área inundada: 410 ha
- Tipo presa: gravas compactadas con pantalla de H.A (CFGD)
- Altura muro: 114,30 metros
- Longitud coronamiento: 390 metros
- Ancho coronamiento: 6 metros
- Nivel aguas máximas: 646,52 metros.

### b) **Crecidas de Río**

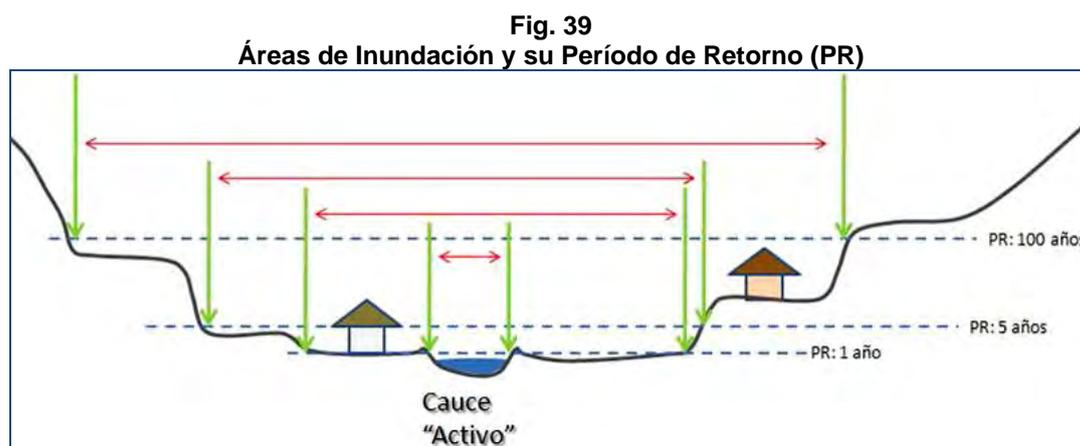
El concepto de crecida de río, es un proceso natural, sin periodicidad y de grandes consecuencias ambientales, constituido por un incremento importante y repentino de caudal en un sistema fluvial. Lleva consigo un ascenso del nivel de la corriente, el que puede desbordar el cauce menor para ocupar progresivamente el cauce mayor, hasta alcanzar un máximo o punta de caudal o caudal-punta.

Cada crecida presenta una distinta progresión o evolución en el espacio y en el tiempo, un distinto desarrollo desde su origen hasta el final de proceso, reflejados en su hidrograma, estableciéndose dos parámetros fundamentales: la velocidad de la crecida y su duración en el tiempo. Aunque cada sistema fluvial tiene un tipo de evolución que suele cumplir, el hidrograma de una crecida suele presentar una curva de ascenso muy brusca, que refleja un rápido proceso de concentración de caudal, y un descenso lento y paulatino de las aguas.

Este tipo de fenómenos pueden afectar tanto a áreas productivas como urbanas, generando problemas principalmente de cortes e interrupción de la red vial y obras hidráulicas. En sectores urbanizados, las deficiencias o inexistencia de sistemas de drenaje o evacuación de aguas lluvias, generan situaciones de anegamiento que afectan directamente a la población residente.

Un parámetro importante para el mapeo de las zonas susceptibles, es el “período de retorno” o “intervalo de recurrencia” y que básicamente, es la probabilidad de ocurrencia de un evento de magnitud dado en un período de tiempo conocido.

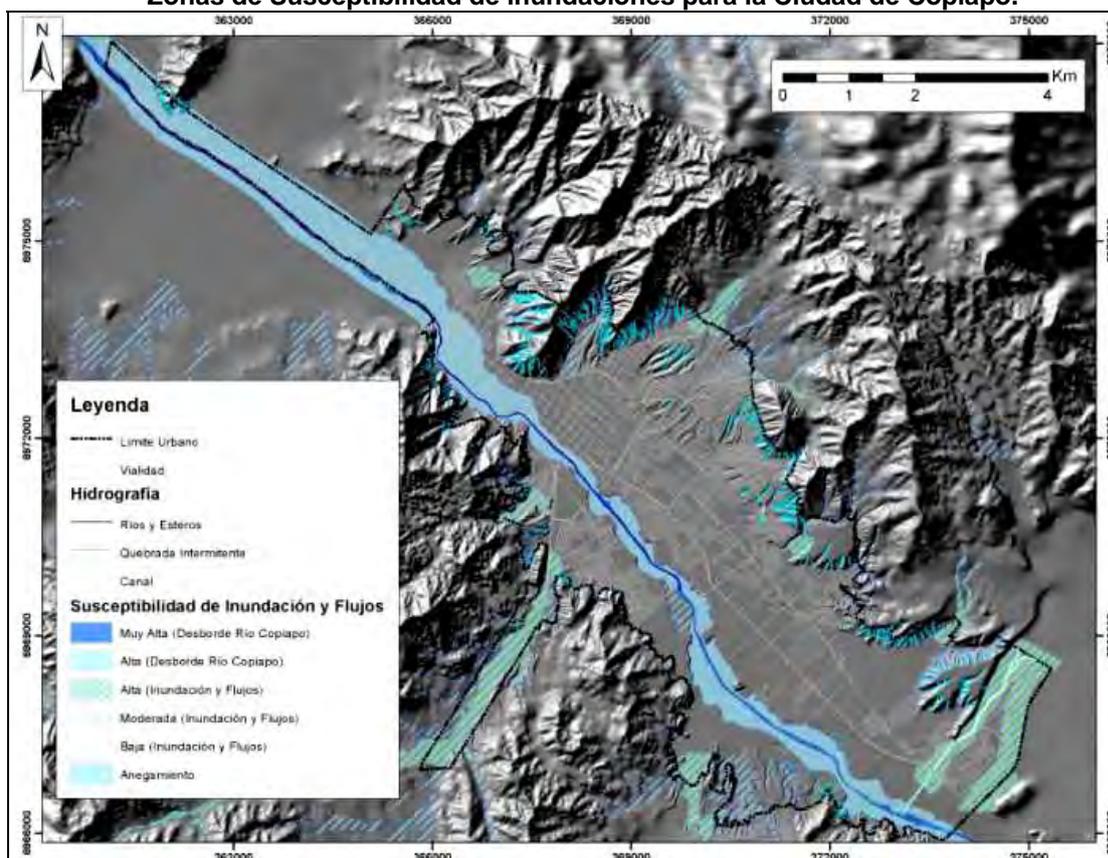
En la Figura 39 se muestra el perfil transversal de un río, destacando el cauce principal y los distintos niveles de terrazas fluviales. Las líneas discontinuas azules muestran la altura de inundación con su período de retorno en años. Un período de retorno de un año significa que cada año se inundará esa área, un período de retorno de 5 años, significa que la zona en esta área de influencia debería inundarse una vez cada 5 años (es decir, una probabilidad de 1/5).



A partir del análisis realizado por el estudio fundado de riesgo para la actualización del Plan regulador de Copiapó, por medio de fotografías aéreas e imágenes satelitales,

mapeo geológico y los estudios anteriores revisados como la consultoría análisis de zonas de inundación del río Copiapó en comunas de Tierra Amarilla y Copiapó (Prisma Ingeniería, 2002; Castro et al., 2010), se determinó la zonificación del área susceptible a inundación para el radio urbano de la ciudad de Copiapó (Figura 40)

**Fig. 40**  
**Zonas de Susceptibilidad de inundaciones para la Ciudad de Copiapó.**



FUENTE: Estudio Fundado de Riesgo, Actualización Plan Regulador de Copiapó 2012.

- *Muy Alta de Inundación por Desborde del río Copiapó:* Corresponden a áreas ubicadas en el cauce natural del río Copiapó. Geológicamente corresponden a depósitos fluviales activos del río y coinciden en gran parte con las áreas de inundación con un período de retorno menor a 5 años.
- *Alta de Inundación por Desborde del río Copiapó:* Corresponde a la Terraza Inferior del río Copiapó reconocida a partir del análisis geológico y geomorfológico. Al este de la Ruta 5 Norte coincide con las zonas de protección propuestas por Prisma Ingeniería (2002). Por otro lado, al oeste de la Ruta 5 Norte, esta zona cubre una superficie mucho mayor a la propuesta por Prisma Ingeniería como área de inundación para un período de retorno de 100 años, ya que considera los depósitos fluvio-aluviales reconocidos como evidencia de inundaciones y flujos de barro prehistóricos. De acuerdo a lo anterior, se estima que esta zona corresponde a un sector de inundación

con un período de retorno mayor a 100 años, pero factible de acuerdo a las evidencias encontradas.

- *Alta de Inundación por Desborde de Cauces y Flujos*: Geológicamente corresponden a los depósitos fluvio-aluviales activos de quebradas cuya área drenada es mayor a 2 km<sup>2</sup>.
- *Moderada de Inundación por Desborde de Cauces y Flujos*: Geológicamente corresponden a los depósitos fluvio-aluviales activos de quebradas cuya área drenada es menor a 2 km<sup>2</sup>.
- *Baja de Inundación por Desborde de Cauces y Flujos*: Corresponden a todas aquellas áreas ubicadas a menos de 10 m de quebradas sin depósitos fluvio-aluviales activos asociados.
- *Anegamiento*: Corresponden a zonas deprimidas ya sean naturales o de origen antrópico.

### **c) Drenaje o escurrimiento de la cuenca del río Copiapó**

Desde el año 1997 y mediante la ley N° 19.525, la Dirección de Obras Hidráulica adquirió la competencia en el tema del drenaje de las aguas lluvia en las ciudades. Los primeros estudios para solucionar el tema de las inundaciones de las ciudades, de acuerdo a la ley, es desarrollar el Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvia de la ciudad en estudio.

Un Plan Maestro corresponde a un conjunto de estudios orientados a la planificación del drenaje urbano en una ciudad (área en estudio) en un horizonte de tiempo (2032), considerando su interacción con su cuenca a-portante externa y los cauces receptores. Como resultado de este estudio, se define la red primaria de evacuación y drenaje de aguas lluvia que será de responsabilidad de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Como componentes del Plan Maestro se considera:

- Estudiar el problema de la evacuación y drenaje de las aguas lluvia para la ciudad de Copiapó proponiendo una solución integral y coherente con su cuenca a-portante y los cauces naturales receptores.
- Realizar una caracterización y diagnóstico de la infraestructura existente en la situación actual y futura de la cuenca de Copiapó, esto con un desarrollo del área en estudio a 30 años.
- Definir el período de retorno adecuado para las soluciones de los problemas.
- Obtener una priorización mediante evaluación económica y otros criterios técnicos de los proyectos de inversión.

Es decir el Plan Maestro propone a nivel de pre-factibilidad una solución técnica mediante la definición de la implementación de infraestructura adecuada a los problemas de inundación de la ciudad y una priorización de las obras a realizar en el área en estudio.

Un sistema de drenaje consiste en un colector principal, la obra de descarga de éste al cauce principal u a otro colector, sus ramales afluentes, cámaras de inspección y limpieza, y los sumideros que son las instalaciones que captan el agua que escurre por la calzada.

Normalmente en una ciudad por falta de espacio, la mayoría de los colectores no están a la vista y por lo tanto éstos van bajo tierra. Estos colectores subterráneos se separan a su vez en dos grupos, primero aquellos que no van a mucha profundidad y los que son construidos mediante la colocación de tuberías prefabricadas o cajones de hormigón armado construidos in situ en zanjas previamente excavadas y luego éstas rellenas y compactadas.

En la identificación de la infraestructura de aguas lluvias existentes que realizó la Dirección de Obras Hidráulicas de la Región de Atacama para el Plan Maestro de Evacuación de aguas Lluvias de Copiapó, se han agrupado dos grandes grupos que abarcan todas las vías de escurrimiento de las aguas lluvias de la localidad de Copiapó:

- Red de colectores de aguas lluvias.
- Red de canales, cauces naturales, tranques de retención y vías de escurrimiento. (Ver siguientes imágenes).

#### Ejemplos de colectores u obras de drenaje de aguas lluvias



Fuente: Informe, Obras de drenaje de aguas lluvias <http://www.doh.gob.cl/productosyservicios/tiposproducto/Paginas/default.aspx>

- *Red de Colectores de aguas Lluvias*

En el caso de la ciudad de Copiapó, toda la red de colectores de aguas lluvia existente, es del tipo independiente o separada, con la excepción del centro de la ciudad que posee algunos sumideros conectados al colector de aguas servidas del sector, los que al parecer, dados los diámetros de estos colectores, han sido conectados en forma clandestina ante una emergencia<sup>28</sup>.

Ne la ciudad de Copiapó se han detectado ocho colectores pertenecientes a la red separada de aguas lluvias y uno de aguas servidas, los que se han identificado a través de un nombre que corresponde generalmente a la calle principal por donde se desarrolla,

<sup>28</sup> Plan Maestro De Aguas Lluvias. Dirección de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Junio 2004

tal cual se indica en el Cuadro N°11, y sus cámaras de inspección mediante un orden numérico secuencial.

**Cuadro N°11**  
**Características de Colectores Existentes.**

Nombre Del Colector	Cámaras	Diámetro	Longitud	Material	Lugar De Descarga
Av. La Paz	3	600	105	CC	Río Copiapó
Maipú	2	300 - 3x110	46	CC-PVC	Calle Maipú con 19 de Mayo
Einstein	5	300 - 4x110	168	CC-PVC	Avda. Los Loros con Einstein
Loreto	2	300	34	CC	Calle Einstein con C. Cortés
Caupolicán	3	600	55	CC	Calle Einstein con C. Cortés
Brasil	3	500	165	CC	Cancha de fútbol
Cementerio (*)	1	0.70x1.00	275	Hormigón	Avda. La Paz
Saltory	5	200	27	CC	Av. La Paz
Aguas Servidas Matta	11	250-400	--	CC	--

(\*): Canal de sección rectangular dentro del cementerio.

Los colectores identificados son todos de tipo circular de PVC y cemento comprimido, con diámetros que varían entre los 110 mm y los 600 mm. El estado en general de los colectores se presenta en buenas condiciones.<sup>29</sup>

- *Red de canales, cauces naturales y vías de escurrimiento.*

**Canales:** Los principales canales que atravesaban la ciudad de Copiapó al año 2004, según el Plan Maestro de Aguas Lluvias para la ciudad de Copiapó, eran cuatro: Punta Negra, San Fernando, La Ciudad y La Chimba, los cuales desaparecen dentro de la ciudad, ya que su trazado ha sido borrado por nuevas urbanizaciones, produciendo inundaciones dentro de las viviendas cuando estos canales conducen aguas lluvias. Estos canales a la fecha del estudio se encontraban ya en desuso y por sus características no fueron considerados como alternativas de solución para un eventual escurrimiento de aguas lluvias.

**Cauces Naturales:** Los principales cauces naturales que captan, conducen y descargan aguas lluvia y que influyen (o pueden influir) significativamente en la evacuación de los caudales originados en tormentas que caen sobre el área de Copiapó, se resumen a uno principal, cauce levantado topográficamente y que corresponde a la Quebrada Paipote, la que se encuentra ubicada en el sector nororiente de la ciudad y cuyo cauce al entrar a la zona urbana escurre paralelo al camino hacia Diego de Almagro, ruta C-17.

Desde la población Estación Paipote hacia el sur, la quebrada tiene una sección trapezoidal de 12,5 m de base. Hay restos de lo que pudo ser un pavimento asfáltico en el fondo de la sección, que se ha desgastado con las crecidas de la quebrada y posee revestimiento lateral en algunos sectores. Este tipo de sección continúa hasta el cruce con la calle "Antiguo camino al norte", donde existe un badén de cruce. Desde ahí en adelante la sección es en tierra con peraltes laterales de aproximadamente 1,5m de alto y se estrecha hasta desembocar en el río Copiapó con un ancho basal de 7,5 mt tramo que actualmente se encuentra en construcción para su reforzamiento (Ver siguiente Imagen).

<sup>29</sup> Plan Maestro De Aguas Lluvias. Dirección de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Junio 2004

**Obras de Contención de Cauce Quebrada Paipote 2012**



Fuente: Elaboración Propia

**d) Comportamiento de Sistema de Drenaje en la Cuenca del Rio Copiapó**

Para el desarrollo del Plan Maestro de evacuación de aguas lluvias (año 2004) se evaluó el comportamiento del sistema de drenaje ante los eventos de lluvias correspondientes a distintos períodos de retorno escogidos para la red de drenaje, en este caso fue de 5, 10 y 50 años. El período de 50 años de retorno, fue definido considerando el hecho de que los tranques retenedores existentes están diseñados para aquella probabilidad de ocurrencia. Para establecer este diagnóstico de funcionamiento del sistema ante las situaciones planteadas se realizó una modelación que considero los distintos elementos que lo constituyen y que se abordaron también anteriormente en el presente informe. (Fig. 41).

Como resultado final de la evaluación se obtuvieron las zonas de inundación detectadas por la modelación realizada, lo que permitió definir los sectores que debían ser intervenidos en términos de aguas lluvias y sobre los cuales se debían plantear soluciones adecuadas, las que al día de hoy en su mayoría están implementadas.

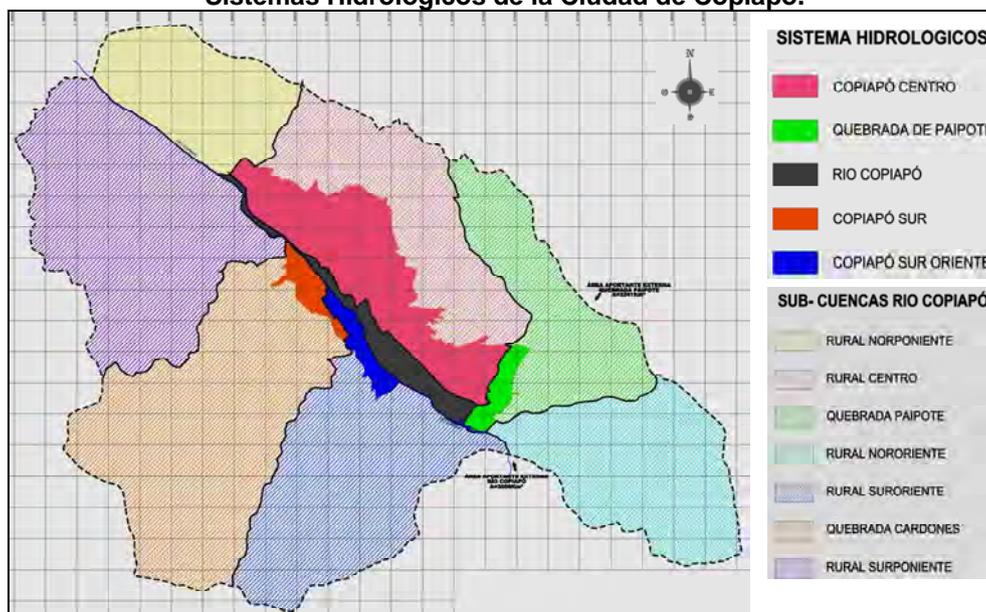
La evaluación del comportamiento de sistema de drenaje de la cuenca del Rio Copiapó para los distintos escenarios de retorno, debió realizarse de acuerdo a los sistemas hidrológicos definidos para los patrones de drenaje de la ciudad de Copiapó y que se presenta a continuación en el Tabla N°8, donde debe considerarse que la modelación de los sistemas de drenaje fue realizada bajo dos escenarios: el primero corresponde a la situación actual de la infraestructura existente y del uso de suelo; el segundo corresponde a la situación futura, que incluye la expansión urbana hacia el horizonte del proyecto (2032), tal cual se ha considerado en el estudio de suelo señalado en los acápite anteriores.

**Tabla N°8**  
**Sistemas Hidrológicos de la Ciudad de Copiapó**

Sistema	Descripción
Sistema Copiapó Centro	En ambos escenarios de modelación, se muestra que los colectores pertenecientes al sistema no presentan problemas de desbordes para lluvias con probabilidad de ocurrencia hasta 10 años. Sólo algunas cámaras se encuentran trabajando en presión. En cambio para la lluvia mayor modelada, 50 años, tanto los colectores Maipú, Einstein y Brasil, presentan una capacidad insuficiente, lo que provoca importantes desbordes que son conducidos por las calles del sector donde destacan las avenidas Copayapu y Circunvalación además de la calle Los Carrera.
Sistema Río Copiapó	A este sistema drenan directamente todas las áreas urbanas que se encuentran en las proximidades del Río Copiapó, por lo que para los distintos eventos de precipitación analizados no existen problemas de desbordes.
Sistema Quebrada Paipote:	El cauce principal de la quebrada no presenta problemas para los eventos de precipitaciones analizados, lo cual es consecuente con el nivel de seguridad planteado en el proyecto de mejoramiento del cauce realizado hace un par de años. Existen sólo aposamientos en algunas calles del sector, especialmente en la calle Juan Serapio Lois, los que resultan importantes sólo con lluvias mayores.
Sistema Copiapó Norponiente	Las áreas incluidas dentro del sistema se ubican en la salida norte de la ciudad, en la faja comprendida entre la Ruta 5 y el río Copiapó. Dado que actualmente no poseen ningún desarrollo urbano, su drenaje se realiza naturalmente hacia el río, motivo por el cual no existen problemas de anegamiento de vías.
Sistema Copiapó Sur	En ambos escenarios de modelación se muestra que los colectores Cementerio y La Paz, pertenecientes al sistema, no presentan problemas de desbordes para lluvias hasta 10 años de período de retorno, en cambio para eventos mayores, los colectores se encuentran mayoritariamente trabajando en presión e incluso el colector La Paz posee desbordes.

FUENTE: Elaboración propia en base al Plan Maestro de evacuación de aguas lluvias (2004)

**Fig. 41**  
**Imagen planimetría de Sub-cuencas Río Copiapó y**  
**Sistemas Hidrológicos de la Ciudad de Copiapó.**

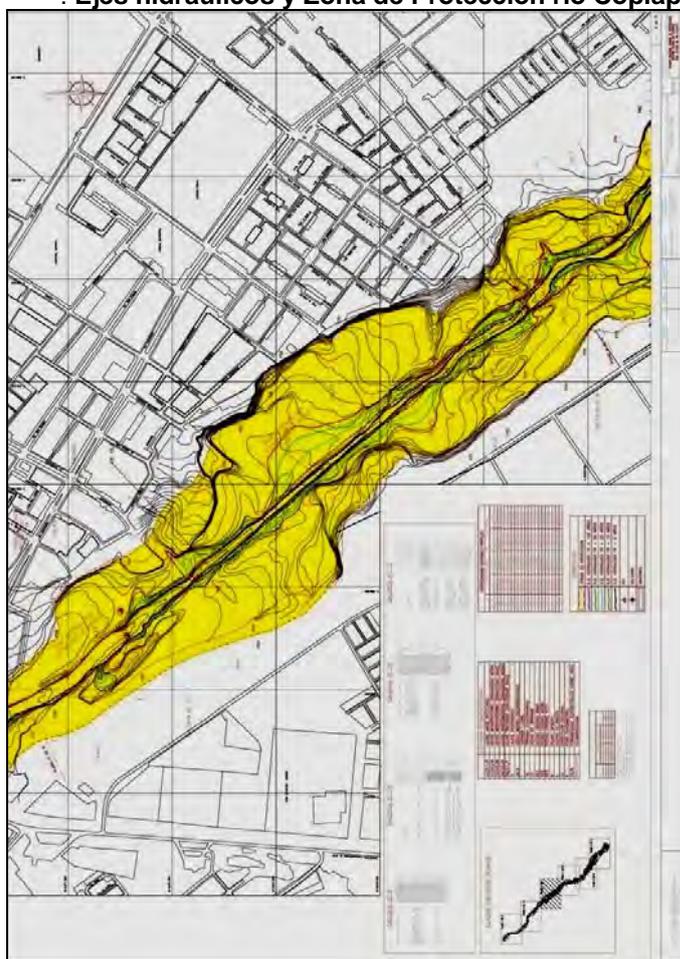


FUENTE: Elaboración propia en base al Plan Maestro de Aguas Lluvia ciudad de Copiapó.

Los ejes hidráulicos que se definieron en el plan Maestro de evacuación de aguas lluvias para el cauce del río Copiapó son cinco (100, 50, 25, 10 y 5 años), más una zona de protección graficada en color amarillo (Figura 42). La planimetría que contiene los ejes hidráulicos y sus correspondientes perfiles longitudinales y transversales son:

- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 20 al 17,844.
- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 18,074 al 15,503.
- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 15,503 al 13,611.
- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 13,812 al 12,018.
- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 12,123 al 9,845.
- Planta general zonas de protección sector ciudad de Copiapó Km 10,399 al 8.

**Fig. 42**  
**: Ejes hidráulicos y Zona de Protección río Copiapó**

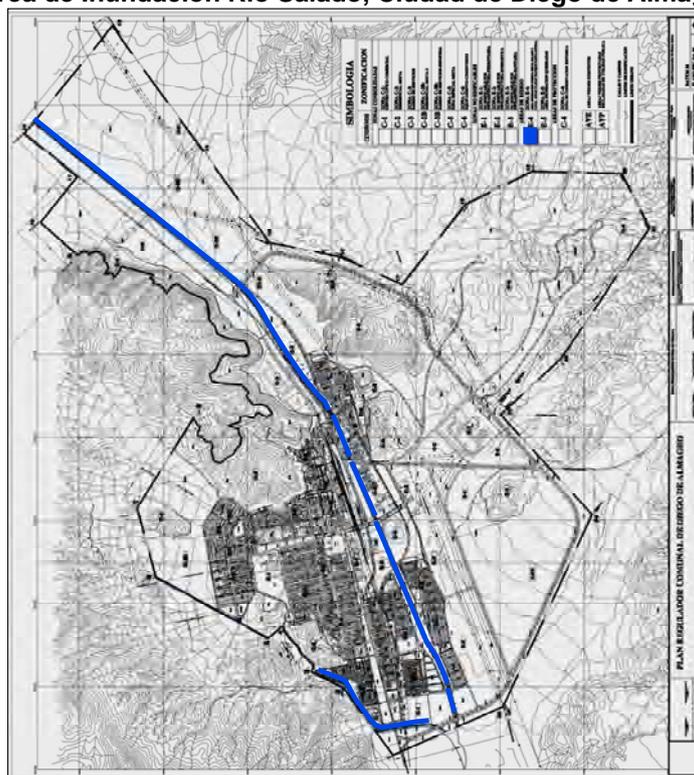


FUENTE: Estudio Análisis Zonas de Inundación Río Copiapó, Comunas de Tierra Amarilla y Copiapó.

En relación a los instrumentos de planificación normativos existentes en la región, sólo el Plan Regulador de Diego de Almagro, aprobado el año 2011, es el que aborda esta la temática de inundación por crecida de ríos, definiendo para el área de estudio, una zona

de riesgo por área de inundación de la cuenca del río Salado y el canal aguas claras, tanque Pampa Austral (zona E-4). El resto de los asentamiento humanos que son afectados por este tipo de amenaza aun no tienen desarrollado su plan regulador comunal, salvo la ciudad de Copiapó, pero que no actualiza su instrumento desde el año 2002. (Figura 43).

**Fig. 43**  
**Área de Inundación Río Salado, Ciudad de Diego de Almagro**



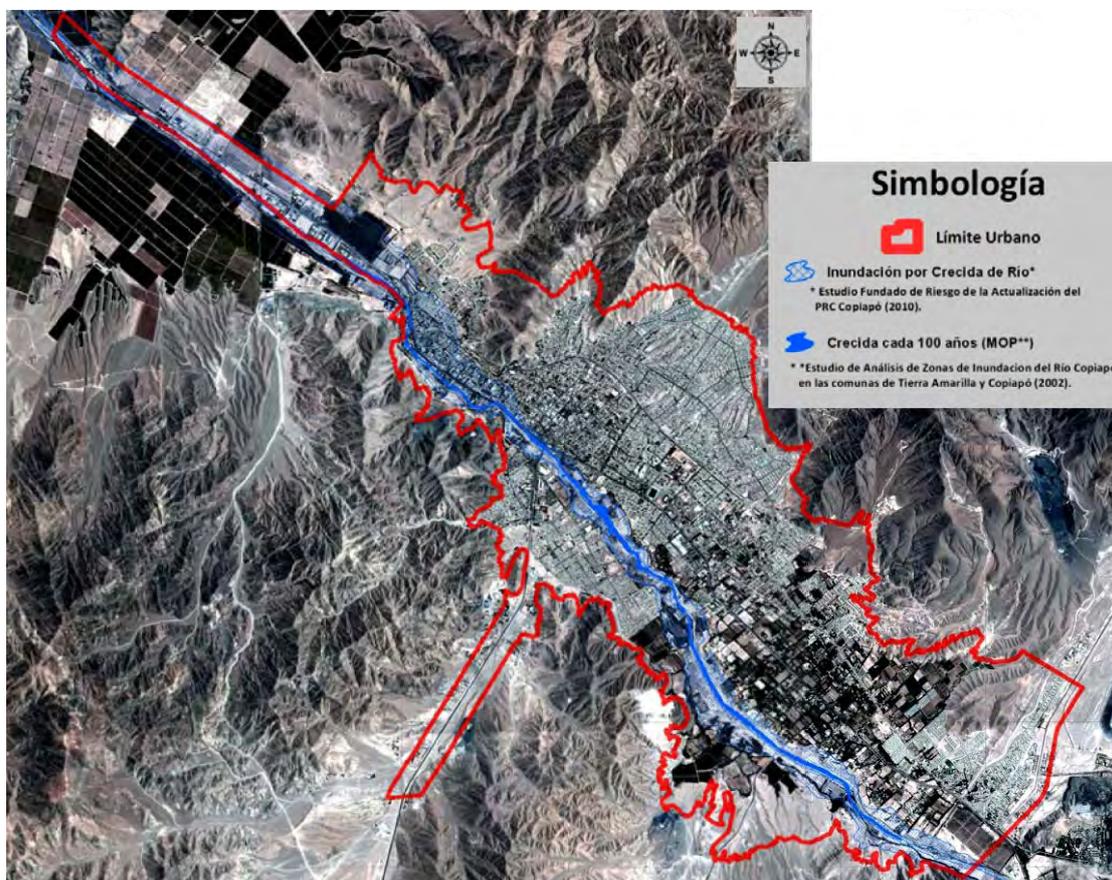
Fuente. Plan Regulador Comunal de Diego de Almagro 2011.

#### **e) Mapas de Amenaza de Inundación por Crecida de Ríos**

De acuerdo a lo anterior, se construyeron los mapas de Amenaza por Crecida de Ríos, en base de los siguientes estudios:

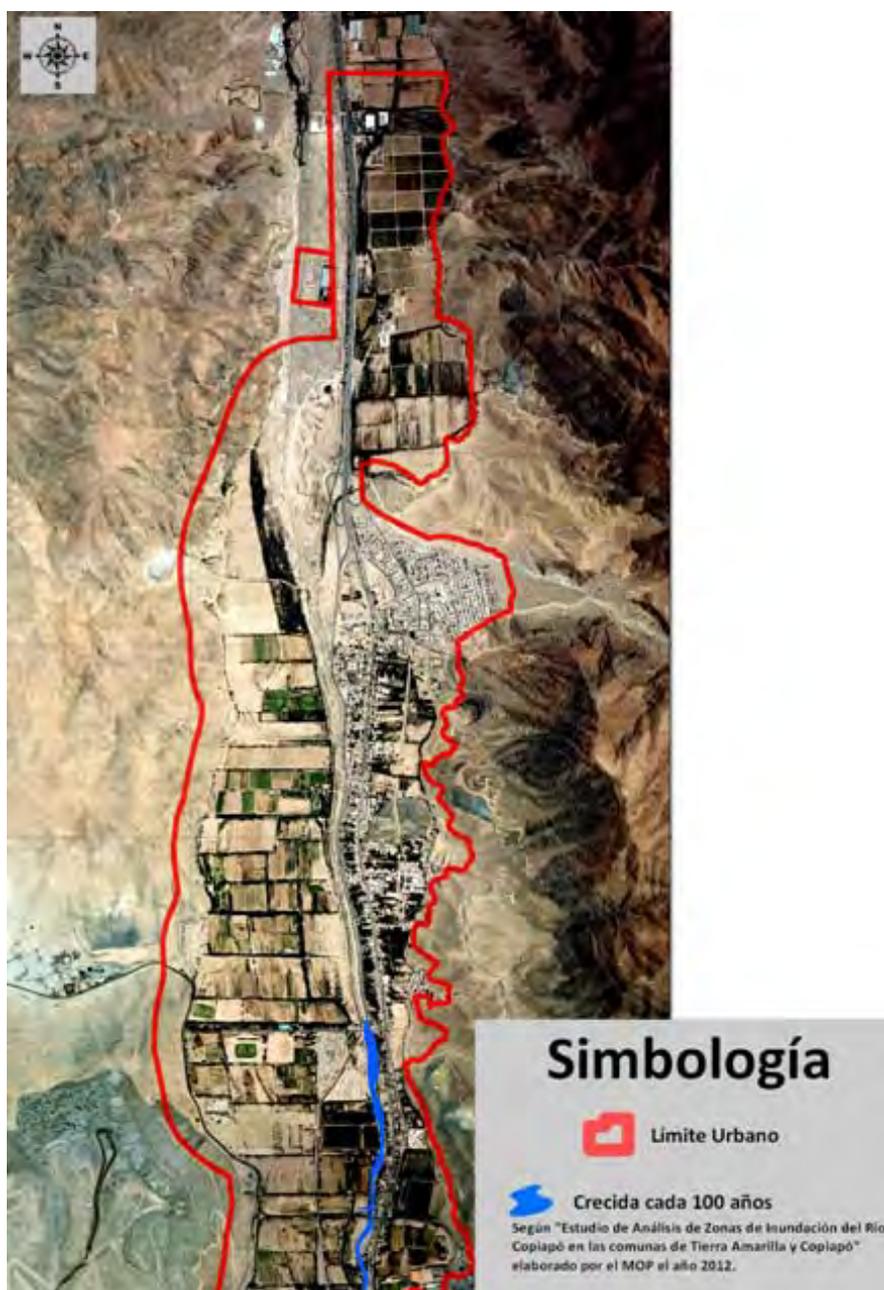
- El Estudio Fundado de Riesgos para la Actualización del Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Atacama y de que se obtienen resultados para las ciudades de Chañaral, Huasco y Freirina.
- Para las ciudades de Copiapó y Tierra Amarilla se trabajó con los datos del Estudio Fundado de Riesgo en la Actualización del Plan Regulador de Copiapó y el Estudio efectuado por el MOP en el año 2002, denominado análisis de zona de inundación del Río Copiapó en comunas de Tierra Amarilla y Copiapó”, III Región para las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla.
- Finalmente, la construcción del Mapa de Amenazas para las localidades de Alto del Carmen, El Tránsito y San Félix, se basó en el Estudio fundado de Riesgo (2009) para el Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen.

**Mapa de Amenazas por Inundación por Crecida de Ríos – Comuna de Copiapó**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Estudio fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador de Copiapó año 2010 y Estudio de Análisis de Inundación del Río Copiapó (2002)

**Mapa de Amenazas por Inundación por Crecida de Ríos – Comuna de Tierra Amarilla**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Estudio fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador de Copiapó año 2010 y Estudio de Análisis de Inundación del Río Copiapó (2002)

**Mapa de Amenazas por Inundación por Crecida de Ríos – Comuna de Huasco**



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo de la Propuesta de Actualización del Plan Regulador Intercomunal Costero año 2010.

**Mapa de Amenazas por Inundación por Crecida de Ríos – Comuna de Freirina**



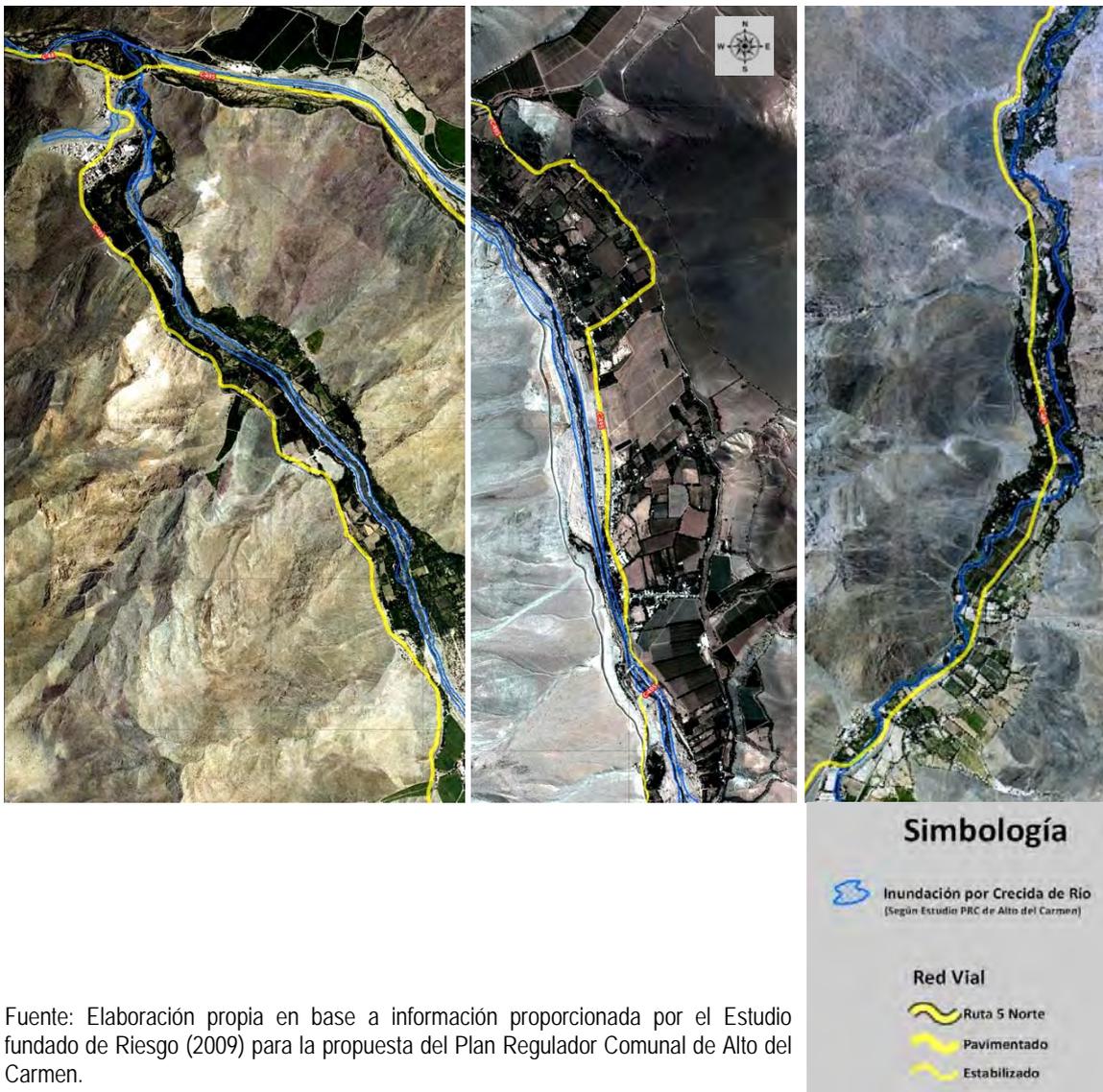
Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo de la Propuesta de Actualización del Plan Regulador Intercomunal Costero año 2010.

**Mapa de Amenazas por Inundación por Crecida de Ríos – Comuna de Alto del Carmen**

Alto del Carmen

El Tránsito

San Félix



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Estudio fundado de Riesgo (2009) para la propuesta del Plan Regulador Comunal de Alto del Carmen.

### 2.5.2 Erosión

El suelo es un recurso natural no renovable y la erosión es el proceso dinámico que más altera a este recurso. La erosividad del suelo, está relacionada a fenómenos pluviométricos e hídricos; el agua escurre por la superficie, transporta material y vulneran el estrato. Si este proceso se desarrolla sostenidamente en tiempo y sin control, se produce la degradación total (pérdida) del suelo. En el caso de la Región de Atacama, se podría afirmar que al tener la mayor parte de la superficie desprovista de vegetación, estaría expuesta a la erosión, sin embargo, el clima desértico restringe las precipitaciones y determina la acción erosiva del agua a sectores donde está disponible. El estudio de facetas ambientales del MOP (1996), refleja muy bien esta característica, es por ello que la erosividad se distribuye de la siguiente manera (Cuadro N°12):

- La erosividad baja estaría localizada en las zonas de la depresión intermedia, la Cordillera de la costa y las Planicies Litorales. Estas áreas se caracterizan por presentar escurrimientos superficiales y precipitaciones esporádicos. La capacidad erosiva de estos sistemas es baja, lo que asegura una estabilidad moderada a alta en sus cuencas de alimentación y alta en sus áreas de evacuación.
- La erosividad media se extiende en lo que se denomina cordillera de Los Andes, incluye la precordillera, los salares y el macizo transversal cordillerano. Predominan niveles moderados de energía, que generan condiciones de riesgo puntual y local, sin riesgo de destrucción total. En estos sectores los suelos están compuestos de materiales sólidos difíciles de degradar, sin embargo, factores como la pendiente y los mayores montos de precipitación ponderan a esta zona una estabilidad moderada.
- La erosividad alta, se extiende en las cuencas principales de la región: río Copiapó y Río Huasco. Debido a las características de estas cuencas las aguas escurren con un nivel de energía alto, lo que desencadena procesos de arrastre mayores que en otras cuencas, por lo tanto, la erosividad de estas cuencas también es alta. La estabilidad de estas cuencas es baja.

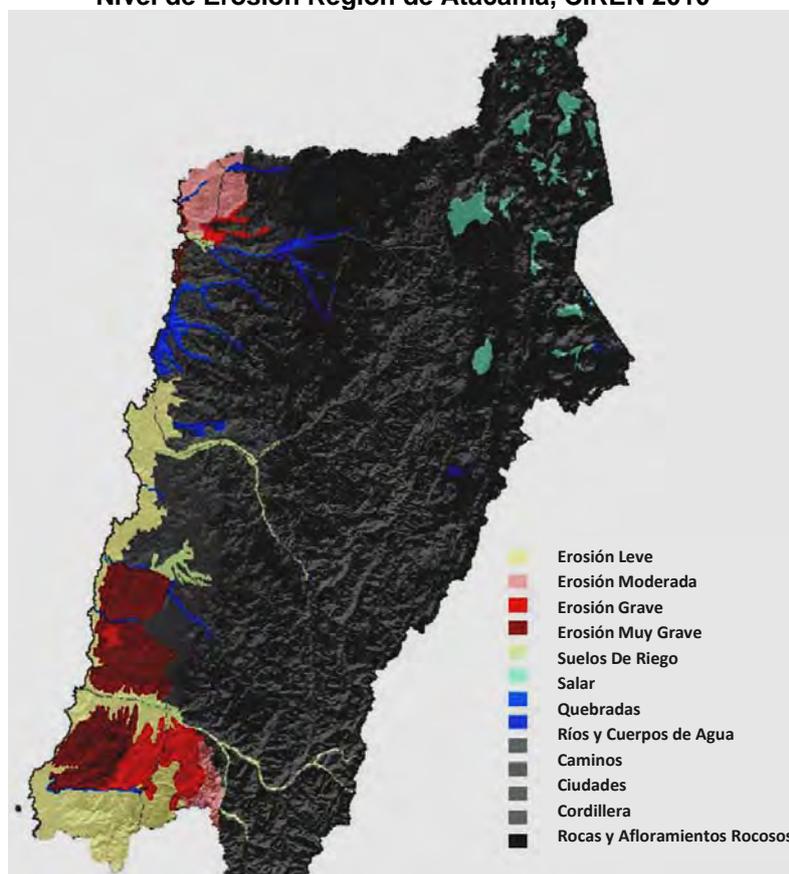
**Cuadro N° 12**  
**Resumen Regional por Comunas Degradadas**

Regiones	Comunas	Categorías			
		Grave	Media	Leve	No Registra
I	10	2	5	2	1
II	9	4	2	2	1
III	9	2	7	0	0
IV	15	8	6	1	0
V	35	14	19	2	0
RM	10	3	2	5	0
VI	33	3	10	8	12
VII	29	8	5	13	3
VIII	49	9	10	30	0
IX	30	11	14	5	0
X	42	1	23	18	0
XI	10	6	2	0	2
XII	9	5	3	0	1
TOTAL	290	76	108	86	20
%	100	26	37	30	7

FUENTE: CONAF, 2008. MOP. "Facetas Ambientales III Región" Dirección de Medio Ambiente – MOP, Santiago de Chile, 1996

En la Región de Atacama existe una superficie actual de suelos erosionados (clasificados en categorías de erosión ligera, moderada, severa y muy severa) de 4 millones de hectáreas, lo que representa el 53% de la superficie regional (Figura 44)

**Fig. 44**  
**Nivel de Erosión Región de Atacama, CIREN 2010**



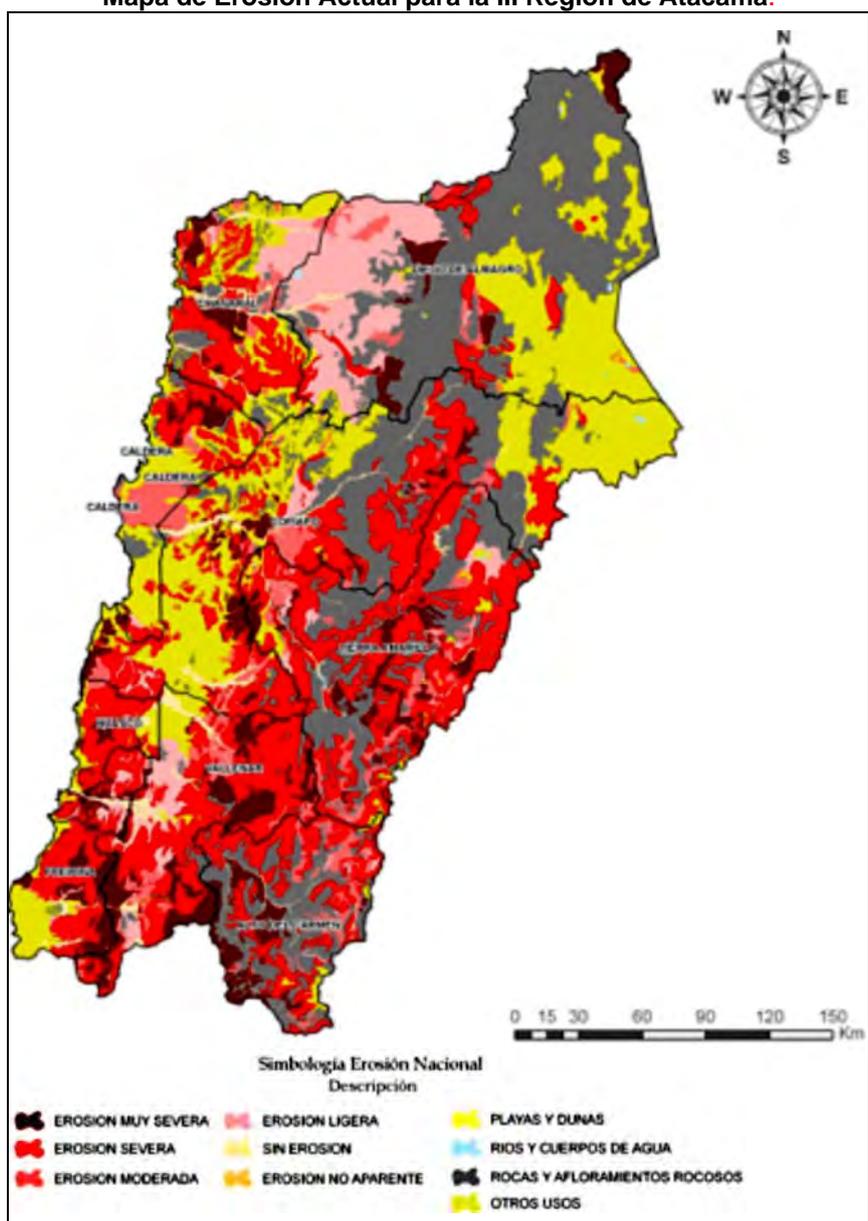
FUENTE: Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Atacama. CIREN, 2010.

Sin embargo, gran parte de esta superficie, en especial hacia la Cordillera de los Andes, ha sido afectada durante milenios por procesos de erosión de tipo geológica. Las comunas con mayores problemas de erosión actual son Vallenar (87,5%) y Freirina (74,4%). Las comunas con mayor superficie clasificada bajo las categorías de erosión “severa” y “muy severa” son Copiapó y Tierra Amarilla, las que juntas suman más de 1 millón de hectáreas bajo esta condición. La cantidad de las precipitaciones son casi nulas y la intensidad (agresividad climática) es baja en gran parte de la región, por consiguiente, el riesgo actual y potencial de erosión hídrica es bajo.

En la Región de Atacama el grado de desertificación es muy grave. Según, Soto (1997), de las 9 comunas analizadas un 22,2% y 77,8% tienen una categoría grave y moderada, respectivamente. Sin embargo, al igual que las regiones nortinas, la desertificación es causada principalmente por agentes geológicos. El estudio de erosión 1979 revela que existe una superficie de 2,57 millones de hectáreas considerada de alta fragilidad, que corresponde a un 97% del área de estudio.

En el estudio de CIREN (2010), se estableció la clasificación de erosión de los suelos. Para la clasificación de erosión de suelos se unificaron criterios de acuerdo a los estudios agroecológicos y los boletines técnicos de CONAF y el SAG, estableciendo un criterio con seis categorías: nula o sin erosión, ligera, moderada, severa, muy severa y erosión no aparente. De acuerdo a los resultados y el cruce de las variables de usos del suelo y vegetación, tipos de suelo, imágenes satelitales y curvas de nivel se generó en dicho estudio la cartografía de erosión actual (Figura 45). Las estadísticas regionales de la erosión actual se presentan en el Cuadro N°13.

**Fig. 45**  
**Mapa de Erosión Actual para la III Región de Atacama.**



FUENTE: Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Atacama. CIREN, 2010.

Las categorías de erosión expresadas en términos de superficie, indudablemente varían su significancia o proporción relativa de acuerdo al tamaño de cada región. La superficie actual de suelos erosionados (clasificados en categorías de erosión ligera, moderada, severa y muy severa) en la región de Atacama es de 4 millones de hectáreas, lo que representa el 53% de la superficie regional. Sin embargo, gran parte de esta superficie, en especial hacia la Cordillera de los Andes, ha sido afectada durante milenios por procesos de erosión natural (agua, hielo, viento), sin mayor intervención del ser humano.

**Cuadro N°13**  
**Superficie de Erosión Actual en la Región de Atacama por Comunas.**

Provincias/ Comunas	Sin Erosión	Erosión Ligera	Erosión Moderada	Erosión Severa	Erosión Muy Severa	Otras Categorías	Suelos Erosionados	Total General
<b>ATACAMA</b>	178.452	825.215	536.641	2.029.944	629.080	3.367.180	4.020.880	7.566.511
Chañaral	45.201	374.541	90.349	271.732	117.130	1.576.529	853.752	2.475.482
Chañaral	34.349	58.909	35.586	182.514	42.141	223.480	319.149	576.978
Diego de Almagro	10.852	315.633	54.763	89.218	74.989	1.353.050	534.603	1.898.505
<b>Copiapó</b>	70.857	337.574	280.729	1.033.291	203.776	1.345.471	1.855.371	3.271.699
Caldera	2.805	56.651	62.723	90.580	25.748	129.371	235.701	367.877
Copiapó	47.352	234.239	101.346	448.585	84.064	863.408	868.234	1.778.993
Tierra Amarilla	20.701	46.684	116.660	494.127	93.965	352.693	751.436	1.124.829
<b>Huasco</b>	62.393	113.099	165.563	724.921	308.174	445.179	1.311.757	1.819.329
Alto del Carmen	9.597	8.098	63.136	188.194	73.035	273.091	332.463	615.150
Freirina	10.614	22.512	15.075	136.437	64.861	71.777	238.885	321.276
Huasco	8.569	533	9.616	79.780	18.258	43.313	108.188	160.070
Vallenar	33.613	81.956	77.736	320.510	152.020	56.998	632.222	722.833

\* Suelo erosionado comprende las clases ligera, moderada, severa y muy severa. Sensor remoto no registra información en zonas con cobertura vegetal sobre el 75% (erosión no aparente).

FUENTE: Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Atacama. CIREN, 2010.

Las comunas con mayor problema de erosión son Vallenar (87,5%) y Freirina (74,4%); las con mayor superficie clasificada bajo las categorías de erosión “severa” y “muy severa” son Copiapó y Tierra Amarilla, donde ambas suman más de 1 millón de hectáreas bajo esta condición. En el Cuadro N°14 se indica el índice de riesgo de erosión potencial.

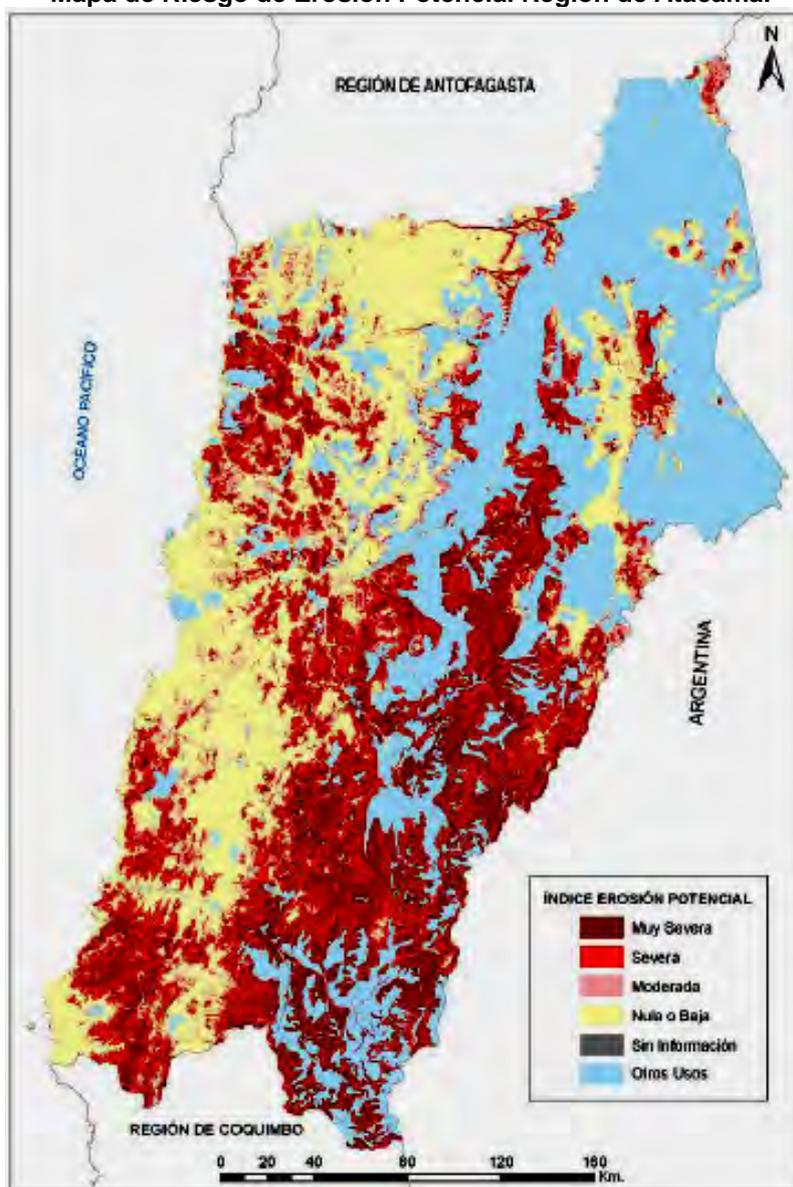
**Cuadro N°14**  
**Estadística del Índice de Riesgo de Erosión Potencial, por Comunas.**

Provincia / Comunas	Baja O Nula	Moderada	Severa	Muy Severa	Otras Categorías	Total General
<b>ATACAMA</b>	1.970.657	832.108	1.089.263	1.123.317	2.553.371	7.568.716
Chañaral	768.051	239.332	175.197	85.304	1.208.104	2.475.987
Chañaral	266.232	103.846	83.794	45.400	77.920	577.191
Diego de Almagro	501.819	135.486	91.403	39.904	1.130.184	1.898.796
<b>Copiapó</b>	808.019	370.873	520.146	547.933	1.025.824	3.272.796
Caldera	204.563	67.312	43.411	18.500	34.513	368.298
Copiapó	529.673	212.237	220.313	178.329	638.823	1.779.375
Tierra Amarilla	73.784	91.324	256.422	351.104	352.488	1.125.122
<b>Huasco</b>	394.587	221.903	393.920	490.080	319.443	1.819.933
Alto del Carmen	5.621	18.398	83.265	233.657	274.443	615.383
Freirina	107.023	58.439	91.259	58.603	6.158	321.483
Huasco	61.340	38.401	35.780	14.413	10.340	160.275
Vallenar	220.602	106.665	183.615	183.408	28.502	722.792

FUENTE: Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Atacama. CIREN, 2010.

Incorporándose estos parámetros a la cartografía regional resulta el siguiente mapa de riesgo de erosión potencial para Atacama. (Figura 46).

**Figura 46**  
**Mapa de Riesgo de Erosión Potencial Región de Atacama.**



FUENTE: Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Atacama. CIREN, 2010.

A nivel nacional, los resultados del modelo IREPOT, estima una superficie con un riesgo de erosión potencial de suelos entre moderada y muy severa de 34,1 millones de hectáreas, que corresponde al 62,7% de los suelos de Chile. Mientras que, en el actual escenario de uso del suelo, la superficie con riesgo de erosión (en esas categorías) alcanza los 27,1 millones de hectáreas.

El mayor índice de riesgo de erosión potencial severo y muy severo se encuentra en las regiones de Valparaíso (75,8%), Aysén (73,9%) y Coquimbo (72,1%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La Región de Aysén (4,97 millones de hectáreas) posee la mayor superficie de riesgo de erosión potencial, debido principalmente, a la acción humana y los indicadores de agresividad climática, y la geomorfología de cuencas. Los resultados de riesgo de erosión actual severo y muy severo, indican que las regiones con mayores índices son Coquimbo (65,3%), Valparaíso (38,1%) y O'Higgins (37,6%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La Región de Coquimbo tiene la mayor superficie de riesgo de erosión (2,4 millones de hectáreas), en estas categorías.

En la Región de Atacama la aplicación del modelo de erosión potencial indica que a nivel regional, aproximadamente 3 millones de hectáreas (60,7% de los suelos de la región) presentan un índice riesgo de erosión potencial en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase muy severa. Al incorporar la cobertura vegetal de acuerdo al modelo de riesgo de erosión actual, no hay un cambio significativo en el porcentaje regional de suelos frágiles, sin embargo hay una ligera disminución de los suelos clasificados en la clase muy severa y un aumento en la clase severa.

### 3. ANÁLISIS DE POBLACIÓN Y EDIFICACIONES

#### 3.1 Generalidades

La Región de Atacama limita al norte con la región de Antofagasta, al sur con la región de Coquimbo, al este con la República Argentina y al oeste con el Océano Pacífico; con una superficie de 75.176,2 kilómetros cuadrados (Instituto geográfico militar, 2008), lo que equivale aproximadamente al 10% del territorio nacional.

La división político-administrativa comprende 9 comunas con 3 provincias: Copiapó (capital: Copiapó), Chañaral (capital: Chañaral) y Huasco (capital: Vallenar). En la Tabla N°8 se muestra la distribución de las comunas con su respectiva provincia. (Figura 47).

**Tabla N°8**  
**Provincias/Comunas Región de Atacama.**

PROVINCIAS	COMUNAS
<b>Chañaral</b>	Chañaral, Diego de Almagro
<b>Copiapó</b>	Caldera, Copiapó, Tierra Amarilla
<b>Huasco</b>	Huasco, Freirina, Vallenar, A. del Carmen

Fuente: INE, 2002

**Fig. 47**  
**División Político-Administrativa Región de Atacama**



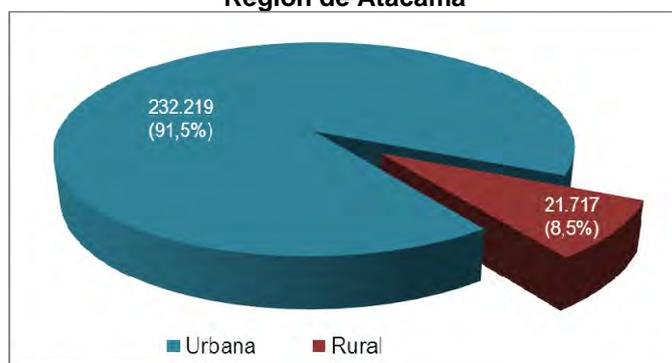
Fuente: Elaboración SIG, Dirección de Planeamiento, MOP.

#### 3.2 Distribución de la Población en el Territorio

La población de la región de Atacama, según el censo 2002, aumentó en 23.463 habitantes respecto del CENSO 1992 llegando a 254.336 habitantes, lo que constituye el 1,7% de la población nacional, de los cuales 129.147 son hombres y 125.189 son mujeres en términos relativos el 49,2% de la población regional corresponde a mujeres y el 50,8% a hombres. Esta situación ha registrado mínimas variaciones respecto al Censo de 1992. La tasa de crecimiento poblacional entre 1992 – 2002 es de 0,97% y la nacional de 1,25%.

Como se puede apreciar en el Gráfico 41, el 91,5 % reside en zonas urbanas y el 8,5% restante en el área rural, en lo que se refiere a la población total.

**Gráfico 1**  
**Distribución de la Población según Urbano-Rural.**  
**Región de Atacama**



FUENTE: INE, 2002

La población total de habitantes de la región ascienden a 254.336; de los cuales el 61,2% lo concentra la provincia de Copiapó, en segundo lugar sigue la provincia del Huasco con 26,1%, finalmente tenemos la provincia de Chañaral con un 12,6%.

A nivel comunal también hay una gran disparidad de tamaños poblacionales. La comuna de Copiapó concentra el 50,75% de la población regional, seguida por Vallenar, que concentra el 18,88%. En estas comunas están las principales ciudades de la región, tanto por su peso poblacional como por la diversidad de actividades y servicios presentes en ellas. Ambas también representan la mayor concentración urbana de sus respectivas provincias. La comuna de Diego de Almagro tiene un distante tercer lugar en el tamaño poblacional, con un 7,30% de la población regional, y con mayor número de habitantes que la comuna cabecera de su provincia, que es Chañaral (Cuadro N°15).

La tendencia indica que se mantienen las fuerzas concentradoras de la población en Copiapó, ya que registra la mayor tasa de crecimiento intercensal de la región, en el período 1992-2002. A pesar de que se registra un incremento de la población residente en otras comunas, es mucho más importante el crecimiento de la capital regional, y por ello se mantiene como la ciudad más poblada de Atacama. La primacía de Copiapó es indiscutible y probablemente no será revertida en la próxima década.

**Cuadro N°15**  
**Distribución Población según Comunas y Provincias**

Comuna	Población	Comuna	Población	Comuna	Población
Copiapó	129.091	Chañaral	13.543	Vallenar	48.040
Caldera	13.734	D. de Almagro	18.589	Alto del Carmen	4.840
Tierra Amarilla	12.888			Freirina	5.666
				Huasco	7.945
Prov. Copiapó	155.713	Prov. Chañaral	32.132	Prov. Huasco	66.491
<b>Total Región De Atacama</b>					<b>254.336</b>

FUENTE: INE, 2002

Por otro lado, de las nueve comunas de la región, la que presenta un mayor porcentaje de ruralidad es Alto del Carmen (22,3%), en segundo lugar siguen las comunas de Vallenar y

Tierra Amarilla (19,8%), tercer lugar Copiapó y cuarto Freirina, el resto de las comunas tienen un comportamiento relativamente similar (Cuadro N°16).

**Cuadro N°16**  
**Distribución de la Población según Urbano-Rural**

Comunas	Pobl. Urbana	Pobl. Rural	Total	%
Copiapó	125.983	3.108	129.091	50,75
Caldera	13.540	194	13.734	5,39
Tierra Amarilla	8.578	4.310	12.888	5,06
Chañaral	13.180	363	13.543	5,32
Diego de Almagro	17.674	915	18.589	7,30
Vallenar	43.750	4.290	48.040	18,88
Alto del Carmen	0	4.840	4.840	1,90
Freirina	3.469	2.197	5.666	2,22
Huasco	6.445	1.500	7.945	3,12
<b>Total</b>	<b>232.619</b>	<b>21.717</b>	<b>254.336</b>	<b>100,00</b>

FUENTE: INE, 2002

En cuanto a la población femenina se observa que en el área urbana las mujeres representan un 93,2% y los hombres un 89,8%; en cambio, en el área rural las mujeres son más predominantes que los hombres (1.7%). (Cuadro N°17).

**Cuadro N°17**  
**Comparativo hombres v/s mujeres, años 1992 – 2002**

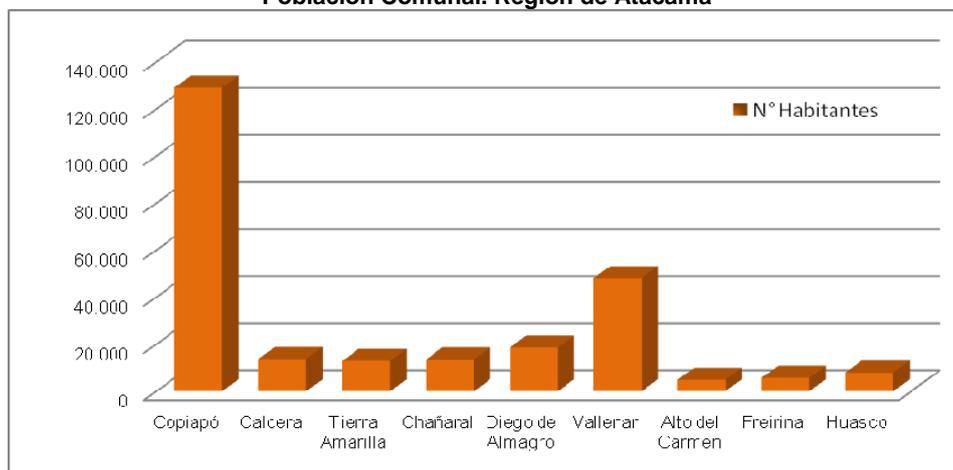
Territorio	1992			2002		
	Hombre %	Mujer %	Total %	Hombre %	Mujer %	Total %
Urbano	88,4	92,7	90,5	89,8	93,2	91,5
Rural	11,6	7,3	9,5	10,2	6,8	8,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FUENTE: INE, 2002

En cuanto a las relaciones funcionales, es evidente la supremacía que tiene la comuna de Copiapó, la que en su calidad de cabecera comunal, provincial y regional concentra la mayor cantidad de población en relación con las otras cabeceras comunales de la región.

Como se aprecia en el Grafico 2, la comuna de Copiapó (en especial la ciudad homónima) agrupa cerca del 50,75 % de toda la población regional, lo que se traduce en una fuerte concentración de equipamientos y servicios en relación con las otras comunas costeras de la región. En un análisis regional, es la comuna de Vallenar la que le sigue en importancia funcional con una población cercana a los 50.000 habitantes, siendo este, por factores de accesibilidad, el centro de abastecimiento de las comunas de Huasco y Freirina.

**Gráfico 2**  
**Población Comunal. Región de Atacama**



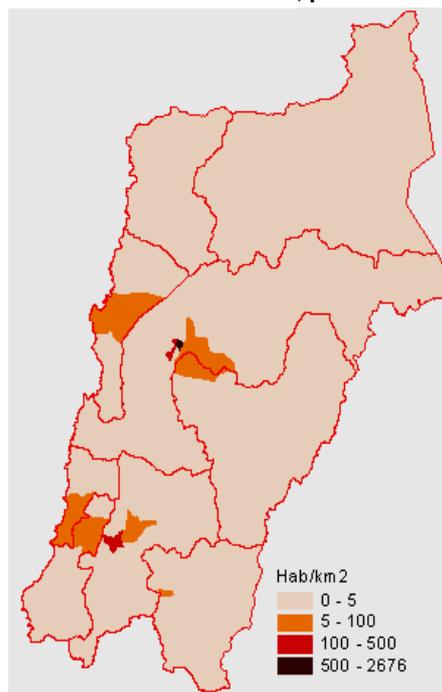
FUENTE: Elaboración propia en base a Censo 2002 INE,

En el segmento norte del país, la Región de Atacama es aquella que posee la menor densidad de habitantes en relación con su extensión. Su densidad poblacional al año 2002 alcanzaba los 3.36 hab/km<sup>2</sup>, condición que se ve agravada por el clima árido y la baja conectividad de su territorio. Sumado a lo anterior es la cuarta región de mayor extensión en el país (sin considerar el territorio Antártico), por lo tanto es esperable que el porcentaje de terreno utilizado no sea muy alto.

De acuerdo a la estimación de densidad por distrito para el año 2002, la región cuenta con altos niveles de concentración reflejados en la existencia de 50 distritos con densidades menores a 5 hab/km<sup>2</sup> de un total de 61 distritos para toda la región.

Los 10 distritos restantes se localizan poseen densidades que van de 5,48 hab/km<sup>2</sup> (distrito Viñita en Copiapó), hasta 2675 hab/km<sup>2</sup> en el distrito de El Cerro en Copiapó. (Figura 48).

**Fig. 48**  
**Densidad de la Población, por Comuna**



La estructura de densidad se encuentra asociada a la existencia de asentamientos de tipo urbano, con excepción de la comuna de Chañaral y de Diego de Almagro, que, conteniendo población en su interior, no logran revertir despoblamiento del resto del territorio. En aquellos distritos que cubren localidades urbanas, las densidades fluctúan entre 100 y 500 hab/km<sup>2</sup>. Estos se emplazan sobre las ciudades de Vallenar y Copiapó principalmente. Es

así como se observa que el único distrito con densidad superior a 500 habitantes/km<sup>2</sup> está en la ciudad de Copiapó. Los dos distritos con densidad superior a 100 hab./km<sup>2</sup> se encuentran

En relación con la distribución espacial de los asentamientos humanos de la región, éstos se encuentran concentrados en la porción media interior, donde la ciudad de Copiapó concentra el 50, 75% de la población regional, siguiéndole Vallenar con el 19,8%, ambas ciudades interiores. En este contexto cabe mencionar que los centros poblados más importantes de la región y sus poblaciones, se muestran en el Cuadro N°18, de acuerdo con su distribución espacial, considerando el territorio costero y el territorio interior.

**Cuadro N°18**  
**Distribución de la Población regional**

Comunas	Población Costera Habitantes	Población Interior Habitantes
Copiapó (Capital)	-	129.091
Vallenar:	-	48.040
Caldera	13.734	-
Chañaral	13.543	-
Tierra Amarilla	-	12.888
Huasco	7.945	-
Diego de Almagro	-	18.589
Freirina	5.666	-
Alto del Carmen	-	4.840
Total	40.888 (16.1%)	213.448 (83.9%)

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2002

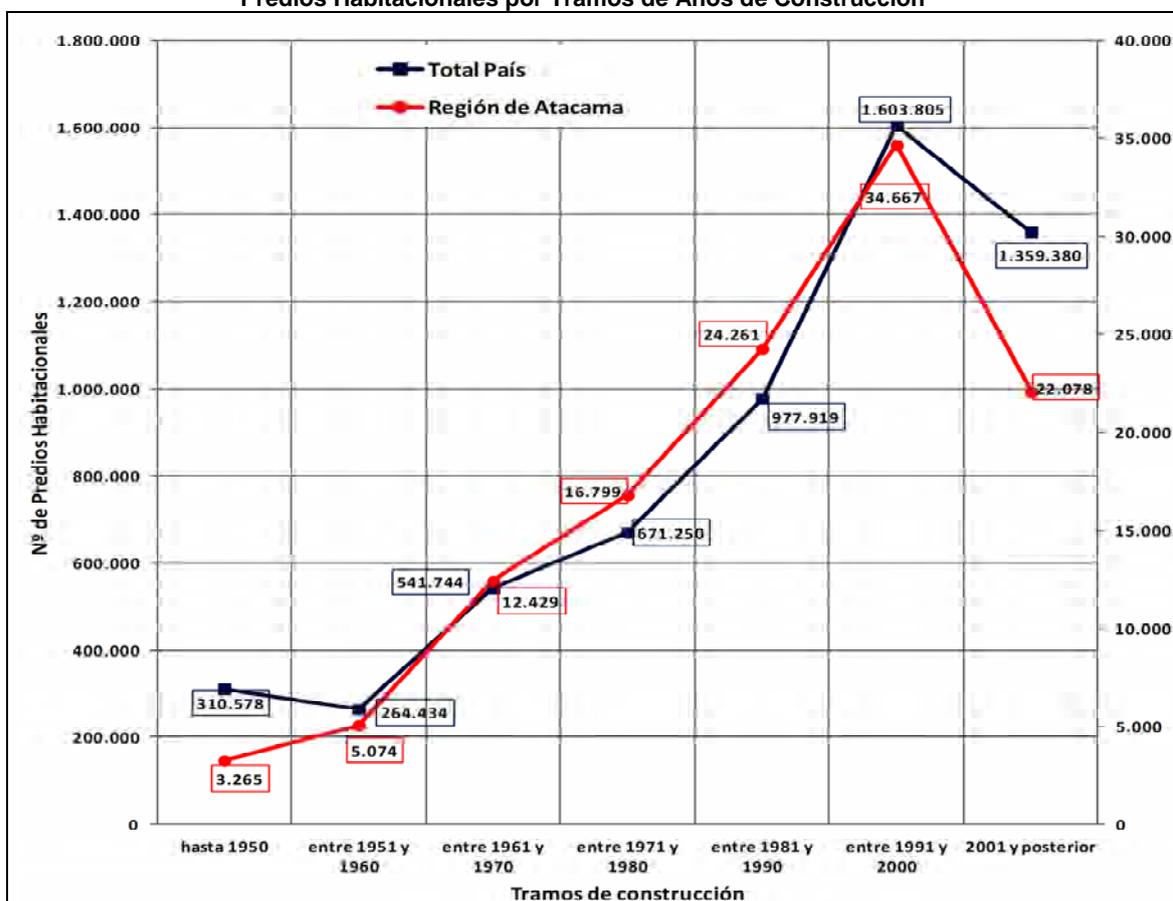
De la información anterior se infiere que los centros poblados con mayor jerarquía se concentran en la porción interior de la región, distribución histórica de la población que se explica fundamentalmente debido a que una de las directrices que determina la ocupación del territorio es la actividad económica y el desarrollo histórico de esta. En este contexto es la actividad minera la que ha marcado el mapa de utilización territorial de la región en las últimas décadas, condición que determina que la ocupación del territorio se haya realizado en torno al eje del ferrocarril que circulaba antiguamente entre La Calera e Iquique (actual Ruta 5 hasta Copiapó), distribuyendo caseríos y pueblos longitudinalmente en la porción interior desestimando la ocupación del borde costero, excepto para el emplazamiento de puertos, utilizados como punto de distribución del material extraído por el sector minero (antiguamente salitre, actualmente cobre y hierro principalmente).

### 3.3 Edificaciones

#### 3.3.1 Predios Habitacionales por Años de Construcción

Según la información proporcionada por el MINVU, en cuanto a los intervalos de los años de construcción, se tiene que entre para los años 1991–2000, se encuentra el mayor número de predios habitacionales, tanto a nivel país como regional. Cabe destacar que la línea de tendencia para la región de Atacama es similar a la línea de tendencia del país. (Gráfico 3)

**Gráfico 3**  
**Análisis Comparativo Región Atacama v/s País**  
**Predios Habitacionales por Tramos de Años de Construcción**



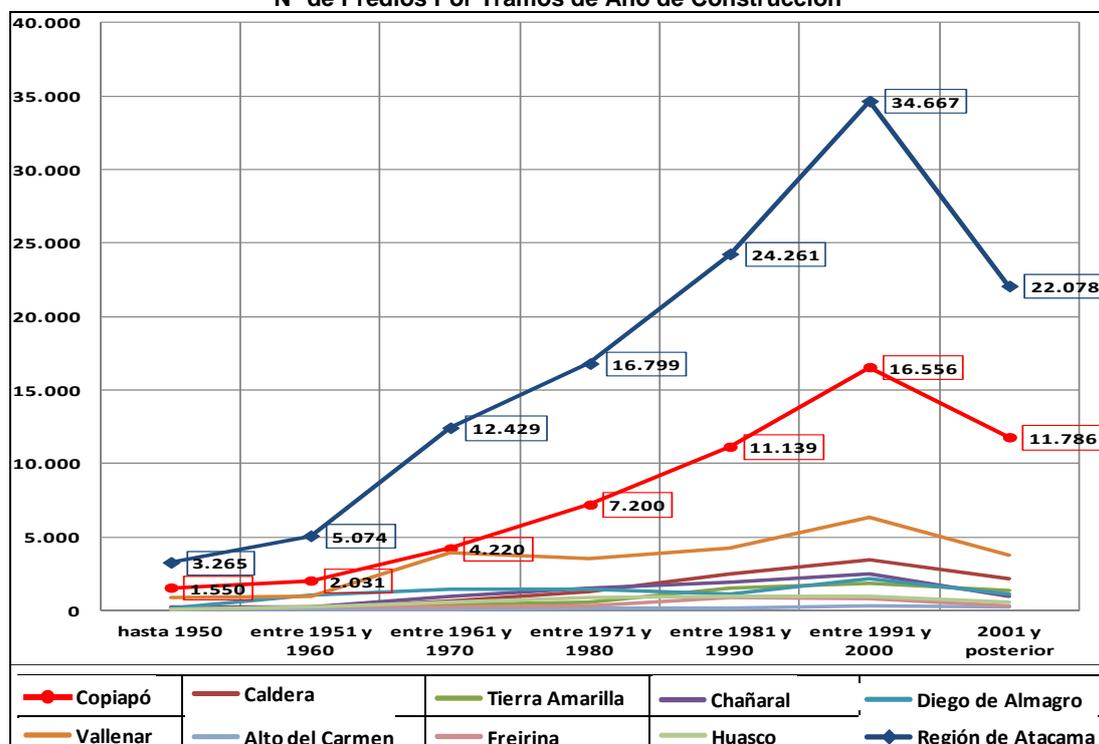
FUENTE: Observatorio Habitacional y Urbano en Base a datos SII - 2010

Al hacer un análisis comparativo de la región con las nueve comunas, tenemos que todas estas siguen la tendencia entre el intervalo 1991 – 2000, aportando en forma más significativa la capital regional, Copiapó con 16.556 predios habitacionales. (Gráfico 4)

### 3.3.2 Materialidad Edificaciones

Respecto a la materialidad de las viviendas se observa, en primer lugar, que la categoría de paneles estructurados es el tipo de material que mayoritariamente se utiliza en la construcción de viviendas, alcanzando al 37,7% respecto del total regional, siguiéndole en orden de importancia la madera o tabique forrado con el 18,9%, y el hormigón armado con el 13,9%). Considerando esta información podemos inferir que, en términos generales, la región tiene una estructura de materialidad aceptable (Cuadro N°19).

**Gráfico 4**  
**Análisis Comparativo Región Atacama v/s Comunas**  
**N° de Predios Por Tramos de Año de Construcción**



Fuente: Observatorio Habitacional y Urbano en Base a datos SII - 2010

**Cuadro N°19**  
**Tipo de Materialidad según Categorías Región de Atacama**

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Hormigón armado, piedra	9.130	13,92	13,92
Ladrillo	4.931	7,52	21,44
Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	24.737	37,72	59,16
Madera o tabique forrado	12.456	18,99	78,15
Internit	6.179	9,42	87,58
Adobe, barro empajado	7.658	11,68	99,25
Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	490	0,75	100,00
<b>Total</b>	<b>65.581</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo 2002

En el Cuadro N°20 se indica en detalle la materialidad de construcción por comunas. Dicha información muestra que en cinco comunas prevalece el tipo de materialidad correspondiente a paneles estructurados (prefabricado), siendo estas comunas Copiapó, Caldera, Chañaral, Diego de Almagro y Vallenar; en cuatro comunas prevalece el tipo de material correspondiente a maderas o tabique forrado, siendo estas comunas Tierra Amarilla, Alto del Carmen, Freirina y Huasco.

**Cuadros N°20**  
**Materialidad de Construcción por Provincias y Comunas.**

<b>a) Provincia de Copiapó</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna Copiapó	Hormigón armado, piedra	3.418	10,65	10,65
	Ladrillo	3.439	10,72	21,37
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	13.515	42,11	63,48
	Madera o tabique forrado	4.675	14,57	78,05
	Internit	2.802	8,73	86,78
	Adobe, barro empajado	4.093	12,75	99,53
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	150	0,47	100,00
	<b>Total</b>	<b>32.092</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna Caldera	Hormigón armado, piedra	480	12,86	12,86
	Ladrillo	157	4,21	17,06
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	1.562	41,84	58,91
	Madera o tabique forrado	892	23,89	82,80
	Internit	537	14,39	97,19
	Adobe, barro empajado	67	1,79	98,98
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	38	1,02	100,00
	<b>Total</b>	<b>3.733</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna T. Amarilla	Hormigón armado, piedra	79	2,71	2,71
	Ladrillo	80	2,74	5,45
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	685	23,49	28,94
	Madera o tabique forrado	959	32,89	61,83
	Internit	354	12,14	73,97
	Adobe, barro empajado	735	25,21	99,18
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	24	0,82	100,00
	<b>Total</b>	<b>2.916</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>b) Provincia de Chañaral</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna de Chañaral	Hormigón armado, piedra	582	16,09	16,09
	Ladrillo	75	2,07	18,16
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	1.156	31,96	50,12
	Madera o tabique forrado	1.233	34,09	84,21
	Internit	519	14,35	98,56
	Adobe, barro empajado	22	0,61	99,17
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	30	0,83	100,00
	<b>Total</b>	<b>3.617</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna de D. de Almagro	Hormigón armado, piedra	613	11,63	11,63
	Ladrillo	173	3,28	14,91
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	2.666	50,58	65,49
	Madera o tabique forrado	916	17,38	82,87
	Internit	246	4,67	87,54
	Adobe, barro empajado	571	10,83	98,37
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	86	1,63	100,00
	<b>Total</b>	<b>5.271</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Continúa en página siguiente.

<b>c) Provincia de Huasco</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna de Vallenar	Hormigón armado, piedra	3.196	25,38	25,38
	Ladrillo	847	6,73	32,11
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	3.823	30,36	62,46
	Madera o tabique forrado	2.075	16,48	78,94
	Internit	1.281	10,17	89,11
	Adobe, barro empajado	1.301	10,33	99,44
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	70	0,56	100,00
	<b>Total</b>	<b>12.593</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna de Alto del Carmen	Hormigón armado, piedra	71	4,71	4,71
	Ladrillo	37	2,45	7,16
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	285	18,89	26,04
	Madera o tabique forrado	409	27,10	53,15
	Internit	73	4,84	57,99
	Adobe, barro empajado	613	40,62	98,61
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	21	1,39	100,00
	<b>Total</b>	<b>1.509</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna de Freirina	Hormigón armado, piedra	224	13,93	13,93
	Ladrillo	54	3,36	17,29
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	419	26,06	43,35
	Madera o tabique forrado	573	35,63	78,98
	Internit	104	6,47	85,45
	Adobe, barro empajado	192	11,94	97,39
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	42	2,61	100,00
	<b>Total</b>	<b>1.608</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Comuna de Huasco	Hormigón armado, piedra	467	20,83	20,83
	Ladrillo	69	3,08	23,91
	Paneles estructurados, bloque (prefabricado)	626	27,92	51,83
	Madera o tabique forrado	724	32,29	84,12
	Internit	263	11,73	95,85
	Adobe, barro empajado	64	2,85	98,71
	Desechos (lata, cartones, plástico, etc.)	29	1,29	100,00
	<b>Total</b>	<b>2.242</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo 2002

Respecto al tipo de vivienda, se tiene que el 87,97% corresponde a la categoría de *Viviendas*, tal como se observa en el siguiente Cuadro resumen (Cuadro N° 21). Dicha situación se repite para las nueve comunas de la región (Cuadro N° 22).

**Cuadro N° 21**  
**Tipo de Viviendas Región de Atacama**

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Casa	69.522	87,97	87,97
Departamento En Edificio	2.131	2,70	90,67
Piezas En Casa Antigua O Conventillo	842	1,07	91,73
Mejora, Mediagua	4.067	5,15	96,88
Rancho, Choza	1.129	1,43	98,31
Móvil (Carpa, Vagón, Container, Bote, Lancha, Similar)	119	0,15	98,46
Otro Tipo De Vivienda Particular	655	0,83	99,29
Vivienda Colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, Etc.)	547	0,69	99,98
Viajeros (No Es Considerado Vivienda)	15	0,02	100,00
<b>Total</b>	<b>79.027</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo 2002

**Cuadro N°22**  
**Tipo de Viviendas**

<b>a) Provincia de Copiapó</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna de Copiapó	Casa	32.354	90,32	90,32
	Departamento en edificio	1.217	3,40	93,72
	Piezas en casa antigua o conventillo	285	0,08	94,52
	Mejora, mediagua	1.295	3,62	98,13
	Rancho, choza	263	0,73	98,87
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	42	0,12	98,98
	Otro tipo de vivienda particular	190	0,53	99,51
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	168	0,47	99,98
	Viajeros (no es considerado vivienda)	6	0,02	100,00
	Total	35.820	100,00	100,00
	Comuna de Caldera	Casa	5.823	78,97
Departamento en edificio		13	0,18	79,14
Piezas en casa antigua o conventillo		41	0,56	79,70
Mejora, mediagua		1.149	15,58	95,28
Rancho, choza		158	2,14	97,42
Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)		25	0,34	97,76
Otro tipo de vivienda particular		118	1,60	99,36
Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)		47	0,64	100,00
Total		7.374	100,00	100,00
Comuna Tierra Amarilla	Casa	2.806	84,82	84,82
	Piezas en casa antigua o conventillo	51	1,54	86,37
	Mejora, mediagua	288	8,71	95,07
	Rancho, choza	51	1,54	96,61
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	2	0,06	96,67
	Otro tipo de vivienda particular	32	0,97	97,64
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	78	2,36	100,00
	Total	3.308	100,00	100,00
<b>b) Provincia de Chañaral</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna de Chañaral	Casa	4.384	89,14	89,14
	Departamento en edificio	87	1,77	90,91
	Piezas en casa antigua o conventillo	21	0,43	91,34
	Mejora, mediagua	193	3,92	95,26
	Rancho, choza	117	2,38	97,64
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	13	0,26	97,91
	Otro tipo de vivienda particular	55	1,12	99,02
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	46	0,94	99,96
	Viajeros (no es considerado vivienda)	2	0,04	100,00
	Total	4.918	100,00	100,00
Comuna de Diego de Almagro	Casa	5.403	84,07	84,07
	Departamento en edificio	520	8,09	92,16
	Piezas en casa antigua o conventillo	128	1,99	94,15
	Mejora, mediagua	95	1,48	95,63
	Rancho, choza	46	0,72	96,34
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	4	0,06	96,41
	Otro tipo de vivienda particular	142	2,21	98,62
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	86	1,34	99,95
	Viajeros (no es considerado vivienda)	3	0,05	100,00
	Total	6.427	100,00	100,00

<b>c) Provincia de Huasco</b>				
	CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Comuna de Vallenar	Casa	12.780	91,11	91,11
	Departamento en edificio	291	2,07	93,18
	Piezas en casa antigua o conventillo	196	1,40	94,58
	Mejora, mediagua	430	3,07	97,65
	Rancho, choza	174	1,24	98,89
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	21	0,15	99,04
	Otro tipo de vivienda particular	56	0,40	99,44
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	77	0,55	99,99
	Viajeros (no es considerado vivienda)	2	0,01	100,00
	Total	14.027	100,00	100,00
Comuna de Alto del Carmen	Casa	1.621	78,96	78,96
	Departamento en edificio	1	0,05	79,01
	Piezas en casa antigua o conventillo	61	2,97	81,98
	Mejora, mediagua	192	9,35	91,33
	Rancho, choza	138	6,72	98,05
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	3	0,15	98,20
	Otro tipo de vivienda particular	13	0,63	98,83
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	24	1,17	100,00
	Total	2.053	100,00	100,00
Comuna Freirina	Casa	1.660	83,63	83,63
	Departamento en edificio	1	0,05	83,68
	Piezas en casa antigua o conventillo	21	1,06	84,74
	Mejora, mediagua	187	9,42	94,16
	Rancho, choza	98	4,94	99,09
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	4	0,20	99,29
	Otro tipo de vivienda particular	8	0,40	99,70
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	6	0,30	100,00
	Total	1.985	100,00	100,00
Comuna de Huasco	Casa	2.691	86,39	86,39
	Departamento en edificio	1	0,03	86,42
	Piezas en casa antigua o conventillo	38	1,22	87,64
	Mejora, mediagua	238	7,64	95,28
	Rancho, choza	84	2,70	97,98
	Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	5	0,16	98,14
	Otro tipo de vivienda particular	41	1,32	99,45
	Vivienda colectiva (Residencial, Hotel, Hospital, etc.)	15	0,48	99,94
	Viajeros (no es considerado vivienda)	2	0,06	100,00
Total	3.115	100,00	100,00	

Fuente: Censo 2002

### 3.3.3 Disponibilidad de Equipamientos e Infraestructura

#### a) Sector Educación

La Secretaría Regional Ministerial de Educación realizó un levantamiento de información la que contiene un listado con los establecimientos clasificados por su dependencia, el área (urbana-rural), el tipo de educación que imparten, el año de construcción y su materialidad. Dicha información se entrega a continuación por provincias y comunas<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Se debe precisar que no fue posible contar con toda la información para cada una de las comunas al momento de la elaboración del presente informe. De ahí, que no se incluyan todos los establecimientos educacionales por comuna.

• **Provincia de Chañaral**

– **Comuna de Chañaral**

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad(*)
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Liceo Federico Varela	Urbana	E. Media	2011	6
2	Esc. Diego Portales P.	Urbana	E. Básica	1969	7 - 5 - 3
3	Esc. Pedro Luján	Rural	E. Básica	1972	7 - 3
4	Esc. Gaspar Cabrales	Urbana	E. Básica	1924	7 - 5 - 3
5	Esc. José Luis Olivares A.	Urbana	E. Especial	1977	5 - 3
6	Esc. P. Luis Sergio Soto	Urbana	Bas. Adultos	1964	5
7	Esc. Angelina Salas Olivares	Urbana	E. Básica	1982	7 - 6 - 5 - 3
8	Escuela Ignacio Domeyko	Urbana	E. Básica	1993	5
<b>DEPENDENCIA SUBVENCIONADA</b>					
1	Centro Trastorno Comunicación	Urbana	E. Especial	Pendiente	5
2	Jardín Infantil "Mi Rayito De Sol"	Urbana	E. Parvularia	Pendiente	2
3	Escuela "Hispano América"	Urbana	E. Básica Media	Pendiente	2

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDOC Atacama 2012

(\*) 1: Adobe; 2: Tabiquería; 3: Madera; 4: Albañilería simple; 5: Albañilería armada o reforzada; 6: Hormigón armado; 7: Metálica.

– **Comuna de Diego de Almagro**

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Liceo Manuel Magalhaes M.	Urbana	E. Media	1991	6
2	Escuela Aliro Lamas C.	Urbana	E. Básica y E. Esp.	1990	3
3	Esc. Básica Emperatriz Sepúlveda L.	Rural	E. Básica	1968	7 - 5 - 3
4	Escuela Sara Cortes Cortes	Urbana	E. Básica	2006	5
5	Centro Educac. Integrada Adultos	Urbana	E. Bás. y Media Adultos	Pendiente	5
<b>DEPENDENCIA SUBVENCIONADA</b>					
1	Esc. Especial Rosita Azul	Urbana	E. Especial	1960	3
2	Esc. Coeduc. Particular	Urbana	E. Básica	Pendiente	6
3	Esc. Coeduc. Oscar Yáñez P.	Urbana	E. Básica	1960	7 - 6
4	Liceo Diego De Almeida	Urbana	E. Media	Pendiente	7
5	Jardín Infantil Pillin	Urbana	E. Parvularia	1968	5 - 4
6	Esc. Niños c/Trastornos Comunica.	Urbana	E. Especial	Pendiente	5
7	Escuela De Lenguaje "Creponia"	Urbana	E. Especial	Pendiente	5
8	Colegio "San Matías"	Urbana	E. Básica	Pendiente	2
9	Colegio Especial "San Lorenzo"	Urbana	E. Especial	Pendiente	2

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDOC Atacama 2012

• **Provincia de Copiapó**

– Comuna de Copiapó

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Inst. Comercial Alejandro Rivera D.	Urbana	E. Media	1964	7 - 6 - 5
2	Esc.Rehab.Soc.Medardo Cano	Urbana	E .Básica/ Media Adultos	1972	7 - 5 - 3
3	Liceo Jose Antonio Carvajal	Urbana	E. Media	Pendiente	6
4	Liceo Bicentenario Mercedes Fritis M.	Urbana	E. Media	2005	6
5	Esc. Libertador Bernardo O"Higgins	Urbana	E. Básica	1970	7 - 3
6	Esc. Laura Robles Silva	Urbana	E. Básica	Pendiente	6
7	Esc. Educación Diferencial Mª Lanza P.	Urbana	E. Especial	Pendiente	5
8	Escuela . Los Estandartes	Urbana	E. Básica	Pendiente	7
9	Esc. Vicente Sepúlveda Rojo	Urbana	E. Básica	1970	7 - 5
10	Esc. Jesus Fernández Hidalgo	Urbana	E. Básica	2005	6
11	Esc. Pedro León Gallo	Urbana	E. Básica	1987	7 - 6 - 5
12	Esc. José Manso De Velasco	Urbana	E. Básica	1973	7 - 5 - 1
13	Escuela Las Canteras	Urbana	E. Básica	1976	5
14	Escuela Las Brisas	Urbana	E. Básica/ E. Esp.	1969	7 - 5 - 3
15	Liceo de Música de Copiapó	Urbana	E. Básica/Media	2007	6
16	Esc .Abraham Sepúlveda Pizarro	Urbana	E. Básica /E. Esp.	1961	7 - 5 - 4 - 3
17	Colegio Buen Pastor	Urbana	E. Básica	Pendiente	6
18	Complementario Colegio Buen Pastor	Urbana	E. Especial	Pendiente	5
19	Esc. Isabel Peña Morales	Urbana	E. Básica	1982	7 - 5
20	Esc. Hernán Márquez Huerta	Urbana	Básica/Media/ Adultos	2005	5
21	Escuela Fundación Paipote	Urbana	E. Básica	1951	6 - 5
22	Esc. Bruno Zavala Fredes	Urbana	E. Básica	2011	6
23	Escuela San Pedro	Rural	E. Básica	2010	6
24	Escuela Luis Cruz Martínez	Urbana	E. Básica	1987	7 - 5 - 4
25	Escuela De Totoral	Rural	E. Básica	1993	3
26	Escuela Manuel Rodríguez	Urbana	E. Básica	1994	5
27	Liceo Tecnológico	Urbana	Media/Adultos/E. Esp.	Pendiente	6
28	Escuela "El Chañar"	Urbana	E. Básica	Pendiente	6
29	Escuela Diferencial Pukara	Urbana	E. Especial	2005	5
30	Escuela El Palomar	Urbana	E. Básica	2004	6
31	Liceo El Palomar	Urbana	E. Media	Pendiente	6
32	Centro Educ. Integrada Adultos	Urbana	Básica/ Media/Adultos	Pendiente	3
<b>DEPENDENCIA SUBVENCIONADA</b>					
1	Liceo Católico Atacama	Urbano	E. Básica Y Media	1962	7 - 5 - 3
2	Liceo Politécnico Belén	Urbano	E. Básica Y Media	1972	7 - 5 - 3
3	Liceo Sagrado Corazón	Urbano	E. Básica Y Media	1977	7 - 5
4	Colegio Adventista Copiapó	Urbano	E. Básica Y Media	1974	7 - 5
5	Escuela San Vicente De Paul	Urbano	E. Básica	1984	7 - 5 - 4
6	Escuela Técnico Profesional	Urbano	E. Media	1987	7 - 6 - 5 - 4
7	Esc. Especial	Urbano	E. Especial	1940	5
8	Instituto Don Bosco Copiapó	Urbano	E. Media Adultos	1940	7 - 5 - 3 - 2
9	Colegio San Agustín De Atacama	Urbano	Prebas. Bás , Media	Pendiente	5

PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

10	Centro Desarrollo Lenguaje	Urbano	E. Especial	1950	5 - 3
11	Esc. Básica Miguel Zambrano R.	Urbano	E. Básica	2003	5 - 3
12	Esc. Especial Trastornos Comunic.	Urbano	E. Especial	1976	5
13	Esc. Industrial Salesiana	Urbano	E. Media	Pendiente	5
14	Colegio Almenar Copiapó	Urbano	E. Básica Y Media	2001	5
15	Liceo Técnico Profesional	Urbano	E. Media	Pendiente	5
16	Esc. Trastornos Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	5
17	Colegio De Artes Marta Colvin	Urbano	E. Básica	1940	3 - 2
18	Esc. Especial Hospital San José	Urbano	E. Especial	Pendiente	6
19	Esc. Trastorno del Lenguaje	Urbano	E. Especial	2003	5
20	Colegio Cervantino	Urbano	E. Básica Y Media	Pendiente	2
21	Colegio San Francisco De La Selva	Urbano	E. Básica	Pendiente	5
22	Escuela Especial Lenguaje "	Urbano	E. Especial	Pendiente	5
23	Colegio Estación	Urbano	E. Básica	Pendiente	5
24	Centro Educacional Victoria Espera	Urbano	E. Especial	Pendiente	5
25	Escuela Especial De Lenguaje	Urbano	E.ESPECIAL	Pendiente	2
DEPENDENCIA PARTICULAR PAGADA					
1	Jardín Infantil Particular "Agazzi"	Urbano	E.Parvularia	1993	5
2	Jardín Infantil "Bambi"	Urbano	E.Parvularia	1984	3
3	Colegio Particular "San Lorenzo"	Urbano	E. Bás/Media	1991	7 - 5 - 3
4	Jardín Infantil Manantial	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	5
5	Jardín Infantil Arco Iris	Urbano	E.Parvularia	1993	5
6	Jardín Infantil Mi Bebe	Urbano	E.Parvularia	1966	5
7	Scuola Italiana Giuseppe Verdi	Urbano	E. Básica Y Media	1994	5 - 4
8	Jardín Infantil Particular Kovacic	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	1
9	Jardín Infant.Particular Pequitas	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	5
10	Jardín Infantil "La Estacion II"	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	5

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDUC Atacama 2012

- Comuna de Caldera

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
DEPENDENCIA MUNICIPAL					
1	Liceo Manuel Blanco Encalada	Urbano	E. Media	1989	5
2	Escuela Manuel Orella Echañez	Urbano	E. Básica y Especial	1971	7 - 5
3	Escuela Byron Gigoux James	Urbano	E. Básica	Pendiente	7 - 5
4	Escuela Villa Las Playas	Urbano	E. Básica	2003	6
5	Escuela José Joaquín Vallejos	Rural	E. Básica	1987	3
6	Centro Educa. Integrada Adultos	Urbano	E.Bas./Media Adultos	Pendiente	2
DEPENDENCIA SUBVENCIONADA					
1	Colegio Padre Negro	Urbano	E. Básica y Media	1981	7 - 5 - 4 - 3
2	Colegio Caldera	Urbano	E. Básica y Media	1900	5 - 3
3	Esc. Esp. Trastorno Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	2
4	Jardín Infantil Los Alevines	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	5

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDUC Atacama 2012

– **Comuna de Tierra Amarilla**

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Escuela. Víctor M. Sánchez C.	Urbano	E. Básica	1958	7 - 5 - 3
2	Escuela Luis Uribe Orrego	Urbano	E. Básica	1957	7 - 5 - 3
3	Escuela Marta Aguilar Zeron	Urbano	E. Básica	1990	5 - 3
4	Escuela Concentración Fronteriza	Rural	E. Bás./Media y E Esp.	1978	7 - 5 - 1
5	Escuela Paul Harris	Rural	E. Básica	1986	7 - 5
6	Escuela Hacienda Amolanas	Rural	E. Básica	1989	5
7	Escuela Hacienda San Antonio	Rural	E. Básica	1982	3
8	Escuela Hacienda Hornitos	Rural	E. Básica	1890	5 - 1
9	Esc. Básica Rural Jaime Prohens	Rural	E. Básica		
<b>DEPENDENCIA SUBVENCIONADA</b>					
1	Liceo Jorge Alessandri Rodriguez	Urbano	E. Media y Adultos	1987	7 - 5
2	Colegio Felix Susaeta	Rural	E. Básica	1940	1 - 5
3	Esc. Esp. Trastornos Comunicación	Urbano	E. Especial	2002	3

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDUC Atacama 2012

**Provincia de Huasco**

– **Comuna Alto del Carmen**

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Esc. Ricardo Campillay C.	Rural	E. Básica	1925	7 - 3 - 2 - 1
2	Esc. Educador Arturo Alvear R.	Rural	E. Básica	1978	7
3	Esc. Fronteriza San Félix	Rural	E. Básica	1978	5
4	Esc. Sara Cruz A. (Junta Valerianos)	Rural	E. Básica	1969	3 - 1
5	Escuela Aglade Marin V. (Conay)	Rural	E. Básica	1905	3 - 2 - 1
6	Escuela (Chollay)	Rural	E. Básica	1971	3
7	Escuela (La Pampa)	Rural	E. Básica	1968	7 - 3 - 1
8	Escuela Algarrobilla (Crucecita)	Rural	E. Básica	1992	5
9	Escuela Los Tambos	Rural	E. Básica	1976	3 - 1
10	Escuela (Las Marquesas)	Rural	E. Básica	1964	5 - 3 - 1
11	Escuela (Las Breas)	Rural	E. Básica	1982	7 - 5
12	Escuela Gabriela Mistral (La Arena)	Rural	E. Básica	1992	5 - 3 - 1
13	Escuela (Los Perales)	Rural	E. Básica	1982	5 - 3 - 1
14	Escuela (Chiguinto)	Rural	E. Básica	1930	5 - 1
15	Escuela Aldecira Álvarez A. (Chanchoquin)	Rural	E. Básica	1969	7 - 3 - 1
16	Escuela (El Corral)	Rural	E. Básica	1985	7 - 5
17	Liceo De Alto Del Carmen	Rural	Media y Téc. Prof	2010	6

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDUC Atacama 2012

PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

- Comuna de Vallenar

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
<b>DEPENDENCIA MUNICIPAL</b>					
1	Liceo Pedro Troncoso M.	Urbano	E.MEDIA	1968	7 - 6 - 5 - 3
2	Liceo José Santos Ossa.	Urbano	E. Media	1977	7 - 6 - 5 - 3
3	Esc. Hermanos Carrera	Urbano	E. Básica	1965	7 - 5 - 3
4	Esc. Gabriela Mistral	Urbano	E. Básica	1968	7 - 6 - 5
5	Esc. Ignacio Carrera Pinto	Urbano	E. Básica Y E. Esp.	1987	7 - 6 - 5 - 3
6	Esc. Gregorio Castillo Marín	Urbano	E. Básica	Pendiente	7
7	Escuela Republica E.E.U.U.	Urbano	E. Básica	1971	7
8	Esc. Luis Alberto Iriarte	Urbano	E. Especial	Pendiente	7
9	Esc. Arturo Perez Canto	Urbano	E. Básica	1980	7 - 5
10	Escuela España	Urbano	E. Básica	1968	7 - 5 - 4 - 3
11	Esc. Luis Cruz Martínez	Urbano	E. Básica	1978	5
12	Esc. José Caroca La Flor	Urbano	E. Básica	1900	3
13	Esc. Gualberto Kong F.	Urbano	E. Básica	1990	7 - 5
14	Esc. Andrés Bello	Urbano	E. Básica Adultos	1981	5
15	Esc. Capitán Rafael T.	Urbano	E. Básica	1993	5 - 3
16	Centro De Educ. Integrada Adulto	Urbano	E. Bas. y Media Adultos	Pendiente	Sin inf.
17	Esc. Roberto Cuadra Alquinta	Rural	E. Básica	1968	7 - 5 - 3
18	Escuela Javiera Carrera	Rural	E. Básica	1991	5
19	Esc. Hernán Aravena Contreras	Rural	E. Básica	1971	5 - 3 - 1
20	Esc. Ignacio Franco Gallo	Rural	E. Básica	1974	5 - 3
21	Esc. Justino Leiva Amor	Rural	E. Básica	1959	7 - 4 - 3 - 1
22	Esc. Sara Bembow Villegas	Rural	E. Básica	1930	4 - 3
23	Esc. Sor Teresa De Los Andes	Rural	E. Básica	1994	7
24	Esc. Yerbas Buenas	Rural	E. Básica	1982	7 - 5
25	Esc. Edmundo Quezada Araya	Urbano	E. Básica	Pendiente	6
26	Liceo Politécnico Vallenar	Urbano	E. Media	Pendiente	6
27	Liceo Bicentenario De Vallenar	Urbano	E. Básica Y Media	Pendiente	6
<b>DEPENDENCIA SUBVENCIONADA</b>					
1	Liceo Santa Marta	Urbano	E. Básica y Media	1959	6 - 5 - 3 - 1
2	Liceo San Francisco	Urbano	E. Básica y Media	1922	7 - 5 - 4 - 3
3	Escuela Cristiana Bethel	Urbano	E. Básica	1985	5 - 3
4	Liceo Técnico Profesional	Rural	E. Media	1985	5 - 3
5	Esc. Esp. Trastornos Comunicación	Urbano	E. Especial	Pendiente	5
6	Esc. Esp. Lenguaje Laura Vicuña	Urbano	E. Especial	Pendiente	5
7	Esc. Esp. Trastorno Lenguaje	Urbano	E. Especial	2009	6
8	Escuela Especial de Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	2
9	Escuela Especial El Olivillo	Urbano	E. Especial	2010	6
<b>DEPENDENCIA PARTICULAR PAGADA</b>					
1	Colegio Ambrosio O'Higgins	Urbano	E. Básica y Media	1970	7 - 5 - 3
2	Jardín Infantil Carrusel.	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	
3	Jardín Infantil "Jaka Ali"	Urbano	E.Parvularia	Pendiente	5
4	Jardín Infantil Particular "Rotatin"	Urbano	E.Parvularia	2009	5 Sin inf.

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDUC Atacama 2012

- Comuna de Freirina

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
DEPENDENCIA MUNICIPAL					
1	Escuela Alejandro Noemi H.	Urbano	E. Básica/ Educ. Esp.	1993	5
2	Liceo Ramon Freire S.	Urbano	E. Media	2009	6
3	Escuela Fortunato S.	Rural	E. Básica	1978	5
4	Esc. Samuel E. Castillo L.	Rural	E. Básica	1994	5
5	Escuela Virginia San Román	Rural	E. Básica	1987	7 - 5 - 3
6	Escuela Básica Emilia Schwabe R.	Urbano	E. Básica	Pendiente	6

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDOC Atacama 2012

- Comuna de Huasco

N°	Nombre Establecimiento	Área	Educación Que Imparten	Año Construcción	Materialidad
DEPENDENCIA MUNICIPAL					
1	Liceo Japón	Urbano	E. Media	1994	5
2	Esc. José Miguel Carrera	Urbano	E. Básica Educ. Esp	1976	5 - 3
3	Escuela Mireya Zuleta A.	Urbano	E. Básica	1969	7 - 5
4	Escuela El Olivar	Rural	E. Básica	Pendiente	5
5	Escuela Pablo Neruda	Rural	E. Básica	Pendiente	5
6	Escuela Moises López Trujillo	Rural	E. Básica	1982	3
DEPENDENCIA SUBVENCIONADA					
1	Colegio "English College"	Urbano	E. Básica	1974	5 - 3
2	Escuela Especial de Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	Sin inf.
3	Escuela Especial de Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	Sin inf.
4	Escuela Especial de Lenguaje	Urbano	E. Especial	Pendiente	Sin inf.

Fuente: SIPLAF 1996 - SECREDOC Atacama 2012

## 4. SISTEMAS ESTRATÉGICOS REGIONALES

### 4.1 Generalidades del Enfoque

Por lo general el análisis de riesgos naturales se lleva a cabo sólo considerando las distintas amenazas que afectan a determinado territorio, no considerando en este análisis una evaluación integrada de todos aquellos factores que se conjugan al momento de desencadenarse una determinada amenaza, lo que “lleva a la adopción de procedimientos dispares con resultados no siempre óptimos sobre todo en decisiones del tipo espacio–temporales”. Es por lo mismo, que la identificación de los grados de riesgo sólo es posible en el marco de estimaciones cualitativas, las que a la postre permiten estimaciones generales o, en el mejor de los casos una aproximación gruesa a la cuantificación del riesgo<sup>31</sup>.

Es por ello que para la realización de un estudio de riesgo se hace imprescindible llevar a cabo una evaluación por cada uno de los sistemas denominados como vitales, sean estos estratégicos y críticos. Así, a objeto de poder estimar el riesgo de manera adecuada o lo más acertadamente posible se deberán considerar como análisis previos no sólo la identificación de las amenazas que existen en la región sino que el análisis de vulnerabilidad, analizada ésta en función de la identificación de sistemas estratégicos y críticos, así como los componentes y elementos expuestos en el área afectada por determinada amenaza, identificando los factores físicos determinantes (entorno, estructurales, no estructurales y funcionales)<sup>32</sup>.

En suma, la identificación de los Sistemas Estratégicos de análisis permitirá la caracterización de éstos identificando su funcionalidad, componentes y localización para posteriormente realizar una priorización que permita discriminar sobre su relevancia.

En el presente Capítulo se analizarán los sistemas vitales a fin poder avanzar en la construcción de un escenario de exposición de las instalaciones y redes que se han identificado como estratégicas según las razones que se indican más adelante (criterio regional).

### 4.2 Definición de los Sistemas Estratégicos<sup>33</sup>

En general, se puede señalar que los sistemas son estratégicos porque son necesarios para la salud, seguridad y prosperidad de la comunidad. Por tanto, si alguno de estos sistemas se ve dañado por algún evento natural el impacto negativo a nivel regional se incrementara respecto a un escenario en que estos sistemas no se vean afectados. Por lo mismo, son sistemas gravitantes al interior de la estructura regional.

Para la identificación de los Sistemas Estratégicos se ha considerado la singularidad funcional que cumplen estos sistemas frente a desastres naturales, esencialmente el rol

---

<sup>31</sup> Basado en la “Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial”. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Junio 2011.

<sup>32</sup> Ídem nota 31

<sup>33</sup> Ídem nota 31.

estratégico que desempeñan estos cuando se suscita un desastre natural. En suma, éstos se caracterizan por lo siguiente:

- Su funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural.
- Su estructura proporciona seguridad.
- Alberga alta densidad poblacional.
- En caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o generaría grandes daños que implicarían el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.

Otros criterios considerados para darle el nivel de estratégicos son que éstos permiten *i)* ubicar y servir a las nuevas actividades económicas; *ii)* apoyar a las actividades económicas existentes; *iii)* proporcionar apoyo de las instalaciones para la emergencia; *iv)* contribuir con cualquier actividad de preparativo para los desastres (respuesta, recuperación, reconstrucción); y *v)* recibir una alta prioridad para su reforzamiento antes del desastre, durante las operaciones de emergencia y en su reparación rápida después de daños e interrupciones.

#### **4.2.1 Sistemas Estratégicos Críticos<sup>34</sup>**

También pueden considerarse algunos de estos sistemas como críticos, dado que ante la ocurrencia de un evento, los efectos secundarios en ellos puede causar, por ejemplo, desorganización en los servicios básicos o daño en la infraestructura, teniendo consecuencias negativas que van más allá de la propia importancia de los sistemas. A su vez, las instalaciones críticas se dividen esencialmente en dos:

- i) aquellas destinadas a prestar servicios de emergencia cuando ocurre una emergencia (hospitales, bomberos, escuelas, etc.);
- ii) aquellas que desencadenarían otros desastres o incrementarían el desastre.

##### *Instalaciones Críticas con alto potencial de daño:*

Son relevantes debido a que se requiere de su normal funcionamiento después del desastre, porque de verse deterioradas se incrementa el impacto del desastre. Por ejemplo, las fuentes de acumulación de agua sean estas para energía hidroeléctrica o para depósito de agua, son de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Además si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado, las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población.

##### *Instalaciones que prestan servicios altamente demandados cuando ocurre una emergencia*

Es fundamental que estos sistemas se encuentren operativos para el manejo de la contingencia, por tanto, los niveles de riesgo de estas instalaciones deben ser mínimos.

---

<sup>34</sup> Ídem nota 31.

A modo de Ej.:

- Los hospitales desarrollan una labor esencial en la atención de heridos cuando se generan situaciones de emergencia.
- Los bomberos y la policía deben atender la emergencia, sea en incendios, rescate o salvamento.
- Las oficinas públicas en periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por ende, estas oficinas por razones estratégicas deben permanecer operativas durante la emergencia.
- Las instalaciones educacionales, por el gran número de personas que albergan en algunos horarios y porque luego del evento pueden servir de refugio.

**a) Características de las Instalaciones y las Redes Críticas**

INSTALACIONES	REDES
Espacios donde hay gran cantidad de personas expuestas que requieren inmediata e intensa ayuda de expertos especializados y de recursos limitados, durante las operaciones de búsqueda y rescate. (Policía Oficinas Públicas, Hospitales, etc.)	Afectan a gran cantidad de personas y a las actividades socioeconómicas vitales (sistemas de energía, sistemas de irrigación, instalaciones de agua potable)
Son espacios vitales para las emergencias diarias, fácilmente saturadas durante un desastre y sin alternativas disponibles en caso de daños (Hospitales y Centros de Manejo de Emergencia).	Poseen extensa exposición debido a su característica lineal (sistema eléctrico, sistema de saneamiento y agua potable)
Son instalaciones que poseen el tamaño y la característica de uso continuo, cuya falla o interrupción puede causar peligros secundarios a áreas muy grandes y un aumento en el número de personas afectadas (infraestructuras con alto potencial de daño).	Son el suministro único a ciertas instalaciones de emergencia (sistemas eléctricos y de comunicaciones) o el acceso único para reparar otras instalaciones críticas (vías carreteras).
Espacios cuya operación es necesaria para una respuesta efectiva y para las actividades de recuperación durante y después de una emergencia (aeropuertos, puertos y generadores de energía).	La inhabilitación de estos servicios proporciona de aislamiento que causa demoras en la reparación (sistemas de comunicación).

**4.2.2 Sistema de Instalaciones Estratégicas**

**a) Sistema Esenciales**

Son instalaciones que al verse afectadas negativamente limitan la capacidad de gestión de la emergencia y restringen las opciones de respuesta efectiva durante y después del evento. Entre éstos están las instalaciones que se indican en el Tabla N°9.

**Tabla N°9**  
**Sistemas Esenciales**

SISTEMA DE SALUD	Establecimientos públicos y municipales que son parte y se coordinan con los servicios de salud de la región y los demás establecimientos públicos o privados que suscriban convenio con el servicio de salud respectivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postas de Salud Rural</li> <li>- Consultorio General Urbano y Rural</li> <li>- Centro de Salud Familiar</li> <li>- Servicio Atención Primaria de Urgencia</li> <li>- Servicio Atención Médica de Urgencia</li> <li>- Centro de Referencia de Salud</li> <li>- Hospitales desde baja a alta complejidad</li> </ul>
SISTEMA EDUCACIONAL	El sistema educacional es descentralizado cuya administración es responsabilidad de los municipios, personas naturales y jurídicas para los niveles de educación primaria y secundaria. En los establecimientos de educación preescolar y superior pueden ser administrados tanto por el sector público como privado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parvularios</li> <li>- Establecimientos Educación Básica</li> <li>- Establecimientos Educación Media (Científico-Humanista; Comercial, Agrícola y Técnica).</li> <li>- Establecimientos de Estudios Superiores (Universidades, Públicas y Privadas, Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica Privados).</li> </ul>
INSTITUCIONES PUBLICAS	Son indispensables debido a que su funcionalidad resulta estratégica frente a diversos desastres naturales. En periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por lo cual deben permanecer operativas durante la emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De Gobierno Interior (Intendencia y Gobernaciones Provinciales).</li> <li>- De Administración Territorial (Gobierno Regional y Municipalidades)</li> </ul>
SISTEMA POLICIAL	El presente análisis se centrará en Carabineros dado que esta institución tiene como finalidad básica la generación directa y prestación inmediata de los servicios policiales que propendan a la seguridad pública de la comunidad. Tienen un rol principal en la gestión de hacer prevalecer el respeto a las normas de convivencia y de restablecer el orden y seguridad cuando éstas han sido perturbadas o quebrantadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuartel</li> <li>- Altas Reparticiones (Dirección General Subdirección General, Direcciones, Jefaturas de Zona de Inspección).</li> <li>- Reparticiones (entre otros las Subdirecciones, Prefecturas y Subprefecturas,</li> <li>- Unidades (Comisarias y Subcomisarias)</li> <li>- Destacamentos (Tenencias y Retenes)</li> </ul>
SISTEMA DE EMERGENCIA	Principalmente compuesto por bomberos, proporcionando uno de los principales recursos humanos para atender la emergencia (incendios, rescate o salvamento) generada por un desastre natural.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compañía de bomberos</li> <li>- Cuerpos de Bomberos</li> </ul>

**b) Sistemas con Alto Potencial de Daño**

Son estructuras que cuando presentan algún deterioro generan nuevas situaciones de emergencia en el territorio alterando el bienestar de la población. Entre éstos están las siguientes instalaciones (Tabla N°10):

- Almacenamiento y producción de sustancia peligrosas
- Acumulación de Agua

**Tabla N°10**  
**Sistemas con Alto Potencial de Daño**

SISTEMA DE COMBUSTIBLES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS	El sistema de combustibles y sustancias peligrosas <sup>35</sup> es relevante en el ámbito de los hidrocarburos principalmente para la producción de energía. El consumo neto de hidrocarburos el año 2007 correspondió al 67% del consumo primario de energía (CNE).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Petróleo</li> <li>- Gas</li> <li>- Sustancias Peligrosas<sup>36</sup></li> </ul>
ACUMULACIÓN DE AGUA	Las fuentes de acumulación de agua corresponden a los sistemas de represas y embalses. En el caso de las primeras, éstas pueden ser para generación de energía hidroeléctrica o para depósito de agua, siendo de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población. En el caso de los embalses, corresponde a una acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río, los que pueden ser naturales o artificiales, estando sus aguas destinadas generalmente a regadío, canalización del riego y la producción de energía <sup>37</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Represas</li> <li>- Embalses (naturales, artificiales)</li> </ul>
RELAVES	Tienen como función retener los desechos sólidos y líquidos de la explotación minera que son almacenados para su decantación. De igual forma que las represas hidráulicas cuentan con una cortina y vertedero sin embargo, en vez de tener bocatoma poseen un sistema para extraer los líquidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relaves mineros</li> </ul>

#### 4.2.3 Sistema de Redes Estratégicas

##### a) *Redes Estratégicas de Transporte*

Son redes que facilitan la gestión de emergencia dado que permiten la movilidad de las personas y reparación de otras instalaciones críticas. En caso de inhabilitarse los territorios se ven afectados por aislamiento. Entre estas redes estratégicas están las que se indican en el Tabla N°11.

<sup>35</sup> Las sustancias peligrosas se definen según la Norma NCh/382 como aquella que por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, entre otros. Los criterios que normalmente definen la peligrosidad son la inflamabilidad, corrosividad, reactividad toxicidad, patogenicidad y radioactividad.

<sup>36</sup> Líquidos inflamables y con combustión espontánea, Oxidantes y peróxidos orgánicos, Materiales venenosos (tóxicos) e infecciosos, Radioactivos Corrosivos, Materiales peligrosos misceláneos.

<sup>37</sup> Los embalses mayores son aquellos que tienen una capacidad máxima de 50.000 m<sup>3</sup> o muros con más de 5 m de altura.

**Tabla N° 11**  
**Redes Estratégicas de Transporte**

SISTEMA DE CARRETERAS Y CAMINOS	Vías que unen una localidad con otra y puede tener intersecciones con otras carreteras. El camino público debe cumplir con 2 condiciones: la 1ra., la vía o conjunto de vías al interior de áreas urbanas unan un camino público con otro; la 2da., promulgación de un decreto supremo donde se señale la calle o avenida en cuestión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminos Nacionales</li> <li>- Caminos Regionales Primarios</li> <li>- Caminos Regionales Secundarios</li> <li>- Caminos Comunales Primarios</li> <li>- Caminos Comunales Secundarios</li> </ul>
SISTEMA PORTUARIO	Se organizan a través de la Dirección de Obras Portuarias, y se puede caracterizar según su propiedad (estatal y privada), según su uso (público y privado) <sup>38</sup> ; y según su destino o propósito (puertos comerciales, industriales, deportivos, pesqueros, militares, etc.). <sup>39</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiedad Estatal</li> <li>- Propiedad Privados</li> <li>- Uso Público</li> <li>- Uso Privado</li> </ul>
SISTEMA DE AEROPUERTOS	Administrados directamente por la Dirección General de Aeronáutica Civil. Está compuesto por una red principal (terminales mayores), teniendo gran parte de éstos conexión internacional; una red secundaria (terminales de apoyo a red principal), los que centralizan el movimiento aéreo de las regiones en que están ubicados; y la red de pequeños aeródromos (asfaltadas o no pavimentadas, para ser usadas por aviones pequeños como servicio eventual o de recorrido especiales).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aeropuertos</li> <li>- Aeródromo</li> </ul>
TERMINALES DE BUSES	Están diseñados para que los buses urbanos o interurbanos se estacionen temporalmente para recoger y dejar pasajeros. Pueden ser públicos o privados, sin embargo, se consideran edificios de uso público, por lo cual las edificaciones construidas al interior de terminales deben satisfacer las condiciones relativas a edificios de uso público. Su localización obedece a consideraciones como usos del suelo permitido, relación con las vías de acceso, y relación con el origen y/o destino del servicio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deposito de buses</li> <li>- Área de estacionamiento, maniobra y circulación</li> <li>- Áreas almacenamiento y expendio de combustibles</li> <li>- Infraestructura física</li> </ul>
SISTEMA FERROVIARIO	El sistema y explotación de las redes es administrado por la empresa EFE. Es un sistema con menos grados de libertad que otros de transporte. Los trazados utilizan criterios de diseño relativamente conservadores tanto en lo que se refiere a la resistencia de la subestructura como a la geometría de la vía férrea porque los accidentes ferroviarios tienen elevados costos tanto en las personas como en los bienes materiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías</li> <li>- Estaciones</li> <li>- Patios de Carga</li> </ul>

**b) Redes Estratégicas Vitales**

Son redes que proporcionan servicios de primera necesidad y están distribuidos espacialmente en el territorio, abarcando grandes extensiones, por lo mismo están altamente expuestas a eventos naturales. De ser inhabilitadas algunas de estas redes la población presentaría una situación de emergencia. Entre estos sistemas estratégicos están las que se indican en el Tabla N°12.

<sup>38</sup> El puerto de uso público es aquel que presta servicios indistintamente a cualquier usuario que lo requiera y que constituye una actividad independiente no accesoria a la industria principal de su propietario; el puerto de uso privado a aquel que ofrece un servicio exclusivo destinado a responder a las necesidades de la actividad principal de su propietario

<sup>39</sup> Puerto comercial tiene por misión fundamental ofrecer a los buques las instalaciones necesarias para efectuar las operaciones de embarque y desembarque de mercancías y personas.

**Tabla N°12**  
**Redes Estratégicas Vitales**

<p>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA</p>	<p>El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento, almacenamiento y conducción de agua potable; redes de distribución, arranques de agua potable, incluyendo el medidor de consumo, grifos públicos u otras, que permiten abastecer de agua potable a un núcleo de población determinado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sector Urbano:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas Sanitarias (Privada).</li> </ul> </li> <li>- Sector Rural                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comités y Cooperativas</li> </ul> </li> </ul>
<p>SISTEMA DE ALCANTARILLADO</p>	<p>Corresponde a un conjunto de tuberías construidas bajo tierra en la vía pública, que se denominan colectores públicos, interconectándose con las viviendas mediante uniones domiciliarias, cuya función es recoger y transportar las aguas servidas. Es decir este sistema es una red que es utilizada para recolección y transporte de aguas residuales o de los efluentes líquidos de las viviendas a través de un sistema de conductos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colectores Principales</li> <li>- Planta Tratamiento Aguas Servidas</li> <li>- Cámaras o Pozos de Inspección</li> </ul>
<p>SISTEMA ELÉCTRICO</p>	<p>El sistema de suministro eléctrico desarrolla las actividades de generación, transporte y distribución de electricidad, y están en manos privadas, cumpliendo el Estado una función reguladora, fiscalizadora y subsidiaria. En la industria eléctrica participan 26 empresas generadoras, 5 empresas transmisoras y 36 empresas distribuidoras. En el país existen 4 sistemas interconectados: el del Norte Grande (SING); el Central (SIC), estando la región de Atacama dentro de este sistema; el de Aysén y el de Magallanes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación</li> <li>- Transmisión</li> <li>- Distribución</li> <li>- Subestaciones transformación</li> <li>- Centros de transformación</li> </ul>
<p>SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN</p>	<p>Obedece a las redes que soportan la prestación de los servicios de comunicación a los usuarios finales. Son de 2 tipos: aquellas redes de servicio (telefonía fija, telefonía móvil, datos e internet), constituidas por un conjunto de elementos de red llamados generalmente nodos o switches; y aquellas redes de acceso que conectan a los usuarios finales con dichas redes de servicio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- telefonía fija</li> <li>- telefonía móvil</li> <li>- internet</li> </ul>

### 4.3 Sistemas Estratégicos a Nivel Regional

#### 4.3.1 Sistemas Esenciales

##### a) Sistema de Salud

En la región de Atacama existen sistemas de salud cuya dependencia es tanto pública como privada. Dentro del sistema de salud pública – sistema que atiende la mayor parte de la población regional – está el Servicio de Salud de Atacama, “organismo estatal, funcionalmente descentralizado y dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, para el cumplimiento de sus fines”. Sus misión es “Contribuir a elevar el nivel de salud de la población de la Región de Atacama a través de la articulación, coordinación e

integración de la Red Asistencial, gestionando y brindando prestaciones de salud de calidad y fomentando la participación ciudadana” (Cuenta Pública, Año 2011).

Entre sus objetivos están, entre otros: “entregar una atención de salud oportuna, digna y de calidad, centrada en el usuario; adecuar el modelo de atención y los programas de salud de las personas y del ambiente al perfil epidemiológico de la población de Atacama; promover el desarrollo de la Atención Primaria, y mejorar la coordinación entre los distintos niveles de atención y el desarrollo de la Red Asistencial; y el permanente mejoramiento de la gestión en todos los niveles de la Institución”. (Cuenta Pública, Año 2011).

La población proyectada al año 2011 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la región tiene un total de habitantes que asciende a 282.575 personas Tomando como referente estos datos, se tiene que la población regional se atiende mayoritariamente en el sistema de salud público. Efectivamente, el total de población beneficiaria de Fonasa al año 2011 es de 220.325 personas, lo que representa el 78% de la población regional.

Por otra parte, aquella población inscrita en establecimientos de *Atención Primaria* asciende a los 218.737 habitantes, representando el 77% respecto del total regional

Población Beneficiaria Fonasa 2011	Población Inscrita en Establecimiento Atención Primaria 2011
220.325 habitantes (1,13%)	218.737 habitantes
78 % sobre la población INE	77 % sobre la población INE

Fuente: FONASA 2010

De la información anterior se puede inferir que aproximadamente entre el 20 y 22% de la población opta por el sistema de salud privado. Lamentablemente no se cuenta con información respecto a este punto.

En los Cuadros N°23 y 24 se entrega información relativa a la infraestructura de salud, según se indica en los mismos.

**Cuadro N°23**  
**Sistema de Atención en Salud por Comunas. Año 2011**

Comunas	Hospitales según Tipo				CESFAM	Consultorio Gral. Urbano (CGU)	Posta Salud Rural (PSR)	Centro Comunitario Salud Familiar
	T1	T2	T3	T4				
Chañaral				1	1		1	
Diego de Almagro				1			1	
Caldera					1		-	1
<b>Copiapó</b>	1 <sup>(*)</sup>				7		-	
Tierra Amarilla							1	
Vallenar			1		4		5	
Alto del Carmen							4	
Huasco				1		1	3	
Freirina					1		1	
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>1</b>

<sup>(\*)</sup>Tiene adosado un Centro Diagnostico Terapéutico (CDT).

FUENTE: Servicio de Salud de Atacama. Año 2011

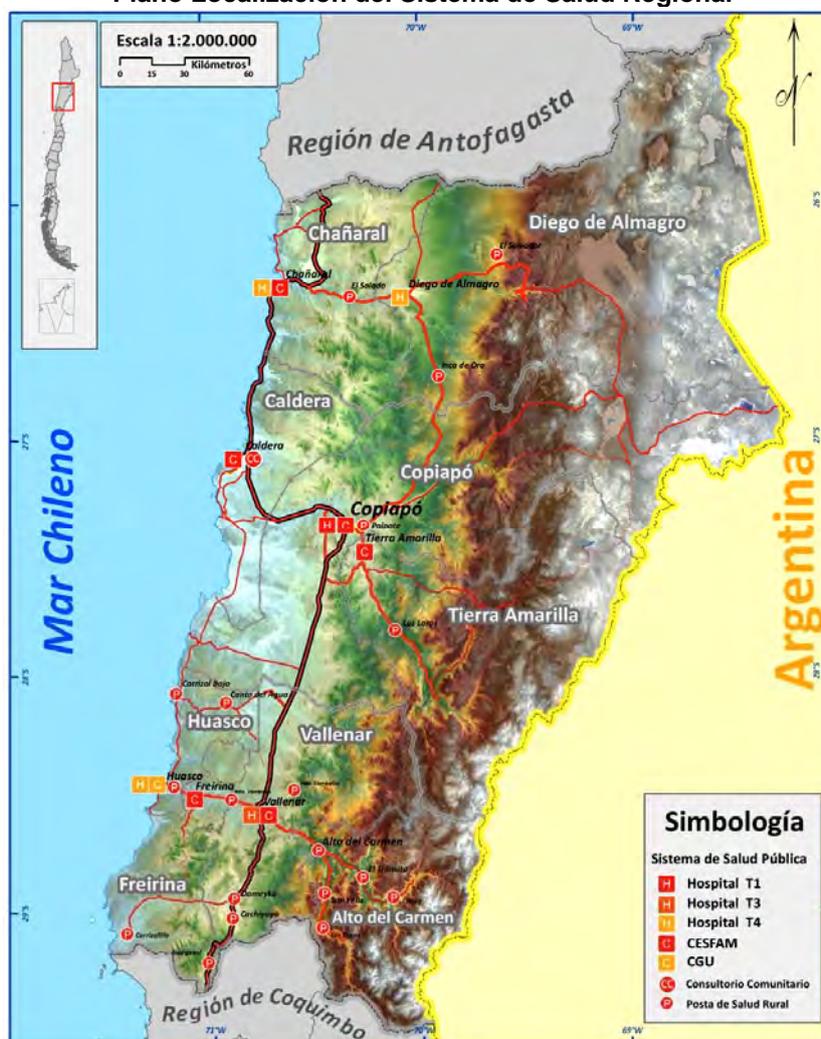
**Cuadro N°24**  
**Red Hospitalaria según Tipo de Complejidad. Año 2011**

COMUNAS	Tipo Complejidad	Dotación Camas	Índice Ocupacional	Superficie Terreno M <sup>2</sup>	Superficie Construcción M <sup>2</sup>	Estándar Atención (M <sup>2</sup> /Hab Cubierto)	Materialidad
Chañaral	Menor Complejidad	38	21,4%	10.000,00	2.126,19	0,16	Hormigón
D. de Almagro	Menor Complejidad	26	28,4%	4.500,00	1.884,42	0,11	Sin Info.
Copiapó	Alta Complejidad	285	79,9%	30.000,00	16.500,00	0,07	Hormigón
Vallenar	Mediana Complejidad	133	68,5%	10.500,00	5.633,00	0,11	Hormigón
Huasco	Menor Complejidad	14	41,4%	10.000,00	1.913,21	0,14	Hormigón

FUENTE: Servicio de Salud de Atacama. Año 2011

En el Plano 2 se muestra localización del Sistema de Salud Regional

**Plano 2**  
**Plano Localización del Sistema de Salud Regional**



Fuente: Elaboración propia. Año 2012

**b) Sistema Educacional**

Según los últimos registros de la población matriculada por tipo de educación (INE 2010) ésta ascendió a los 66.888 estudiantes, de los cuales 64,5% se matricularon en establecimientos municipales y 35,5% en establecimientos particulares (incluye subvencionado, no subvencionado y corporaciones). Del total de matriculados, tanto en el sistema municipal como particular, se tiene que el 10,3% corresponde a enseñanza pre-básica; 60% a enseñanza básica; y el 29,7% a enseñanza media. (Cuadro N°25).

**Cuadro N°25**  
**Matriculados por Tipo de Enseñanza y Dependencia**

Dependencia	Pre-Básica	Básica	Media	TOTAL
Municipal	4.265	26.935	11.970	43.170
Particular (*)	2.644	13.188	7.886	23.718
<b>TOTAL</b>	<b>6.909</b>	<b>40.123</b>	<b>19.856</b>	<b>66.888</b>

(\*) Incluye particular no subvencionado, particular subvencionado y corporaciones  
Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2012

Respecto a la enseñanza superior, se tiene que al año 2010 total de matriculados fue de 9.108 alumnos, de los cuales el mayor porcentaje (37,3%) se matriculó en las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de la Universidades Chilenas (CRUCH), siguiéndole en orden de importancia aquellos estudiantes que optaron por los Centros de Formación Técnica (23,6%).y por las universidades privadas (23,4%). Sólo el 15,7% de los alumnos se matriculó en Institutos Profesionales (Cuadro N°26).

**Cuadro N°26**  
**Matriculados en Enseñanza Superior**  
**por Tipo de Institución**

Tipo Institución	N° Matriculados	Porcentaje (%)
CRUCH	3.402	37,3
Privadas	2.131	23,4
IP	1.430	15,7
CFT	2.145	23,6
<b>Total</b>	<b>9.108</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2012

Respecto a la distribución de los establecimientos educacionales por comuna, ésta sigue el mismo patrón de localización de la población regional. Efectivamente, al considerar la localización de los establecimientos de enseñanza básica y media se observa que el 36,1% de éstos se localizan en la comuna de Copiapó, y el 20,4% en Vallenar, ambas con la mayor concentración de población a nivel regional. Por el contrario, las comunas de Chañaral, Huasco y Freirina son las que concentran el menor número de este tipo de establecimientos educacionales (aproximadamente el 4,8% las dos primeras, y el 4,1% Freirina).

Al separar la información por enseñanza básica y enseñanza media se tiene que los establecimientos de enseñanza media experimentan un notorio cambio en cuanto a la concentración de los mismos, el 48,6% de éstos se localizan en la comuna de Copiapó,

bajando el número de establecimientos de enseñanza media en las restantes comunas, salvo en el caso de Caldera, siendo la única comuna que incrementa el porcentaje de establecimientos que imparten este tipo de enseñanza. Se da el caso que tres comunas sólo llegan a concentrar el 2,7% de este tipo de establecimientos (Chañaral, Huasco y Freirina). Sin embargo, la disminución más significativa la experimenta la comuna de Alto del Carmen. Vallenar también baja el número de establecimientos que imparten este tipo de enseñanza media (Cuadro N°27).

**Cuadro N°27**  
**Establecimientos de Enseñanza Básica y Media**  
**según Localización por Comunas. Enseñanza**

Comunas	N° Estab. Básica	%	N° Estab. Media	%	Total Estab. Básica Y Media	%
Chañaral	6	5,5	1	2,7	7	4,8
Diego de Almagro	6	5,5	2	5,4	8	5,4
Caldera	6	5,5	3	8,1	9	6,1
<b>Copiapó</b>	<b>35</b>	<b>31,8</b>	<b>18</b>	<b>48,6</b>	<b>53</b>	<b>36,1</b>
Tierra Amarilla	10	9,1	2	5,4	12	8,2
Vallenar	23	20,8	7	18,9	30	20,4
Alto del Carmen	13	11,8	2	5,4	15	10,2
Huasco	6	5,5	1	2,7	7	4,8
Freirina	5	4,5	1	2,7	6	4,1
<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>	<b>37</b>	<b>100</b>	<b>147</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al Compendio Estadístico INE, Año 2012

A continuación se entrega información sobre el número de establecimientos según tipo de enseñanza (Pre-Básica, Básica y Media), por comunas. (Cuadro N°28).

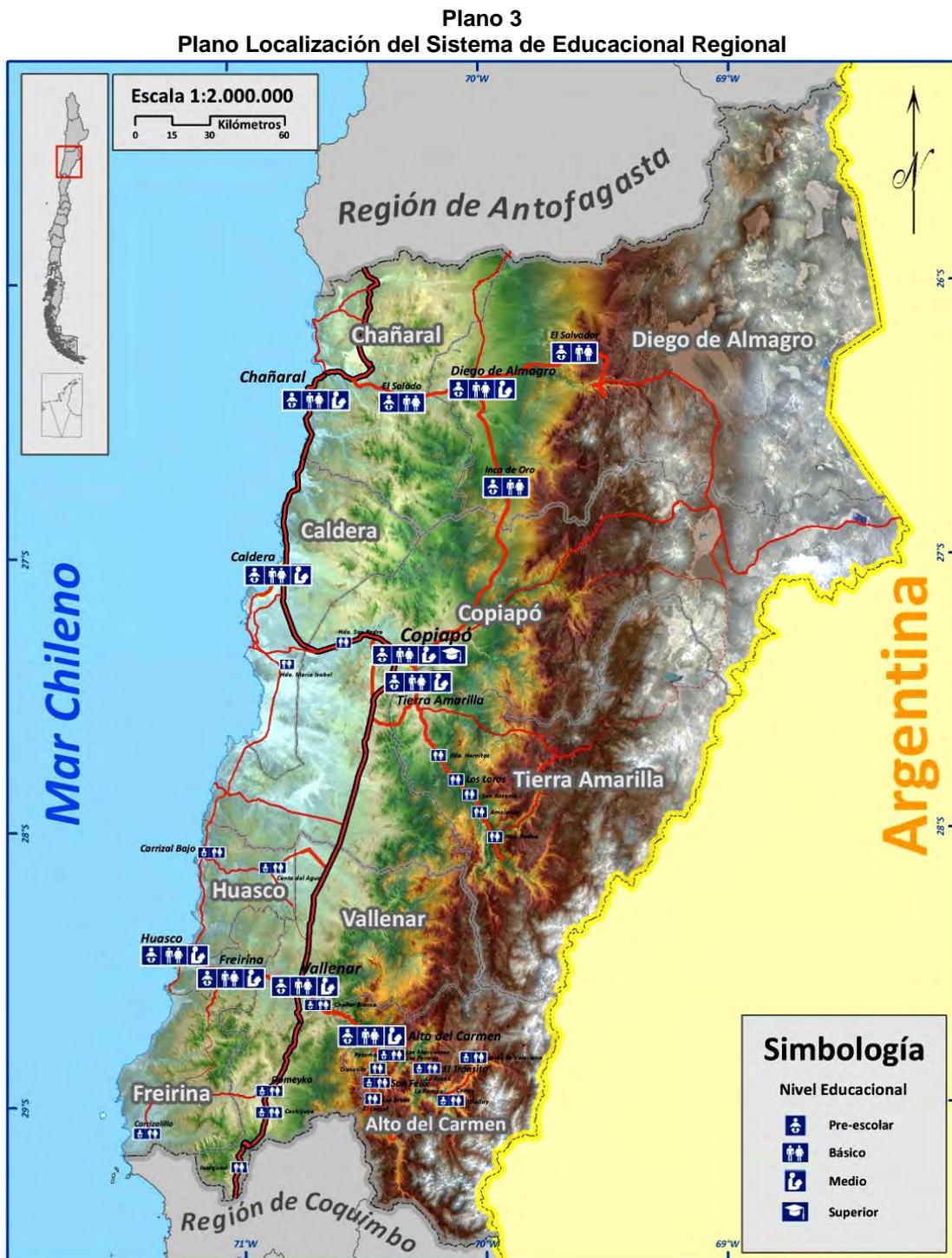
**Cuadro N°28**  
**Número Establecimientos según Tipo de Enseñanza, por Comunas**

Comunas	Parvularios					Educación Básica			Educación Media			Superior			
	MU	JUN	INT	PS	PP	MU	PS	PP	MU	PS	PP	UPU	UPR	IPP	CFTP
Chañaral	1	3	1	1	0	5	1	0	1	0	0				
Diego de Almagro	1	3	3	1	0	3	3	0	1	1	0				
Caldera	0	5	2	1	0	4	2	0	1	2	0				
<b>Copiapó</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Tierra Amarilla	0	4	3	0	0	9	1	0	1	1	0				
Vallenar	3	10	4	0	0	19	3	1	3	3	1				
Alto del Carmen	0	6	2	0	0	13	0	0	2	0	0				
Huasco	0	4	2	0	0	5	1	0	1	0	0				
Freirina	0	6	1	0	0	5	0	0	1	0	0				
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>68</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>85</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>4</b>				

MU: Municipal; JUN: Junji; INT: Integra; PS: Particular Subvencionado; PP Particular Pagado; UPU: Universidad Pública; UPR: Universidad Privada; IPP: Instituto Profesional Privado; CFTP: Centro de Formación Técnica Privada.

FUENTE: MINEDUC, Año 2012

En el Plano 3 se muestra localización del Sistema de Educacional Regional



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

**c) Instituciones Públicas**

El Sistema de Gobierno y Administración Regional, se estructura según se indica:

- El Gobierno Interior de la Región corresponde al Intendente, en su calidad de representante del Presidente de la República.
- La administración de la región corresponde al Gobierno Regional, compuesto por el Intendente, como órgano ejecutivo, y el Consejo Regional, como órgano resolutorio, nominativo y fiscalizador de aquél.
- Las funciones de administración son apoyadas por las Secretarías Regionales Ministeriales, órganos desconcentrados de los Ministerios, subordinados en el ámbito regional al Intendente.
- A nivel provincial el Gobierno corresponde al Gobernador, subordinado al Intendente. Su administración también compete a aquél como órgano desconcentrado del Intendente, en cuanto ejecutivo del Gobierno Regional.
- Existe como instancia de representación consultiva el Consejo Económico y Social Provincial, presidido por el Gobernador.
- La administración comunal corresponde a la Municipalidad, compuesta por el Alcalde como autoridad superior y el Concejo, presidido por el Alcalde como órgano resolutorio, nominativo y fiscalizador de aquél, ambos de elección popular y cuya duración es de 4 años. Para cumplir sus funciones, la Municipalidad cuenta con Unidades como: la Secretaría Comunal de Planificación y Coordinación, Dirección de Obras, Dirección del Tránsito, entre otras.

Por otra parte, la Constitución Política de la República de Chile, al consagrar las Bases de la Institucionalidad, dispone que es deber del Estado "dar protección a la población y a la familia"<sup>40</sup>. De ello se desprende que es el Estado, ente superior de la nación, es el encargado de la función pública denominada Protección Civil. Para la ejecución y desenvolvimiento de las acciones derivadas o vinculadas con la atención de aquella función pública, se han asignado competencias y otorgado facultades y atribuciones a diversos órganos de la Administración del Estado, de distinto nivel, naturaleza y contexto jurisdiccional, mediante disposiciones legales dictadas en diferentes épocas, lo cual ha ido estructurando un Sistema de Protección Civil que, en esencia, tiende a lograr la efectiva participación de toda la nación para mejorar las capacidades de prevención y respuesta frente a eventos destructivos o potencialmente destructivos, de variado origen y manifestaciones<sup>41</sup>.

En cumplimiento de lo establecido en la ley N°16.282<sup>42</sup>, y en el D.L. N°369, de 1974<sup>43</sup>, el Reglamento de la Ley Orgánica de ONEMI<sup>44</sup>, dispuso la constitución de Comités de

---

<sup>40</sup> Art. 1º, inciso quinto

<sup>41</sup> PLAN NACIONAL Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002

<sup>42</sup> Dictada en el año 1965 a raíz del terremoto registrado ese año en la zona central, otorga en su Título I facultades para la adopción, en casos de sismos o catástrofes de una serie de medidas especiales que pueden ser aplicadas por un lapso de doce meses contados desde la fecha del sismo o catástrofe, plazo que podrá ser extendido hasta por igual período. Asimismo, previene que el Ministerio del Interior tendrá a su cargo la planificación y coordinación de las actividades que establece esa ley y la atención de aquel tipo de evento (art. 2 I).

Emergencia Regionales, Provinciales y Comunales, con el carácter de comisiones de trabajo permanentes, presididos por el Intendente, Gobernador o Alcalde respectivo, y la constitución de los Centros de Operaciones de Emergencia, COE, esto es, el lugar o espacio físico que debe ser habilitado por la respectiva Autoridad Regional, Provincial y Comunal, para que se constituyan en él, en su oportunidad, las personas encargadas de administrar las emergencias o desastres que se produzcan y de adoptar o proponer, según proceda, las medidas de solución que de tales eventos se deriven (arts. 27, 28 y 29).-

En la estructura para la gestión en protección civil para cada nivel jurisdiccional (comuna, provincia, región o país), se establece que el Comité de Protección Civil para una eficiente y efectiva acción en protección civil, y frente a la emergencia o desastre, se debe trabajar coordinadamente con los organismos o instituciones del Sistema de Protección Civil de un área jurisdiccional determinada.

Dicho Comité lo integran instituciones y organismos públicos y privados, que por mandato legal, competencia o interés, puedan aportar a la gestión de protección civil. A nivel regional son presididos por el intendente regional, gobernador provincial y alcalde respectivo, quienes tienen la facultad de fijar, por resolución fundada, las normas especiales de funcionamiento de los mismos, convocar a los miembros que los integrarán y el orden de subrogación. (Tabla N°13)

**Tabla N°13**  
**Institucionalidad Pública Regional**

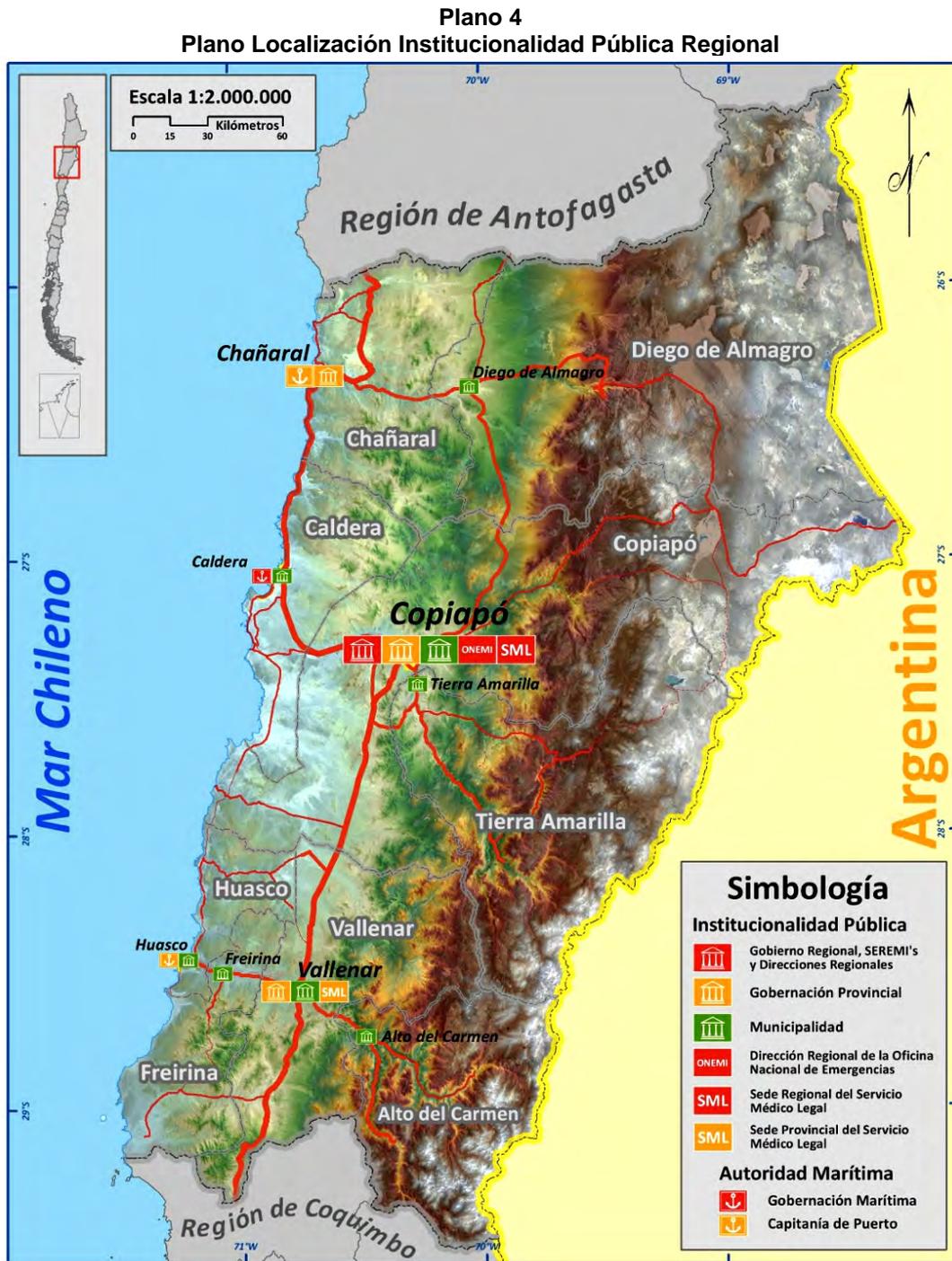
GOBIERNO INTERIOR		OTRAS INSTITUCIONES PÚBLICAS	
Nombre	Localización	Nombre	Localización
Intendencia	Copiapó	Ministerio Obras Públicas (*)	Ciudad de Copiapó
Gobernación Provincial		Dirección Regional ONEMI	Ciudad de Copiapó
• Provincia de Chañaral	Chañaral	Gobernación Marítima de Caldera	Ciudad de Caldera
• Provincia de Copiapó	Copiapó	• Capitanía de Puerto Chañara	Ciudad de Chañaral
• Provincia de Huasco	Vallenar	• Capitanía de Puerto de Caldera	Ciudad de Caldera
<b>Administración Territorial</b>		• Capitanía de Puerto de Huasco	Ciudad de Huasco
Gobierno Regional	Copiapó	Dirección Regional SAG	Ciudad de Copiapó
Municipalidades		Dirección Regional INDAP	Ciudad de Copiapó
• Chañaral	Chañaral	Dirección Regional CONAF	Ciudad de Copiapó
• Diego de Almagro	D. de Almagro	Consejo de Defensa del Estado	Ciudad de Copiapó
• Caldera	Caldera	Dirección Servicio Salud de Atacama	Ciudad de Copiapó
• Copiapó	Copiapó	Dirección Regional SERNAPESCA	Ciudad de Caldera
• Tierra Amarilla	T. Amarilla	Dirección Regional Servicio Médico Legal	Ciudad de Copiapó
• Vallenar	Vallenar	Dirección Regional de Gendarmería	Ciudad de Copiapó
• Alto del Carmen	A. del Carmen	Superintendencia Electricidad Combustibles	Ciudad de Copiapó
• Huasco	Huasco	Dirección Regional SERVIU	Ciudad de Copiapó
• Freirina	Freirina		

(\*) Dirección Regional de Vialidad, Aeropuertos, Aguas, Planeamiento, Obras Hidráulicas, Portuarias.

<sup>43</sup> Del año 1974, crea la Oficina Nacional de Emergencia con el carácter de servicio público centralizado dependiente del Ministerio del Interior, cuya misión es la planificación, coordinación y ejecución de las acciones destinadas a prevenir o solucionar los problemas derivados de sismos o catástrofes.

<sup>44</sup> D.S. N° 509, de 1983, de Interior.

En el Plano 4 se muestra localización de la Institucionalidad Pública Regional.



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

**d) Sistema Policial**

De acuerdo al Plan Nacional de Protección Civil, en los que respecta al Comité de Protección Civil, en éste deberán estar representados los servicios, organismos, cada una de las ramas de las Fuerzas Armadas y Carabineros del área jurisdiccional respectiva, e instituciones de los sectores públicos y privados que, por la naturaleza de sus funciones e importancia de sus recursos humanos y materiales disponibles, sean necesarios para la prevención de riesgos y solución de los problemas derivados de emergencias, desastres y catástrofes<sup>45</sup>.

A nivel de Unidades, la región de Atacama cuenta con una Prefectura de Carabineros, a cargo de un Oficial Jefe<sup>46</sup>; cuatro Comisarías, localizadas en las ciudades de Chañaral, Copiapó, Vallenar y El Salvador, comuna de Diego de Almagro; y 3 Subcomisarías, localizadas en las comunas de Diego de Almagro, Caldera y Huasco. Tanto las Comisarías como las Subcomisarías son unidades son básicas del servicio policial y están comandadas por un Oficial Jefe del grado de Mayor y dependen Prefecturas o Subprefecturas. A nivel de Destacamento, la región de Atacama cuenta con 4 Tenencias y 12 Retenes, los que son comandados por un funcionario de los grados de Suboficial Mayor a Cabo, en lo posible graduado. Ambas dependen de las Comisarías, Subcomisarías o Tenencias (Cuadro N°29).

**Cuadro N°29**  
**Distribución de las Unidades y Destacamentos de Carabineros de Chile**  
**Región de Atacama.**

Comunas	Unidades			Destacamento	
	Prefecturas	Comisarías	Subcomisarías	Tenencias	Retenes
Nivel Regional	1	-	-	2(*)	-
Chañaral	-	1	-	-	1
Diego de Almagro	-	1	1	-	1
Caldera	-	-	1	-	-
Copiapó	-	1	-	-	3
Tierra Amarilla	-	-	-	-	2
Vallenar	-	1	-	-	2
Alto del Carmen	-	-	-	1	3
Huasco	-	-	1	-	-
Freirina	-	-	-	1	-
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

(\*) Tenencia de Carretera Atacama Norte y tenencia de Carretera Atacama Sur  
FUENTE. <http://www.carabineros.cl>

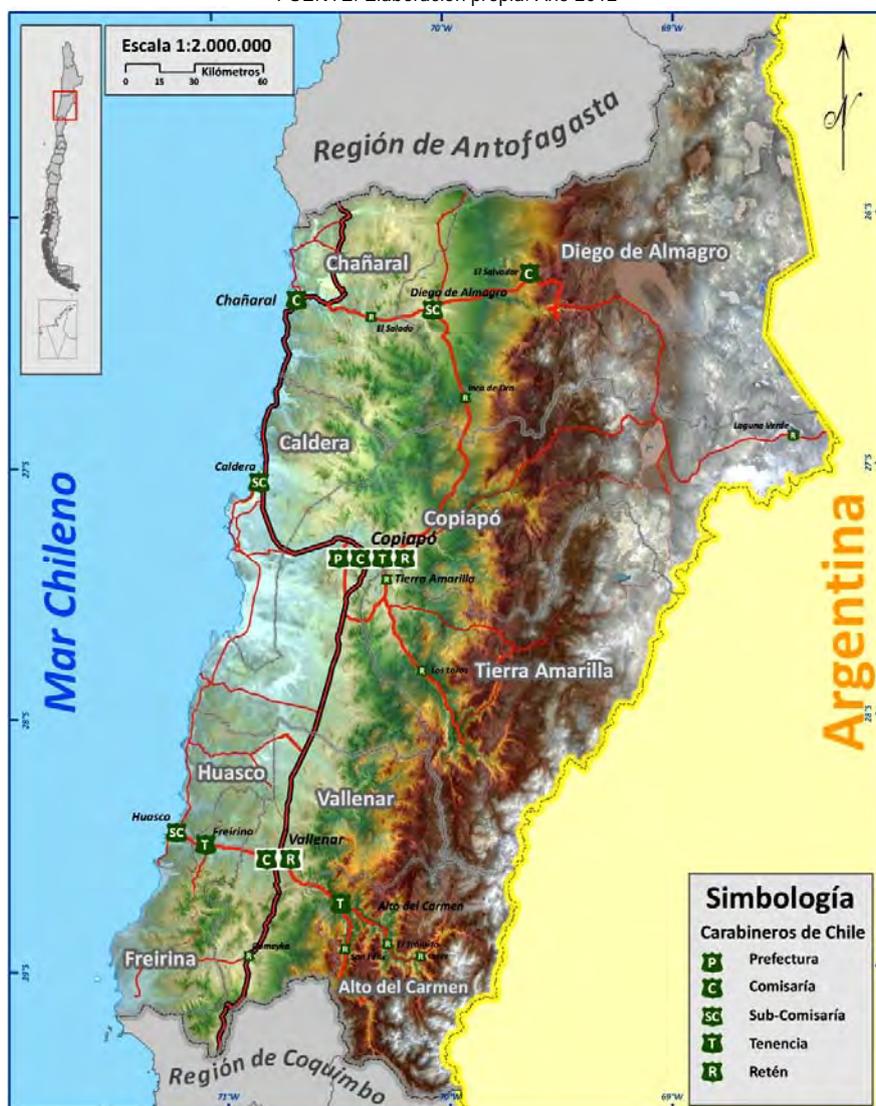
En el Plano 5 se muestra localización del Sistema Policial Regional.

<sup>45</sup> PLAN NACIONAL Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002

<sup>46</sup> Teniente Coronel Sr. Guillermo Alfonso Benítez Paredes

**Plano 5**  
**Plano Localización Sistema Policial Regional**

FUENTE: Elaboración propia. Año 2012



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

**e) Sistema de Emergencia**

En la funcionalidad del Sistema de Protección Civil en sus fases de Prevención, Atención y Recuperación y actividades relacionadas al ciclo del manejo del riesgo, siempre es posible identificar un mando técnico, asociado a una organización o sector, un mando de coordinación, asociado a los directores de protección civil o emergencia y un mando de autoridad, asociado a las autoridades de gobierno interior (alcalde, gobernador, intendente, Ministro del Interior)<sup>47</sup>.

<sup>47</sup> PLAN NACIONAL. Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156, 12 de marzo de 2002

Al ocurrir una emergencia siempre participa por lo menos un organismo de respuesta, que se relaciona con el conocimiento y manejo del evento específico, constituyendo un Mando Técnico frente a esa situación. Este mando técnico es reconocido por otros organismos que concurren a la emergencia y tácitamente se convierten en servicios de apoyo a la función principal de acuerdo a sus funciones específicas. Un ejemplo de lo anterior queda graficado frente a la ocurrencia de un incendio, donde se reconoce que el mando técnico en este caso lo ejerce Bomberos, concurrendo además, Carabineros, unidades de Salud, servicios municipales, etc., que giran en torno a la actividad que realiza Bomberos, reconociendo su liderazgo en la materia. Así también los medios de comunicación centran su actividad principalmente en la información que pueda entregar Bomberos.

De acuerdo a la Guía de Riesgos Naturales (Subdere, 2010) el sistema de emergencia está compuesto principalmente por el Cuerpo de Bomberos, dado que proporciona uno de los principales recursos humanos para atender la emergencia (incendios, rescate o salvamento) generada por un desastre natural. Cada Cuerpo de Bomberos, es una corporación privada, con personalidad jurídica y estatutos propios, estando ampliamente distribuidos en el territorio, pero con atribuciones diferentes entre sí, tanto por la diversidad de emergencias que deben atender, como por el tamaño y características de la comunidad a la que sirven, sin embargo, todos tienen la misma organización básica.

La Compañía de Bomberos corresponde a la unidad básica de la organización bomberil. Las Compañías deben ser autosuficiente en cuanto a recursos: cuartel, carro, equipos de comunicaciones y material de trabajo. Dependen del respectivo Cuerpo de Bomberos. En el caso de los Cuerpos de Bomberos, éstos desarrollan su labor en una o más comunas, siendo la máxima autoridad de cada cuerpo de bomberos un directorio, encabezado por su superintendente, en quien residen los poderes administrativos. Las acciones operativas están a cargo del Comandante, al que corresponde dirigir las acciones de respuesta a la emergencia. En el Cuadro N°30 se señalan el número de Compañías y Cuerpo de Bomberos por comuna y en el Plano 6 se muestra localización del Sistema de Emergencia Regional.

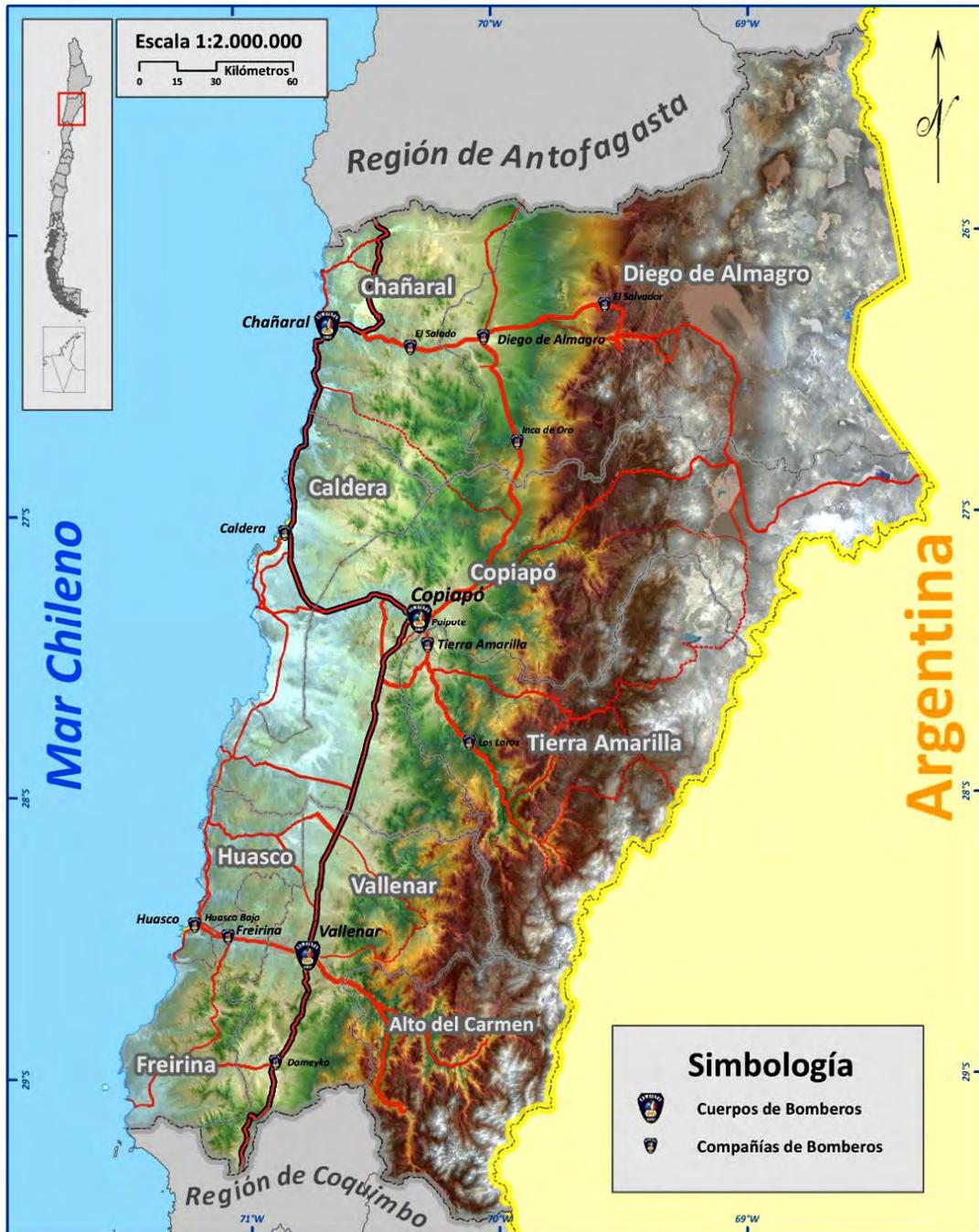
**Cuadro N°30**  
**Compañía y Cuerpo de Bomberos**  
**Región de Atacama.**

COMUNAS	Compañía Bomberos	Cuerpos Bomberos
Chañaral	2	1
Diego de Almagro	2	1(*)
Caldera	2	1
Copiapó	6	1
Tierra Amarilla	2	1
Vallenar	6	1
Alto del Carmen	-	
Huasco	2	1
Freirina	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>8</b>

FUENTE: [www.bomberos.cl](http://www.bomberos.cl)

(\*)Inca de Oro

**Plano 6**  
**Plano Localización Sistema de Emergencia Regional**



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

### 4.3.2 Sistemas con Alto Potencial De Daño

#### a) *Sistema de Combustibles y Sustancias Peligrosas*

El sistema de combustibles y sustancias peligrosas es relevante en el ámbito de los hidrocarburos principalmente para la producción de energía<sup>48</sup>. Según la Comisión Nacional de Energía, el consumo neto de hidrocarburos correspondió al 73% del consumo bruto de energía primaria el año 2010, llegando el consumo neto de petróleo crudo al 34,8%, mientras que el de gas natural alcanzó al 19,9%.

La principal fuente de suministro de crudo para Chile son las importaciones, que durante el 2011 alcanzaron a 10.107.923 de m<sup>3</sup>, significando US\$ 6.502,53 (CIF). Los principales proveedores de crudo son Brasil (43%), Colombia (18%), Ecuador (17%) y Argentina (10%).

El consumo de combustibles derivados del petróleo, por su parte, alcanzó en el 2007 a 15.434 miles m<sup>3</sup>, de los cuales el 79% fue abastecido por refinación nacional.

En la actualidad el sector hidrocarburos líquidos se encuentra constituido por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y por compañías privadas. El rol de ENAP y sus filiales se basa en su participación en la exploración y explotación de petróleo, refinación, servicios de almacenamiento y transporte de productos.

La distribución de combustibles a público está constituida por compañías privadas. En el caso de los combustibles líquidos derivados del petróleo se encuentran presentes las compañías Copec, Esso, Shell y Terpel (ex YPF), las que concentran en torno al 98% de las ventas. Respecto de gas licuado, las compañías privadas presentes en la comercialización en cilindros y granel son Lipigas, Abastible, Uligas y Gasco, de las cuales, las dos primeras concentran en torno al 72% del mercado.

En cuanto al transporte de combustibles éste es realizado vía terrestre a través de camiones y a través del sistema de ductos. En el primer caso, el transporte es realizado por flotas propias o subcontratadas de las propias compañías ya señaladas, mientras que en el segundo, los ductos de transporte se encuentran operados según corresponda por ENAP o SONACOL.

- *Almacenamiento.*

En la actualidad Chile cuenta con una capacidad de almacenamiento en terminales de petróleo crudo, combustibles líquidos y gas licuado de aproximadamente 3.2 millones de m<sup>3</sup>. Los terminales de almacenamiento se encuentran distribuidos a lo largo del país, teniendo la región de Atacama una capacidad de almacenamiento en Combustibles Líquidos de 50.673 m<sup>3</sup>, lo que representa el 2,7% respecto del total país, y en gas licuado de 436 m<sup>3</sup>, representando el 0,2% del total país.<sup>49</sup> Respecto de los terminales marítimos – utilizados para la recepción y despacho de petróleo crudo y combustibles entre barcos y

<sup>48</sup> En términos generales los hidrocarburos son energéticos que en su estructura química se componen principalmente de átomos de carbono e hidrógeno. Para efectos de la Comisión Nacional de Energía, los hidrocarburos son los energéticos presentes en la matriz de energía primaria o secundaria de origen o derivados de los combustibles fósiles. Así dentro de los hidrocarburos encontramos en la matriz primaria al petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral.

<sup>49</sup> <http://www.cne.cl/energias/hidrocarburos/tipos-de-energia/377-capacidad-almacenamiento>

plantas de almacenamiento –, éstos se encuentran ubicados principalmente en las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Magallanes. En el caso de Atacama, se tiene que en la región existen 4 terminales marítimos, localizándose uno en la comuna de Chañaral, 1 en Caldera y 2 en Huasco. (Cuadro N°31).

**Cuadro N° 31**  
**Concesiones Terminales Marítimos relacionados con Hidrocarburos.**  
**Región de Atacama**

Terminal	Puerto	Concesionario
Terminal Petrolero Codelco	Chañaral	Codelco Chile, Div. El Salvador
Terminal Planta COPEC	Caldera	Compañía de Petróleos de Chile
Guacolda I	Huasco	Empresa Eléctrica Guacolda S.A.
Guacolda II	Huasco	Cía. Minera del Pacífico S.A.

Fuente: <http://www.cne.cl/energias/hidrocarburos/tipos-de-energia/381-terminales-maritimos>

– *Distribución De Combustibles A Público y Estaciones de Recepción de Gas Licuado*

Tal como señaló anteriormente, la distribución al público de combustibles líquidos derivados del petróleo está constituida por compañías privadas. En la región de Atacama existen registradas un total de 23 estaciones de servicio, las que expenden desde gasolina 93 hasta kerosene y petróleo diese (Cuadro N°32).

**Cuadro N°32**  
**Estaciones de Servicio Combustibles. Región Atacama.**

Comuna	Nombre	Dirección
Chañaral	Petrobras	Panamericana Norte Siete 0
	Copec	Merino Jarpa /Ruta 5N
Diego de Almagro	Copec	Av. El Tofo N°043
		Anibal Pinto N°400
Caldera	Petrobras	Ruta 5N, Km. 877
	Copec	Edwards con M. Montt
Copiapó	Copec	Av. Henríquez N°504,
		Carretera Panamericana N° 255
		Carretera Panamericana Norte Km. 811,
		Copayapu 2024
	AutoGasco <sup>(*)</sup>	Ruta 5 Norte Km 814,5 000
	Petrobras	Panamericana Norte S/N 00,Copiapó Camino Diego de Almagro 660,Copiapó
Shell	Shell	Copayapu 852,
		Eleuterio Ramírez 776 Circunvalación con Chacabuco
Tierra Amarilla	Copec	Av. Miguel Lemeur 427
Huasco	Copec	Ignacio De La Carrera N° 167
Vallenar	Copec	Panamericana Norte con Cruce Huasco
		Juan Verdager N° 614
		Brasil 1001
Petrobras	Petrobras	Panamericana Norte 0

<sup>(\*)</sup> (GLP Vehicular).

Fuente: <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/buscador.php?region=4>

Respecto de gas licuado, las compañías privadas presentes en la comercialización en cilindros y granel son Lipigas, Abastible, Uligas y Gasco, de las cuales, las dos primeras concentran en torno al 72% del mercado (Cuadro N°33).

**Cuadro N°33**  
**Localización Distribuidoras Gas Licuado. Región de Atacama**

Nombre	Comuna	Dirección
Gasco	Copiapó	Avenida Copayapu 2271
Gasco	Vallenar	Barrio Industrial S/N Lote 6
Lipigas	Copiapó	Ruta 5 Norte, 3901 - Km.814,5
Lipigas	Caldera	Batallones de Atacama 557
Lipigas	Chañaral	Panamericana Norte Km. 942, Barrio Industrial
Lipigas	Vallenar	Miraflores 510
Lipigas	Diego de Almagro	Av. Lautaro, 906
Abastible	Tierra Amarilla	Avenida Miguel Lemeur N° 380
Abastible	Copiapó	Ruta 5 Norte km. 813
Abastible	Vallenar	Calle Francisco Coloane - Esq.marañón

#### **b) Acumulación de Agua**

Dentro de los sistemas de acumulación de agua están las represas y embalses. Los primeros tienen por objeto generación de energía hidroeléctrica o para el depósito de agua; los segundos son sistemas de acumulación de agua, sean de origen natural o artificial. En el caso embalses artificiales el objetivo principal es asegurar la disponibilidad de agua para su uso posterior, principalmente en actividades agrícolas (regadío/ canalización del riego).

Para efecto del presente estudio, la importancia del análisis de este tipo de infraestructura radica en la localización de la misma en relación a los asentamientos humanos que pudiesen estar situados aguas abajo de estos sistemas de acumulación de agua. Ello debido a que eventuales fracturas del muro o dique de contención –sea ésta provocada por fatiga de material o por un sismo– ya que este hecho puede llegar ser alto riesgo para la población. La región de Atacama cuenta con dos sistemas de embalses artificiales, de los cuales se dará cuenta en los siguientes acápite.

#### **iii) Embalses Artificiales**

Este tipo de infraestructura es demandada especialmente en aquellas regiones donde la disponibilidad de agua está por debajo de aquella que asegura el desarrollo tanto de los asentamientos humanos como socio-económico y ambiental.

En la región de Atacama existen 2 embalses artificiales: Santa Juana, localizado en la comuna de Vallenar, y Lautaro, situado en la comuna de Copiapó.

- Embalse Santa Juana

La construcción de este embalse se inició a fines del año 1991 y se terminó de construir a mediados del 1995. La presa se ubica aproximadamente a unos 20 Km al oriente de Vallenar (Figura 52). El objetivo de su construcción fue mejorar la producción agrícola de la zona del Valle de Huasco<sup>50</sup>.

Tiene una longitud de aprox. 10 km. de largo, una superficie inundada 410 hectáreas, una altitud de 550 m.s.n.m., y una capacidad útil de 166 Hm<sup>3</sup><sup>51</sup>, consiguiendo 12 mil hectáreas de riego lo que permite mantener el desarrollo de la agricultura en el valle. Sobresale su imponente muro de contención de 114,30 metros de alto.

Previo a su construcción, en el Valle del Huasco existía un sistema de canales que extraía las aguas del río Huasco y sus afluentes, teniendo como propósito regar una importante zona agrícola que no recibía el agua con la seguridad necesaria, motivo por el cual no era posible mantener tipos de cultivos más rentables. Se debe tener presente que sin el embalse los recursos de agua eran bastante escasos, especialmente en las épocas de sequía donde se llegaba a contar con una disponibilidad de 1m<sup>3</sup>/s, lo que no permitía cultivo estable alguno en el área<sup>52</sup>.

- Embalse Lautaro

El embalse Lautaro fue construido entre los años 1928 y 1942, y está ubicado en el valle del río Copiapó, unos 20 Km aguas abajo del lugar denominado Juntas, punto de confluencia de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas, afluentes del río Copiapó. Se encuentra aproximadamente a 90 Km al sureste de la ciudad de Copiapó (Figura 49).

Su objetivo básico era regular el caudal del río y asegurar el riego potencial de unas 6.000 ha del valle de Copiapó, teniendo también un objetivo secundario cual era actuar como tranque de retención de aguas lluvia en periodos de fuertes precipitaciones, evitando así probables inundaciones. Tiene una capacidad de almacenamiento de 37,3 Hm<sup>3</sup> (su capacidad bajó a 25,7 Hm<sup>3</sup>, por efectos de un aluvión originado en el valle del río Manflas), una altura máxima del muro de 30 metros, una superficie inundada a la cota del vertedero de 326 ha, y una superficie hoya hidrográfica: 6.700 Km<sup>2</sup>.

Este embalse ha presentado diversos problemas durante su vida útil lo cual ha obligado a la Dirección de Obras Hidráulicas a efectuar estudios y trabajos de normalización en el vertedero, muro, sistema de entregas de agua y otros. Tales trabajos no dieron los resultados esperados por lo que no ha sido posible llevar una estadística de su comportamiento. Posterior a estas reparaciones se han realizado otras, pero a pesar de ello el embalse continúa sin prestar muchos beneficios. Es importante señalar que debido a su infiltración permanente y considerable, permite alimentar napas y vertientes que en gran medida afloran en la localidad de La Puerta a unos 20 Km aguas abajo del embalse, con caudales del orden de 1 a 2 m<sup>3</sup>/s, aun estando cerradas las válvulas de entrega<sup>53</sup>.

---

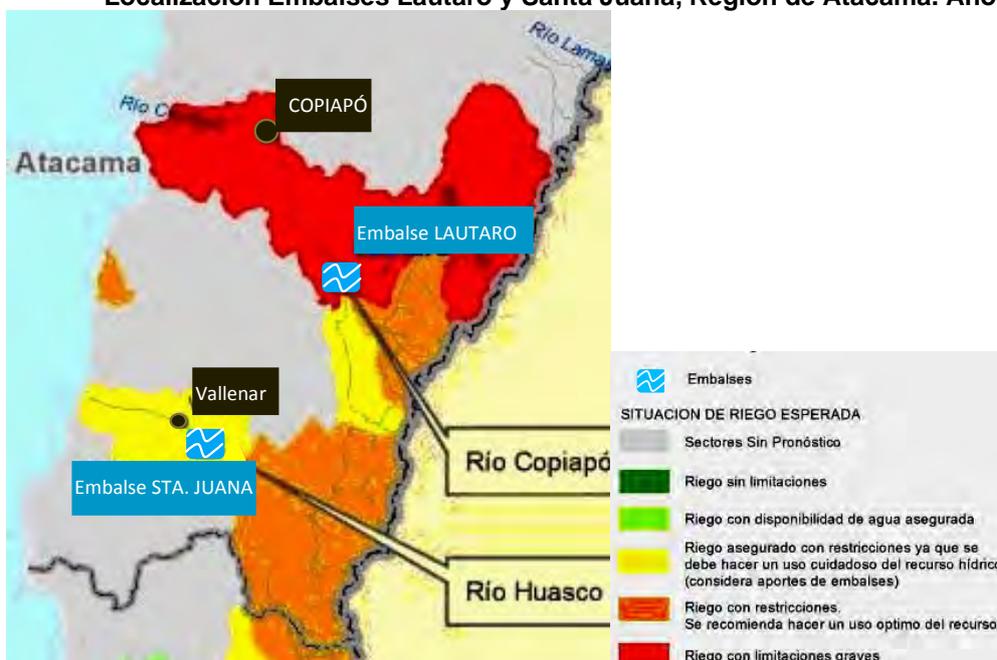
<sup>50</sup> En las secciones Uno, Dos, Tres y Cuatro, vale decir en los valles de los ríos El Carmen, El Tránsito y Huasco.

<sup>51</sup> Esta capacidad permite incrementar la superficie regada desde 2.000 ha, con seguridad 85% en la situación sin embalse, a 10.000 ha, con seguridad 85%, con embalse.

<sup>52</sup> "El Riego en Chile", Juan Sandoval J., Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas. Año 2003

<sup>53</sup> Nota 52.

**Fig. 49**  
**Localización Embalses Lautaro y Santa Juana, Región de Atacama. Año 2012**



FUENTE: Elaboración propia a partir de información de la DGA, División de Estudios y Planificación. Año 2012.

A abril del año 2012 ambos embalses están por debajo de la capacidad máxima de almacenamiento, siendo más aguda esta situación en el caso del embalse Lautaro, ello porque el volumen embalsado de agua está sólo al 2,56% respecto de su capacidad máxima, encontrándose incluso por debajo del volumen almacenado al año anterior en igual mes (Cuadro N°34).

**Cuadro N°34**  
**Volumen Embalsado Embalses Lautaro y Santa Juana. Año 2012**  
**(Respecto a la Capacidad Máxima)**

Obra	Capacidad Máxima (Hm3)	Volumen Embalsado y (%) Con Respecto Capacidad Máxima			
		08/Abril 2011		13/Abril 2012	
		Volumen(Hm3)	(%)	Volumen(Hm3)	(%)
Lautaro	25,7	0,07	0,27	0,66	2,56
Sta. Juana	166	78,01	46,99	57,79	34,81

FUENTE: Elaboración propia a partir de información recabada en: [www.doh.gob.cl](http://www.doh.gob.cl)

*iv) Construcción Tranques Retenedores de Aguas Lluvia*

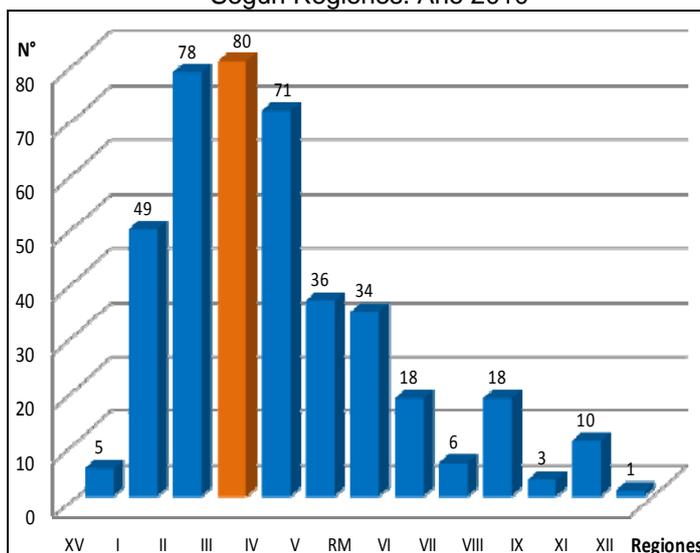
El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), se ha propuesto entre sus objetivos y desafíos centrales la construcción de tranques retenedores de aguas lluvia en aquellos sectores que, debido a sus características geomorfológicas (presencia de quebradas, pendientes pronunciadas) y a la localización de asentamientos humanos en parte baja, son afectados en épocas de de alta

pluviosidad, escurriendo las aguas pendiente abajo y, con ello, inundando las viviendas existentes. Este tema se aborda en el punto 2.3.1 “Amenaza de Inundación por Crecida de Quebradas”, acápites a) Construcción de Tranques Retenedores de Aguas Lluvia”

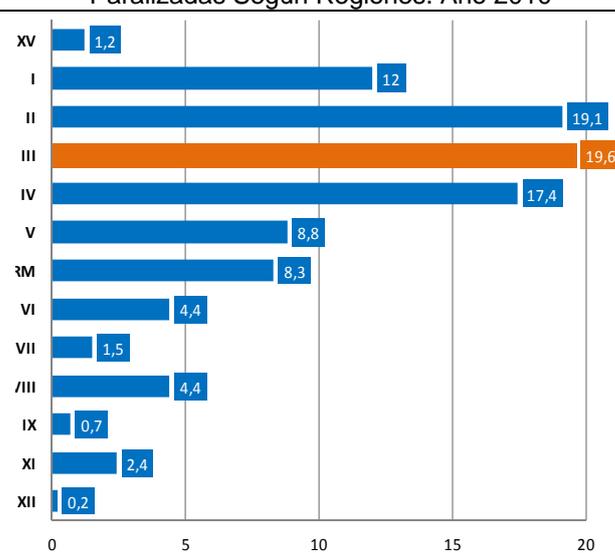
**c) Relaves**

Tomando como base el estudio realizado por Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) “Actualización Catastro Faenas Mineras Abandonadas y/o Paralizadas 2010”, estudio que se basa en el “Catastro Nacional de Faenas Mineras Abandonadas y/o Paralizadas, FMA/P”, el año 2007<sup>54</sup>, se registraron un total de 409 faenas mineras en situación de abandono/paralizadas, de las cuales el mayor número se localizan en la Región de Atacama (19,6%); siguiéndole en orden de concentración de faenas mineras en esta situación las regiones de Antofagasta (19,1%); Coquimbo (17,4%); y Tarapacá (12%). En el resto de las regiones presentan una concentración por debajo del 8,8%.(Gráfico 5 y Gráfico 6).

**Gráfico 5**  
Faenas Mineras Abandonadas Paralizadas Según Regiones. Año 2010



**Gráfico 6**  
Porcentaje de Faenas Mineras Abandonadas / Paralizadas Según Regiones. Año 2010



FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

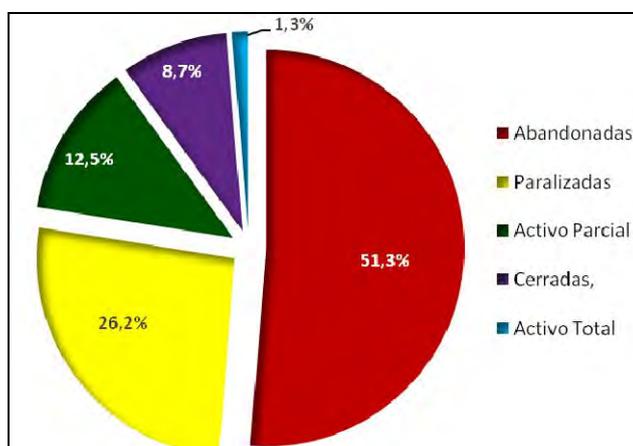
De las 80 faenas mineras catastradas se tiene que el 51,3% se encuentran en estado de Abandono; 26,2% Paralizadas; 12,5% en estado Activo Parcial; 8,7% Cerradas, y 1,3% en estado Activo Total (Cuadro N° 35 y Grafico 7).

<sup>54</sup> Iniciativa que realizó en el marco del Proyecto de Cooperación Chileno-Japonés “Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en la Gestión Ambiental Minera, FOCIGAM.

**Cuadro N°35**  
**N° Faenas Mineras según Estado**

Estado Mina	N°
Abandonada	41
Paralizada	21 <sup>(*)</sup>
Activo Parcial	10
Cerrada	7
Activo Total	1
<b>Total</b>	<b>80</b>

**Grafico 7**  
**Faenas Mineras Según Estado Actual.**



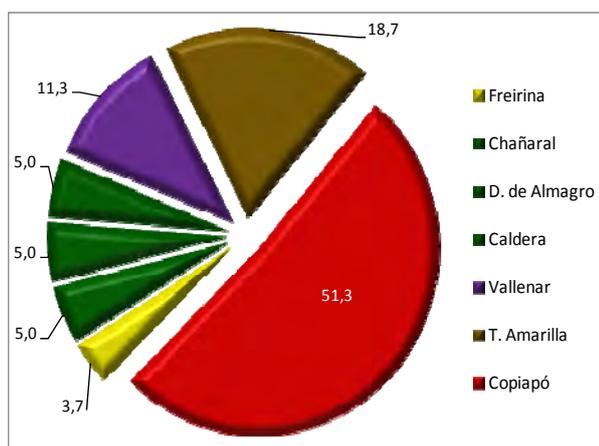
FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

A nivel intrarregional se tiene que la mayor concentración de faenas mineras se encuentran en la comuna de Copiapó, localizándose en ésta el 51,3% del total de faenas mineras catastradas al año 2010, siguiéndole en orden de concentración la comuna de Tierra Amarilla (18,7%) y Vallenar (11,3%). El resto de las comunas concentran entre el 5,0 y 3,7%, no registrándose faenas mineras en las comunas de Alto del Carmen y Huasco (Cuadro N° 36 y Gráfico 8)

**Cuadro N°36**  
**Total Faenas Mineras Abandonadas /Paralizadas, Según Comunas.**

Comunas	N° Minas Abandonadas/Paralizadas	% Minas Abandonadas/Paralizadas
Chañaral	4	5,0
D. de Almagro	4	5,0
Caldera	4	5,0
Copiapó	41	51,3
T. Amarilla	15	18,7
Vallenar	9	11,3
A. del Carmen	-	-
Huasco	-	-
Freirina	3	3,7
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>100</b>

**Grafico 8**  
**Porcentaje Faenas Mineras Abandonadas/Paralizadas, según Comunas**

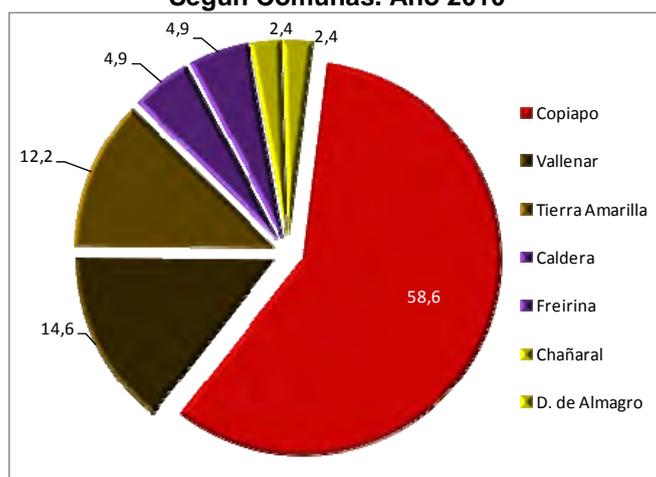


FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

(\*) En el caso de aquellas faenas Paralizadas 15 de éstas se encuentran con la Operación Paralizada, 5 con la Prospección Paralizada y solo 1 con el Desarrollo Paralizado

La concentración de las faenas mineras, sea en estado de abandono, paralizadas, activas parcialmente o cerradas, siguen el mismo patrón según su localización comunal; es decir, la mayoría se localizan en la comuna de Copiapó. Efectivamente, del total de faenas mineras Abandonadas (41) se tiene que el 24 se localizan en la comuna de Copiapó; 6 en la comuna de Vallenar y 5 en Tierra Amarilla. De las restantes minas abandonadas 2 se localizan en la comuna de Freirina e igual número en Caldera, y solo una en la comuna de Chañaral y una en Diego de Almagro (Grafico 9).

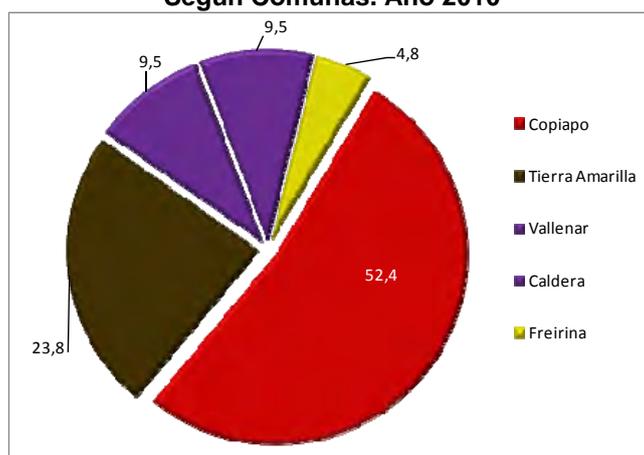
**Grafico 9**  
**Porcentaje de Faenas Mineras Abandonadas**  
**Según Comunas. Año 2010**



FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

En cuanto a las faenas mineras Paralizadas se observa que de las 21 faenas 11 se localizan en la comuna de Copiapó, 5 Tierra Amarilla, 2 en Caldera y 2 en Vallenar sólo 1 en Freirina (Grafico 10)

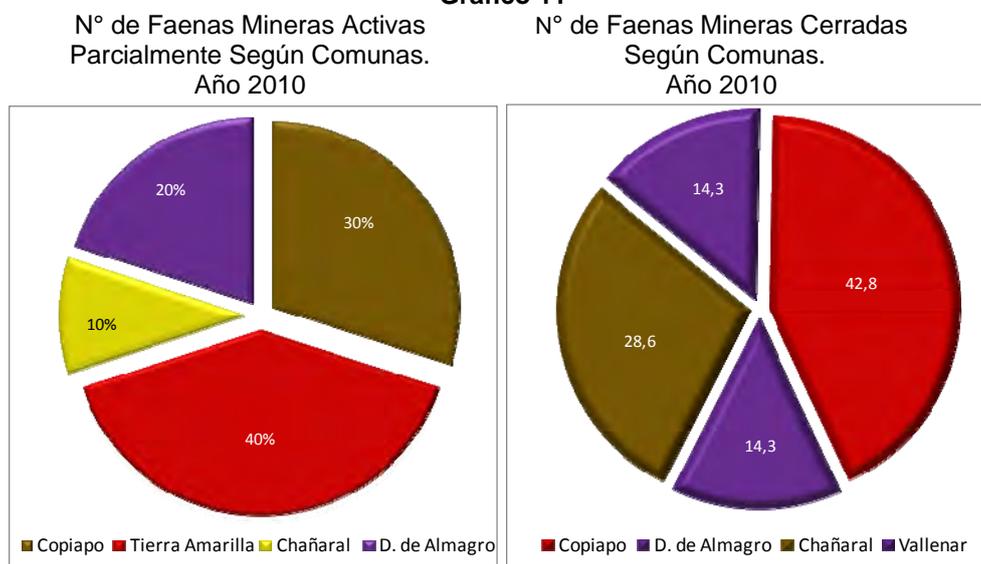
**Grafico 10**  
**Porcentaje de Faenas Mineras Paralizadas**  
**Según Comunas. Año 2010**



FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

Finalmente están aquellas faenas mineras que al momento del catastro se encontraban en Operación Activa Parcialmente (10) y aquellas Cerradas, situándose la mayoría en la comuna de Copiapó; Diego de Almagro y Tierra Amarilla (Gráfico 11). En las Figuras 49, 50 y 51 se muestran la localización de las Faenas Mineras Paralizadas y Abandonadas.

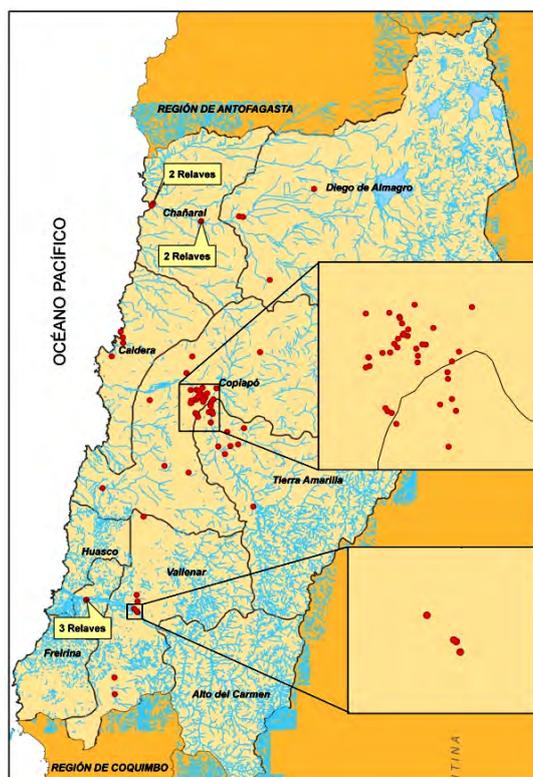
**Gráfico 11**



FUENTE: Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

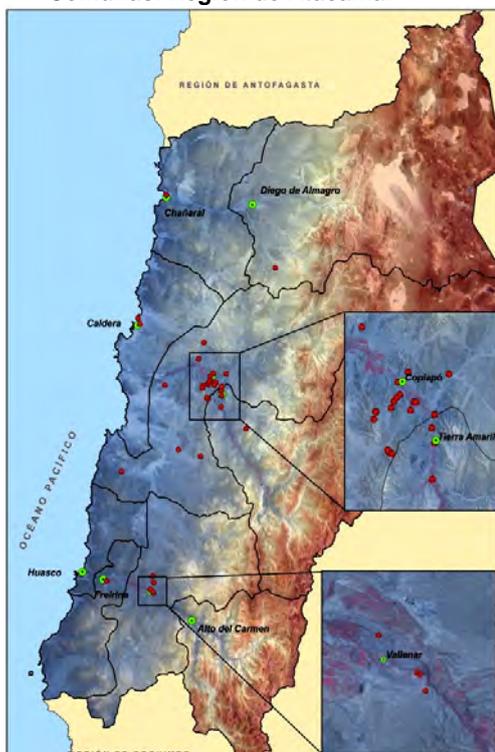
**Figura 49**

**Localización Faenas Mineras Abandonadas y Paralizadas por Comunas. Región de Atacama. Año 2010.**

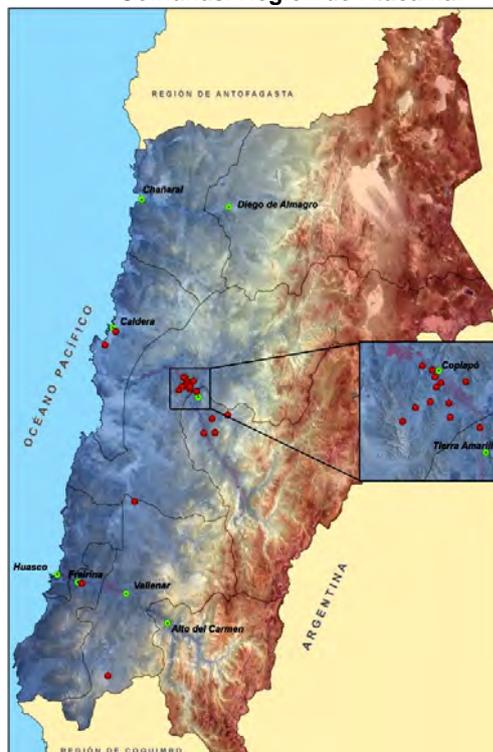


Elaboración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010.

**Figura 50**  
Localización Faenas Mineras Abandonadas por Comunas. Región de Atacama.



**Figura 51**  
Localización Faenas Mineras Paralizadas por Comunas. Región de Atacama.



ración propia a partir de antecedentes del SERNAGEOMIN. Año 2010

### 4.3.3 Sistema de Redes Estratégicas

#### a) Redes Estratégicas de Transporte

##### i) Sistema de Carreteras y Caminos

##### ▪ Red Vial Actual

La red vial actual de la Región de Atacama tiene una extensión de 7.197,5 Km., de los cuales el 29,9% corresponde a vías con estabilización con sal; el 16% a vías asfaltadas; el 9,6% a ripio; el 0,06 a hormigón; y el 44,4% a caminos de tierra. En el caso del hormigón éste sólo es utilizado en la provincia de Copiapó (Cuadro N°37).

Los caminos con carpeta de asfalto en la región representan el 16% del total de la red vial; de éstos el 65,7% corresponden a caminos con asfalto propiamente tal<sup>55</sup>; el 21% a DTA (doble tratamiento asfáltico); el 11,8% a Cape Seal (capa de sellado), y sólo el 1,5% a un tratamiento de sello. Copiapó es la provincia que concentra el mayor porcentaje de caminos asfaltados en sus distintas variantes, con el 38,2%, siguiéndole en importancia la provincia de Huasco con el 36,9%; en cambio, la provincia de Chañaral sólo tiene el 24,9% de sus caminos con asfalto (Cuadro N°38).

<sup>55</sup> Pavimento compuesto de una capa de áridos envueltos y aglomerados con betún asfáltico, de espesor mínimo de 25 mm, sobre capas de sustentación como base granular, asfáltica, hormigón o pavimento de bloques.

**Cuadro N°37**  
**Red Vial según Tipo de Carpeta. Región de Atacama**

Tipo Carpeta	Kilómetros	Porcentaje
Bischofit + Sal	2.148,614	29,90
Asfalto	1.152,928	16,00
Ripio	692,737	9,60
Hormigón	4,380	0,06
Tierra	3.198,857	44,44
<b>Total</b>	<b>7.197,516</b>	<b>100</b>

FUENTE: Dirección de Vialidad, MOP Región de Atacama. Año 2011

**Cuadro N°38**  
**Red Vial por Provincias según Tipo de Carpeta. Región de Atacama**

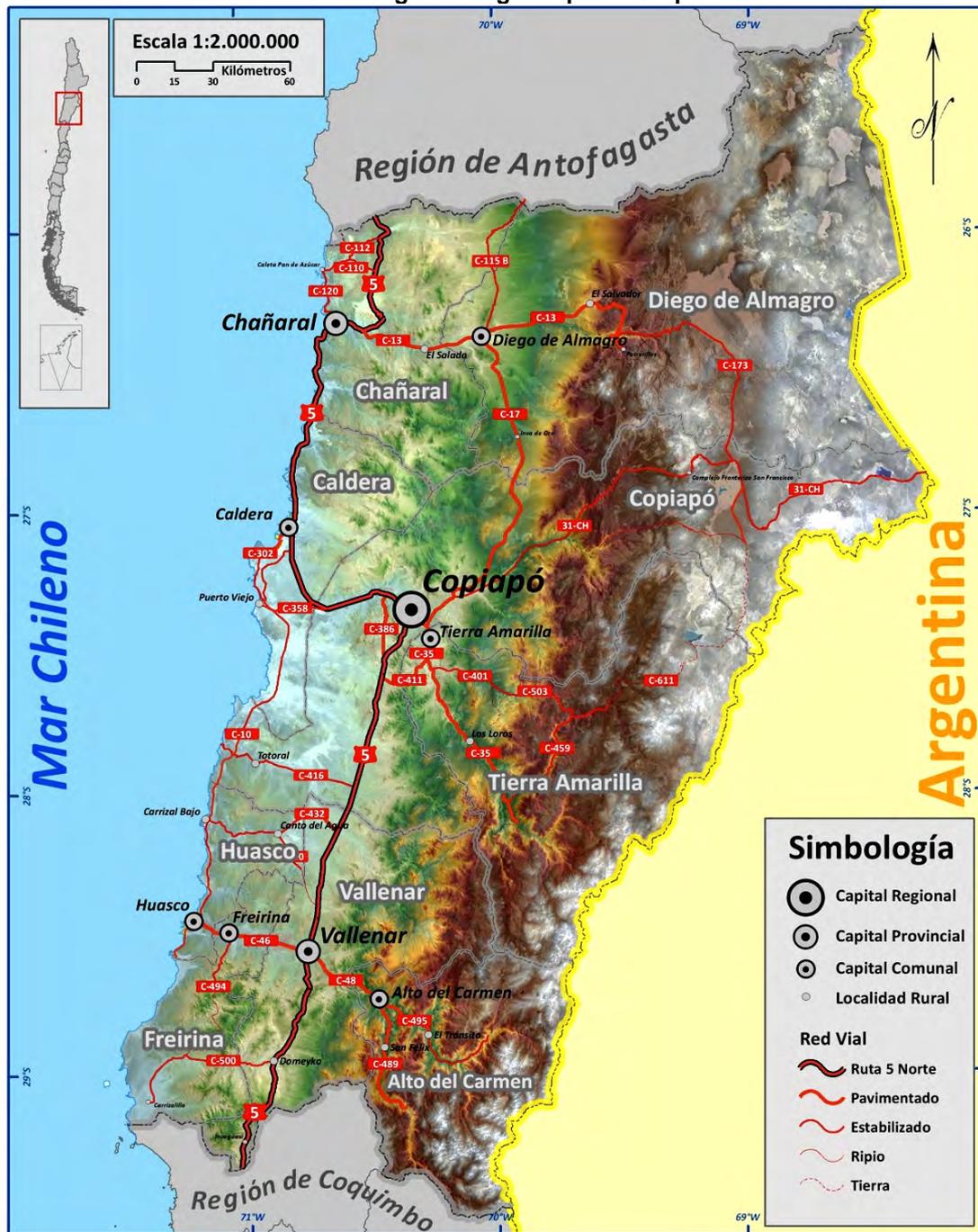
Provincias	LONGITUD (Km.)											
	Asfalto					Hormigón	Ripio				Tierra	Total General
	ASFALTO	CAPE SEAL	DTA	SELLO	TOTAL	TOTAL	BISCHOFIT	RIPIO	SAL	TOTAL	TOTAL	
Chañaral	222,065	0	63,420	1,105	286,590	0	300,019	210,495	337,502	848,016	1.049,015	2.183,621
Copiapó	270,902	38,612	130,025	1,400	440,939	4,380	819,498	203,912	160,480	1.183,890	1.674,739	3.303,948
Huasco	264,635	97,969	48,635	14,160	425,399	0	531,115	278,330	0	809,445	475,103	1.709,947
<b>Total Gral.</b>	<b>757,602</b>	<b>136,581</b>	<b>242,080</b>	<b>16,665</b>	<b>1.152,928</b>	<b>4,380</b>	<b>1.650,632</b>	<b>692,737</b>	<b>497,982</b>	<b>2.841,351</b>	<b>3.198,857</b>	<b>7.197,516</b>

FUENTE: Dirección de Vialidad, MOP Región de Atacama. Año 2011

El sistema vial de la región se conforma por un eje troncal nacional constituido por la Ruta 5 Norte, y por el conjunto de caminos regionales, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a las categorías que se indican en Plano 7

Eje Internacional que conecta a la Región de Atacama con el territorio argentino a través del paso San Francisco (Ruta 31-CH). Las rutas que establecen la principal conectividad en el territorio regional y que se consideran estratégicas, desde el punto de vista de su alta demanda, se detallan en el Tabla N°14

**Plano 7**  
**Red Vial Regional según Tipo de Carpeta.**



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

**Tabla N°14**  
**Transito Medio Diario Anual (TMDA) Censo Anual 2008**

RUTA	TRAMO	TOPÓNIMOS POR TRAMOS	PUNTOS DE CONTROL	PROMEDIO TMDA
Ruta 5	1	Límite Regional- Entrada Sur Vallenar	9, 8	3.338
	2	Entrada Sur Vallenar - Cruce C-397 (Bif. Cardones)	7, 6	3.186
	3	Cruce C-397 (Bif. Cardones) - Cruce Toledo	5	5.142
	4	Cruce Toledo - Bif. Bahía Inglesa	4	3.387
	5	Bif. Bahía Inglesa - Bif. El Salado	2, 3	2.220
	6	Bif. El Salado - Límite Regional	1	1.706
C-17	1	Cruce Chulo - Diego de Almagro	13, 15, 17	920
C-35	1	Bif. Paipote -Bif. Nantoco	18	12.067
	2	Bif. Nantoco - Bif. Potrero Seco	19	2.978
	3	Bif. Potrero Seco - Juntas	21	1.283
C-46	1	Cruce Ruta 5 - Bif. Maitencillo	8	4.359
	2	Bif. Maitencillo - Huasco	23	2.161
C-13	1	Cruce Ruta 5 - Diego de Almagro	2, 27	1.171
	2	Diego de Almagro - Bif. Potrerillos	28	1.185
	3	Bif. Potrerillos - El Salvador	12, 28	1.143
31-CH	1	Copiapó - Bif. Paipote	18	15.206
	2	Bif. Paipote - Cruce Chulo	17, 18	4.321
	3	Cruce Chulo - Complejo Maricunga	16, 17, 31	265
	4	Complejo Maricunga - Paso San Francisco	31	22
C-485	1	Vallenar - Alto del Carmen	24, 26, 29	1.325
C-495	1	Alto del Carmen - Conay	26, 36, 37	265
C-489	1	Alto del Carmen - San Félix	26, 38	320
	2	San Félix - El Corral	38	140
Camino Costero	1	Huasco Bajo -Carrizal Bajo	33	1.109
	2	Carrizal Bajo - Bahía Salada	34	87
	3	Bahía Salada - Caldera	34	105

FUENTE: Dirección de Vialidad, MOP Región de Atacama. Año 2011

ii) Sistema Portuario

Nombre	Propietario	Características	Frente de Atraque (Mts.)			Localización	
			Extensión Sitio Atraque	Longitud Max.	Calado Máx.	Longitud	Latitud
<b>PUERTO DE CHAÑARAL<sup>(*)</sup></b>							
• Muelle Cobrero y Terminal Marítimo de Ácido Sulfúrico de Barquitos	CODELCO CHILE Cía. Minera Mantoverde	El Muelle Cobrero, posee una figura rectangular de 38 metros de eslora de largo, contando con una capacidad para 1 sitio de atraque, además posee 07 boyas de amarre más 03 dolphins, permitiendo carga de concentrado de cobre, cátodos de cobre y trasvasije de ácido sulfúrico <sup>(1)</sup> .	38 m	220	12.5	070°38'50"	26°21'24"
• Terminal Petrolero Barquitos	CODELCO CHILE División Salvador	Posee un sitio de 250 metros de eslora, con capacidad de descargar sólo una nave a la vez, además posee 3 boyas de amarre (Shoa N°2213), permitiendo la transferencia de carga líquida de hidrocarburos de importación y cabotaje.	No hay	250	18	070°21'23"	26°13'34"
<b>PUERTO DE CALDERA<sup>(**)</sup></b>							
• Muelle Punta Caleta	Empresa de Servicios Portuarios del Pacífico Ltda.	Muelle construido de hormigón armado, sustentado por vigas metálicas sobre pilotes de acero, cuenta con 05 boyas para la maniobra de atraque. El tipo de carga que embarca este muelle es fruta fresca paletizada, fruta en contáineres y concentrado de hierro a granel; y descarga de insumos del extranjero o nacional que sean necesarios para el desarrollo regional.	113	222	11.18	070° 49' 58"	27°03'15"
• Muelle Mecanizado Pta. Padrones	Cía. Minera Candelaria	Muelle de carga general y para embarque de carga sólida a granel, se encuentra aproximadamente a 26 Km. al Norte de Caldera. Cuenta con una cinta transportadora hasta un cargador radial que tiene una carrera aproximada de 70° para cubrir la carga en cuatro bodegas.	210	240	12.4	070° 50' 22"	27° 03' 05"
• Terminal Marítimo Rocas Negras	COPEC S.A.	Terminal operativo para buques tanques en la transferencia de productos líquidos, posee 02 boyas de amarre. Para efectuar maniobra de fondeo utiliza las enfilaciones que se encuentran en tierra, hay un ducto de conexión para efectuar las faenas de trasvasije el que se encuentra señalado por un boyarín.		200	11.9	070° 48' 48"	27° 02' 53"
• Terminal Marítimo Pesquero	Pesquera Bahía Caldera S.A.	Situado al Norte del Puerto de Caldera. El objeto es la utilización de mejora fiscal para amparar las instalaciones básicas de operaciones de flota pesquera, utilizando el muelle en faenas de abastecimiento, mantención, reparación y fondeadero de sus embarcaciones. En el año 2007 se solicita modificación de objeto, además de solicitarse el otorgamiento de una CCMM mayor, la que incluye desarrollo de obras para amparar instalación de una planta elaboradora de harina y aceite de pescado con sus anexos, canchas de secado, bodegas para almacenamiento, estanques para guardar aceite de pescado, oficinas, facilidades para el personal, talleres, un pontón bomba de 1012 TRG, 2 cañerías conductoras de pescado, 2 cañerías conductoras de agua de mar, 1 cañería de desagüe de agua de mar y un emisario para la evacuación de riles. <sup>(***)</sup>		200	10.00	070°49'12" Chequear	27°03'36" Chequear

(\*) FUENTE: C.P.CHA. ORDINARIO N° 12.000/ 112/ VRS. Armada De Chile 1ª Zona Naval Gobernación Marítima de Caldera, Capitanía de Puerto de Chañaral

(\*\*) FUENTE: C.P.CALDERA ORDS. N°12.530/\_01\_/N°12.530/\_02\_/; N°12.530/\_03\_/ Armada De Chile 1ª Zona Naval Gobernación Marítima de Caldera, Capitanía de Puerto De Caldera.

(\*\*\*) Se otorga Mediante DS N°198, de fecha 20/03/2007 y cuya fecha de vencimiento es el 30/06/2021

PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

Nombre	Propietario	Características	Frente de Atraque (Mts.)			Localización	
			Extensión Sitio Atraque	Longitud Max.	Calado Máx.	Longitud	Latitud
<b>Puerto Mecanizado de Punta Totalillo<sup>(*)</sup></b>	Compañía Minera del Pacífico S.A Minera Hierro Atacama S.A.	Se localiza a 25 km. al norte de la ciudad de Caldera, en el sector denominado Punta Totalillo. Corresponde a la operación de un Terminal Portuario especializado en el acopio y embarque de graneles sólidos, el cual consideró en su etapa inicial el embarque de alrededor de 4.000.000 de toneladas métricas (t) por año de concentrado de Hierro o "Pellet Feed". El puerto ha sido diseñado para atender naves de hasta 200.000 toneladas de peso muerto (DWT), características del transporte de minerales de hierro. El Puerto Punta Totalillo está conformado por 3 fases; la I y II fase corresponden a 2 canchas de acopio de concentrado de Hierro, alimentadas desde la planta de filtrado ubicada en el mismo puerto. Este concentrado llega a la planta de filtrado a través de sendos ductos mineros. La fase III corresponde a la operación de una cancha de acopio y embarque de mineral de hierro propio o de terceros a su destino final en el extranjero. Conjuntamente considera el almacenamiento y embarque de concentrado de cobre por las instalaciones de Puerto Punta Totalillo		320	18.6	70° 48' 53.55"	26° 51' 10.93"
<b>PUERTO DE HUASCO</b>							
<b>Puerto Guacolda I</b>	Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	Este muelle se utiliza para la descarga de carbón, contando además con una línea diesel, que se utiliza para almacenamiento y aprovisionamiento de combustible. La descarga de carbón se efectúa mediante dos grúas fijas con una capacidad de levante de 15 toneladas cada una y tres tolvas desde las que se inicia el transporte del producto descargado por las correas transportadoras hacia las canchas de almacenamiento. La línea diesel es utilizada en la carga y descarga de combustible.	183	240	13.50	071°15'54''	28°27'54''
<b>Puerto Guacolda II</b>	Cía. Minera del Pacífico S.A	Este muelle no cuenta con molo de atraque y se utiliza para la carga de minerales, principalmente embarque de pellets de hierro a granel, contando además con una línea de transferencia de combustible que es operada por la empresa COPEC y se utiliza para almacenamiento y aprovisionamiento de combustible. Existe un sistema de correas transportadoras el cual permite el embarque de mineral de hierro, desde las canchas de acopio a la nave a través de una torre cargadora.	100	315	22,6	071°15'45''	28°28'54''
<b>Muelle Multipropósito Puerto Las Losas</b>	Puerto Las Losas S.A.	Muelle Multipropósito" con dos sitios de atraque (1): estará destinado a la descarga de graneles sólidos, harinas y harinillas; (2): se realizara el embarque de contenedores refrigerados. La descarga de los granos, harinas y harinillas se hace a través de una cinta transportadora hacia 3 silos que se ubican en tierra al costado norte del muelle. Los graneles consignados a la Compañía Minera del Pacífico (CMP) van a una cancha de acopio ubicada frente al muelle aproximadamente a 400 mts.	164 <sup>(1)</sup> 154 <sup>(2)</sup>	225 <sup>(1)</sup> 154 <sup>(2)</sup>	13 <sup>(1)</sup> 9 <sup>(2)</sup>	071°14'33"	28°28'10"S

(\*) El proyecto *Puerto en Punta Totalillo* fue aprobado con fecha 31.08.05 mediante la Resolución de Calificación Ambiental N° 70. El proyecto "Puerto en Punta Totalillo" es parte de un proyecto de desarrollo minero, denominado "Hierro Atacama", cuyo objetivo es la diversificación de mercados y la generación de relaciones de largo plazo con los clientes del Asia. Gestión Ambiental Consultores llevo a cabo el Estudio de Impacto Ambiental del área de influencia del sub proyecto "Puerto en punta Totalillo" así como también de los otros subproyectos que conforman el megaproyecto "Hierro Atacama" (Planta de Magnetita aprobado el 20.12.05 y Concentraducto Hierro Atacama aprobado el 12.07.06).

**Plano 8**  
**Localización Puertos Región de Atacama**



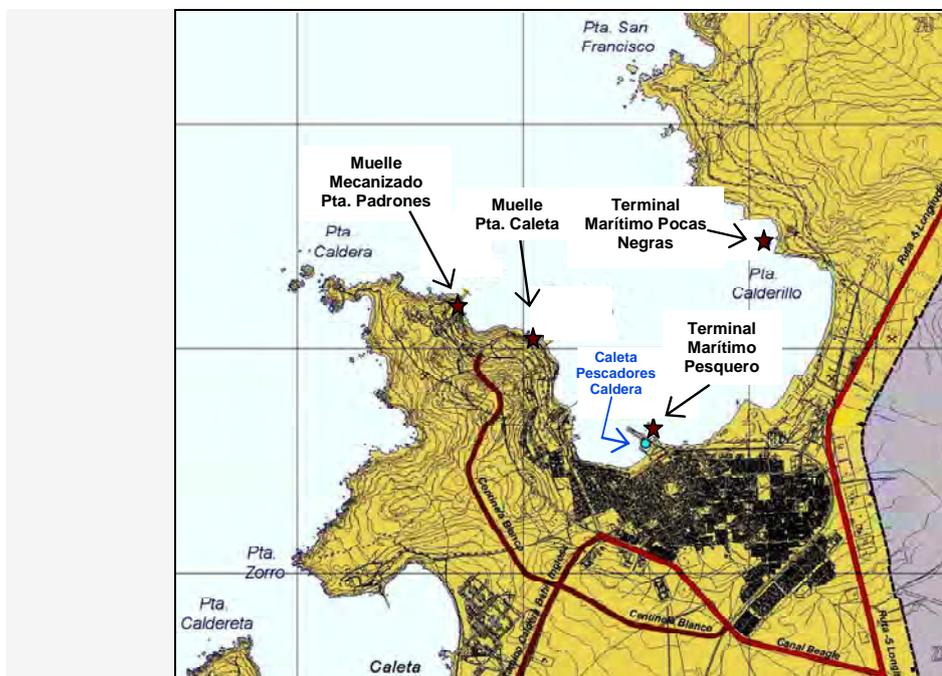
FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

– *Terminal Marítimo y Petrolero Barquitos. Comuna de Chañaral.*



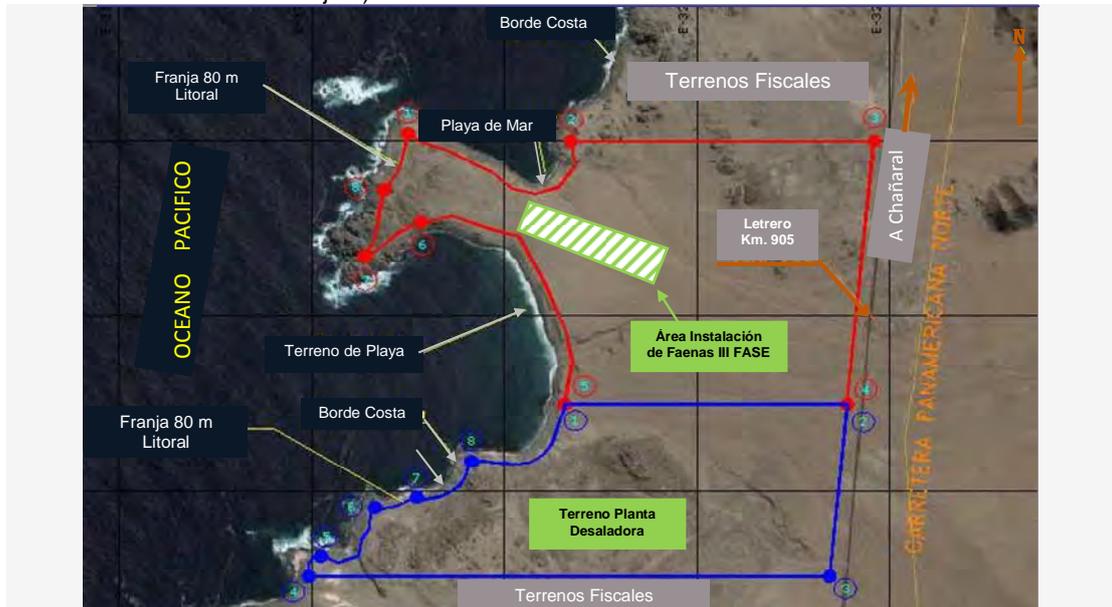
FUENTE: Se tomó como base cartografía preliminar el Estudio "Actualización del Plan Intercomunal Costero de Atacama". MINVU Región de Atacama. Año 2010.

– *Muelle Punta Padrones y Caleta y Terminal Marítimo Rocas Negras. Comuna de Caldera*



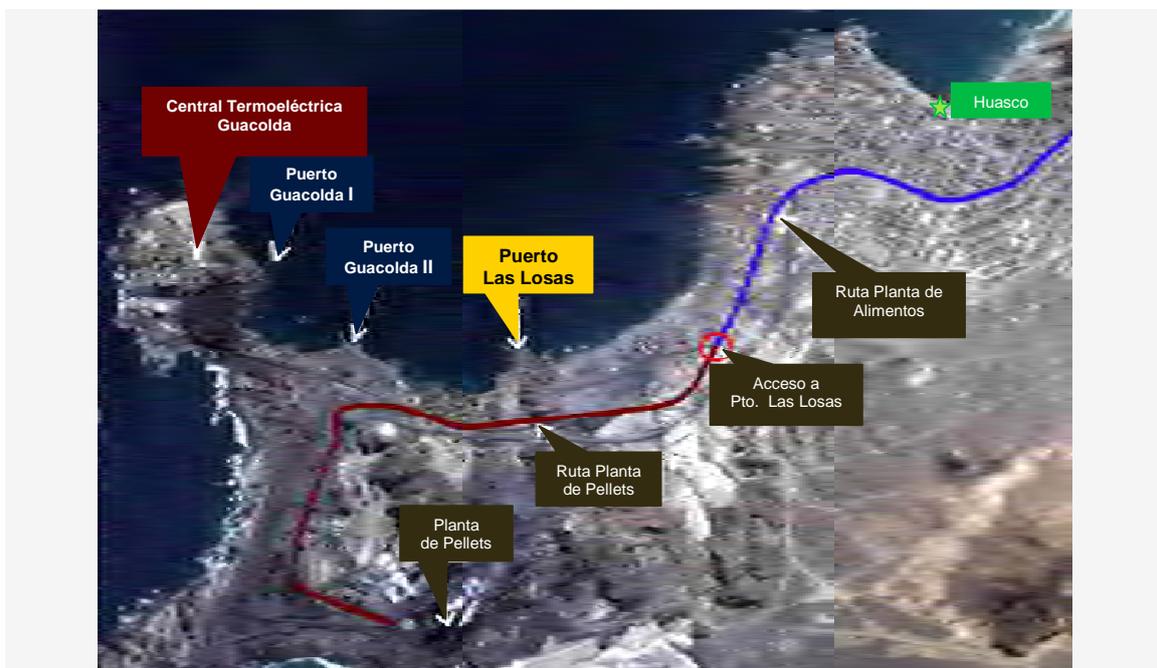
FUENTE: Se tomó como base cartografía preliminar el Estudio "Actualización del Plan Intercomunal Costero de Atacama". MINVU Región de Atacama. Año 2010.

- **Puerto Mecanizado de Punta Totoralillo** (Vista aérea de Punta Totoralillo, área donde se construyó el puerto para las Fases I y II del proyecto Hierro Atacama, y la Fase III *Puerto Punta Totoralillo* (Operación de una cancha de acopio y embarque de mineral de hierro propio o de terceros a su destino final en el extranjero).



FUENTE: Plan De Desarrollo Minero 2008 – 2012. CAP, Año 2008; Declaración de Impacto Ambiental "Modificación del Puerto Punta Totoralillo" (Adenda N°2). Gestión Ambiental Consultores. Año 2011

– **Puerto Guacolda I y II, y Muelle Multipropósito Puerto Las Losas**



FUENTE: *Google Earth*. Se tomó como base imagen entregada por el "Estudio de Impacto sobre el Sistema de Transporte Urbano INGENIAR Ltda. 2008. Ampliación Puerto Las Losas Punta Loros, Bahía Guacolda, Huasco.

iii) *Caletas Artesanales*

En la región existen 21 caletas de pescadores<sup>56</sup>, de las cuales 3 están situadas en zonas urbanas y 18 en zonas rurales (85,7%); de últimas se tiene que 13 se ocupan en forma permanente, es decir con asentamiento de pescadores artesanales, y solo 5 en forma eventual.

De acuerdo a la distribución de las caletas según provincia, se tiene que en el caso de aquellas situadas en zonas urbanas su localización se da precisamente en las ciudades costeras, a saber Chañaral, Caldera y Huasco. En el caso de las caletas rurales, 2 se localizan en la provincia de Chañaral, 8 en la provincia de Copiapó y 8 en la provincia del Huasco (SERNAPESCA, 2006).

En el Cuadro N°39 se entrega listado oficial de Caletas de Pescadores de la región por Provincias/Comunas, según clasificación urbano-rural. En el Plano 9 se entrega la localización de las mismas.

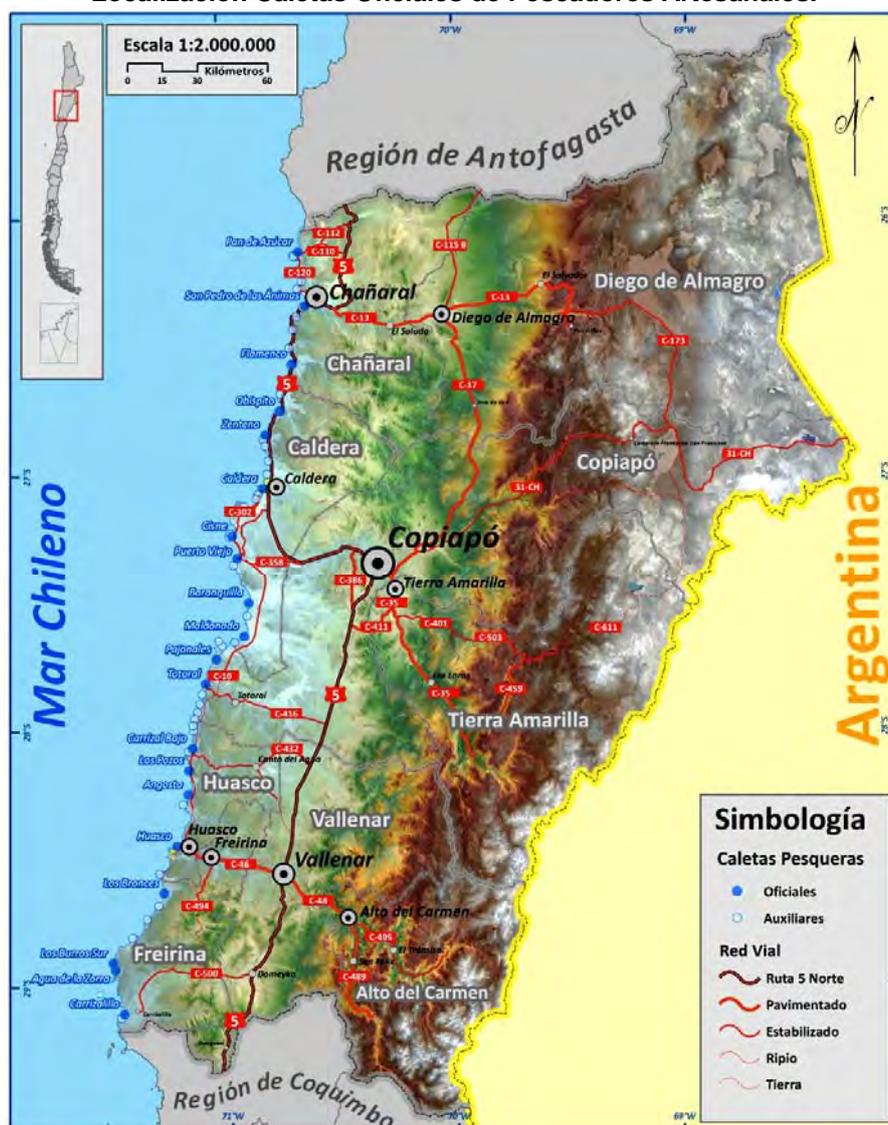
**Cuadro N°39**  
**Clasificación de Caletas Oficiales de Pescadores Artesanales**  
**Según Provincia, Comuna y Áreas Urbana/Rural.**

Provincia	Comuna	Caletas	Clasificación
CHAÑARAL	Chañaral	Pan de Azúcar	R
		Flamenco	R
		Chañaral	U
COPIAPÓ	Caldera	Obispito	R
		Zenteno	R
		Caldera	U
		El Cisne	R
		Puerto Viejo	R
		Barranquilla	R
		Maldonado	R
	Copiapó	Total Bajo	R
		Pajonales	R
HUASCO	Huasco	Carrizal Bajo	R
		Los Pozos	R
		Angosta	R
		Huasco	U
	Freirina	Los Bronces	R
		Los Burros Sur	R
		Chañaral de Aceituno	R
		Carrizalillo	R
		Agua de La Zorra	R

Fuente: SERNAPESCA, 2010

<sup>56</sup> Estas Caletas han sido establecidas por la Subsecretaría de Marina mediante D.S. (M) N° 240/98 y su modificación en el DS N° 337 de 2004,

**Plano 9**  
**Localización Caletas Oficiales de Pescadores Artesanales.**



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

iv) Sistema de Aeropuertos

Desde sus inicios, la Dirección de Aeropuertos su política de acción está orientada principalmente a las siguientes labores:

- *Red Principal de Aeropuertos*, los constituyen la espina dorsal de la red de aeronavegación interna, reuniendo los extremos del territorio tanto entre ellos como con la capital. Constituyen los eslabones con que el país se conecta con el exterior, ya sea en tramos de larga distancia y a cualquier país del mundo.
- *Red Secundaria de Aeropuertos* corresponden a aquellos que sirven de apoyo a la Red Principal y centralizan el movimiento aéreo de las regiones.

- *Red Pequeños Aeródromos*, los que corresponden a la construcción de pistas entre 700 y 1.000 metros de longitud, no pavimentadas, para ser usadas por aviones pequeños de hasta 15 pasajeros como servicio eventual o de taxi. Su objetivo es dar acceso a ciertas regiones que no cuentan con otro medio de comunicación, por lo que tiende a ser más bien de carácter social antes que económico.

A partir de 1965 una serie de obras se ejecutaron tendientes a mejorar, ampliar y construir aeropuertos a lo largo de la nación. Entre las obras que se destacan, por su magnitud, se encuentran los Aeropuertos Arturo Merino Benítez, en Santiago y Carriel Sur, en Concepción.

A fines de los 80, y debido a la escasez en inversiones en materia de infraestructura, se materializaron algunos proyectos no menores concernientes a conservar y mantener la Red Aeroportuaria del país, junto con mejorar las pistas de la Red de Pequeños Aeródromos de las regiones X, XI y XII. Destacan, entre otras obras de mejoramiento, el Aeródromo Chamonate en Copiapó.

En la década de los 90 se convocó al sector privado a participar en las inversiones productivas que el país necesitaba, entre éstas aquellas relacionadas con la construcción de aeropuertos. Lo anterior se hace mediante la Ley de Concesiones, contenida en el Decreto Supremo MOP N° 900 de 1996. Bajo esta visión, durante esta década se materializaron nuevos terminales en varios aeropuertos del país y se realizaron inversiones para el mejoramiento y refuerzo de la pista y ampliación de la plataforma de varios aeropuertos y aeródromos, entre otros el Aeródromo de Chañaral. Dentro del contexto gran parte de la red de aeropuertos internacionales chilenos se encuentran concesionados o en proceso de relicitación. Hasta ahora la participación del sector privado en el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria y operación de las instalaciones asociadas alcanza a la administración de nueve de los principales aeropuertos del país, entre otros, el Aeropuerto Regional Desierto de Atacama, en Caldera.

La región de Atacama cuenta con un aeropuerto principal (Desierto de Atacama) y 4 aeródromos pequeños, a saber: Chamonate, Chañaral, Caldera y Vallenar. (Cuadro N°40 y el Plano 10)

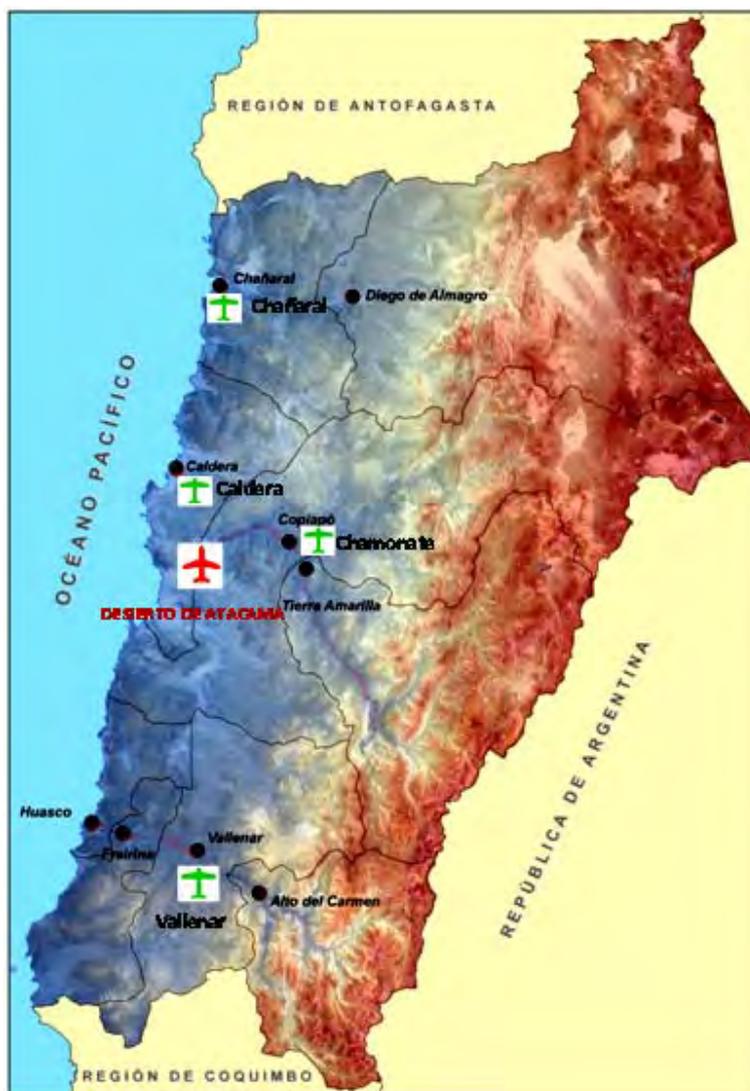
**Cuadro N°40**  
**Aeropuerto y Aeródromos Región de Atacama.**

Localidad	Aeródromo	Aeropuerto	Tipo Propiedad		Elevación	Pista	Resistencia
			Fiscal	Privado			
Chañaral	Chañaral		X		30 mts.	1.225x30 mts./Asfalto	22.000 kg.
Caldera	Caldera	Desierto Atacama	X <sup>(*)</sup>		204 mts./670 pies	2.200x45 mts./ Asfalto	48 F/A/W/T
Caldera	Caldera		X		55 mts.	1.200x23mts./Asfalto	10/F/A/V/T
Copiapó	Chamonate		X		291 mts.	1.600x28 mts./Asfalto	44F/A/Y/T
Vallenar	Vallenar		X	X	536 mts./1.725 pies	1.438x30 mts./Asfalto	21.800 kg. F/A/X/T

(\*) Concesionado

FUENTE: Dirección Regional de Aeropuertos, MOP Región de Atacama. 2011.

**Plano 10**  
**Red de Aeropuertos y Aeródromos Región de Atacama**



FUENTE: Elaboración propia tomando como base información de la Dirección Regional de Aeropuertos, MOP Región de Atacama. 2011.

v) *Terminales de Buses*

Los terminales de buses corresponden a aquellos lugares donde estacionan temporalmente los buses urbanos y/o interurbanos con el objeto de recoger y dejar pasajeros. A pesar que los terminales pueden ser públicos o privados, éstos se consideran edificios de uso público, por lo tanto las edificaciones construidas al interior de terminales deben satisfacer las condiciones relativas a edificios de uso público.

La localización de los terminales de buses obedece a consideraciones relativas al uso del suelo permitido, la relación con las vías de acceso, y la relación con el origen y/o destino del servicio. Respecto del uso del suelo que permite el emplazamiento de terminales de buses, éste está regulado por los instrumentos normativos de planificación territorial de acuerdo a la capacidad vial y productiva del entorno.

Las siguientes son las características de los terminales de buses:

- *Depósito de buses:* Inmueble destinado a guardar los buses una vez que han concluido sus servicios. El número de vehículos usuarios del terminal no podrá ser superior a la flota de diseño, esto es, el número máximo de vehículos para el cual fue proyectado el terminal.
- *Área de estacionamiento, maniobra y circulación:* Los terminales de buses cuentan con un área mínima para el estacionamiento, maniobra y circulación interna de los buses. Asimismo, los depósitos de buses también cuentan con un área mínima para estacionamiento y un área mínima de maniobra y circulación que se determinan de forma independiente.
- *Áreas de almacenamiento y expendio de combustibles:* Los terminales de buses pueden contar con estanques para almacenamiento de combustibles y áreas para el expendio de los mismos. Solo podrán servir a los vehículos que usan el terminal, debiendo cumplir con la normativa vigente al respecto.
- *Infraestructura física:* Los terminales pueden contar con distintos tipos de equipamiento para la atención de pasajeros y personal de servicio, el cual estará supeditado al número de buses que hagan uso del terminal y del tipo de buses de que se trate. Sin embargo, gran parte de los terminales cuentan con un área de servicios edificada para efectos tales como administración, servicios higiénicos y alimentación.

En la región de Atacama existen cuatro (4) terminales de buses, tres de ellos localizados en la ciudad de Copiapó, la que concentra el 57,75% de población de la región, lo que explica que el 75% de los terminales de buses se localicen en esta ciudad. El otro terminal de buses se localiza en la ciudad de Vallenar, siendo ésta la segunda ciudad con mayor porcentaje de población a nivel regional (18,9%).

- Terminal de Buses Turbus de Copiapó: Ubicado en la ciudad de Copiapó. En sus instalaciones las máquinas de Turbus deben recargar petróleo y limpiar los baños. En la madrugada se hacen pequeñas las instalaciones debido a la gran cantidad de máquinas con destino al norte que se detienen en sus andenes.
- Terminal Rodoviario de Copiapó: Ubicado en la ciudad de Copiapó. Operan las empresas Buses Libac, Expreso Norte y Flota Barrios.
- Terminal de Buses Pullman Bus Copiapó: Ubicado en la ciudad de Copiapó. Operan las empresas Pullman Bus y Fichtur.

- Terminal de Buses Pullman Bus Vallenar: Ubicado en la ciudad de Vallenar, aislado del centro de la ciudad. Operan las empresa Pullman Bus

En el resto de las ciudades y en algunas localidades sólo existen Agencias, las que entregan servicios de pasajes, carga y giros, para determinadas líneas de buses interurbanos. En el Cuadro N°41 se entrega el número de terminales y oficinas de buses interurbanos, según ciudad/localidad. En el Figura se entrega la localización tanto de los Terminales como de las Agencias de Buses en la región.

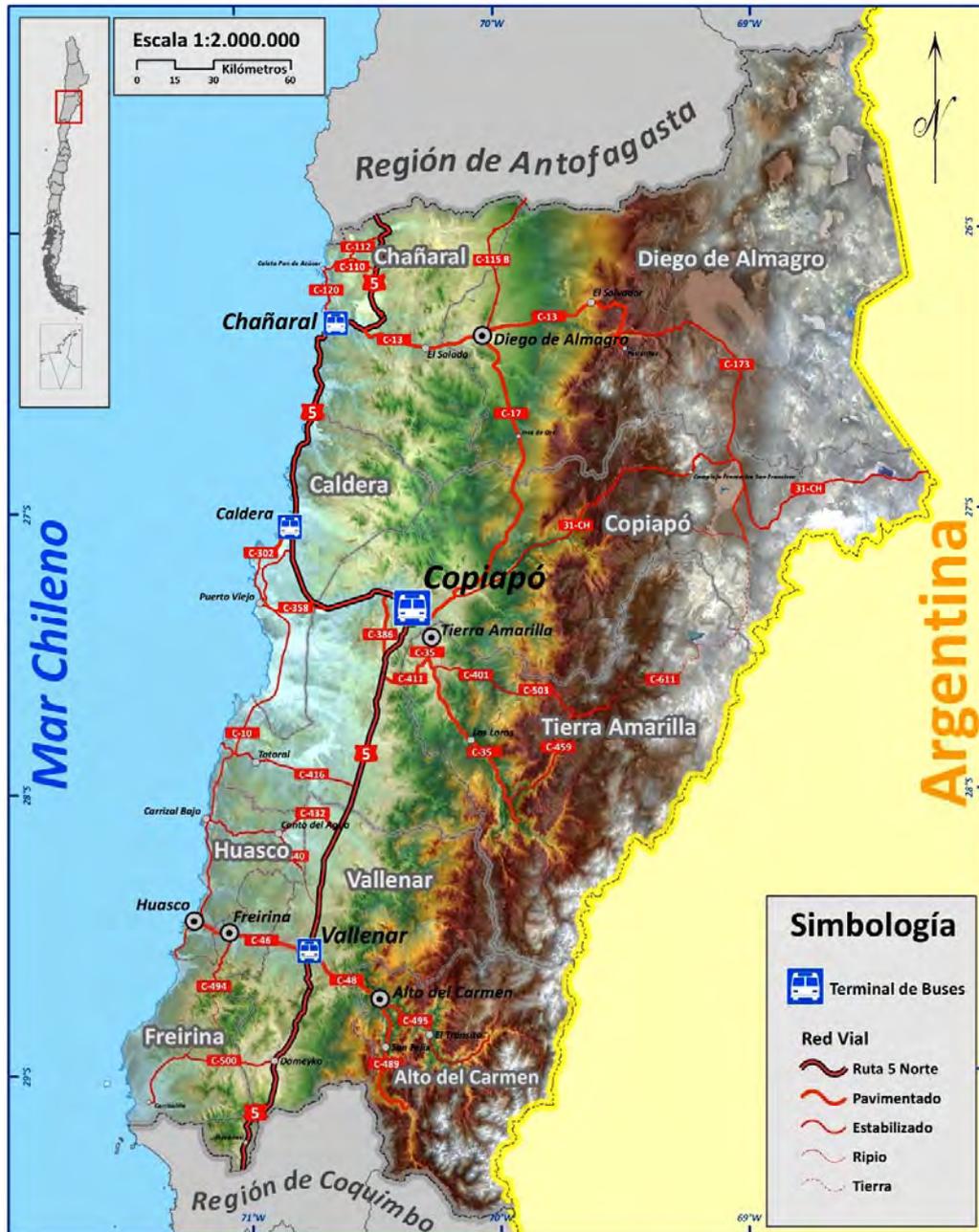
**Cuadro N°41**  
**Terminales y Oficinas Buses Interurbanos.**  
**Región de Atacama**

COMUNAS	N° de Terminales	Oficinas
Chañaral	-	2
Diego de Almagro	-	3 <sup>(*)</sup>
Caldera	-	2
Copiapó	3	
Tierra Amarilla	-	1
Alto del Carmen	-	
Vallenar	-	
Huasco	1	2
Freirina	-	

(\*) Una está situada en la ciudad de D. de Almagro, otra en El Salvador y la tercera en la localidad de El Salado

En el Plano 11 se entrega la localización de las mismas

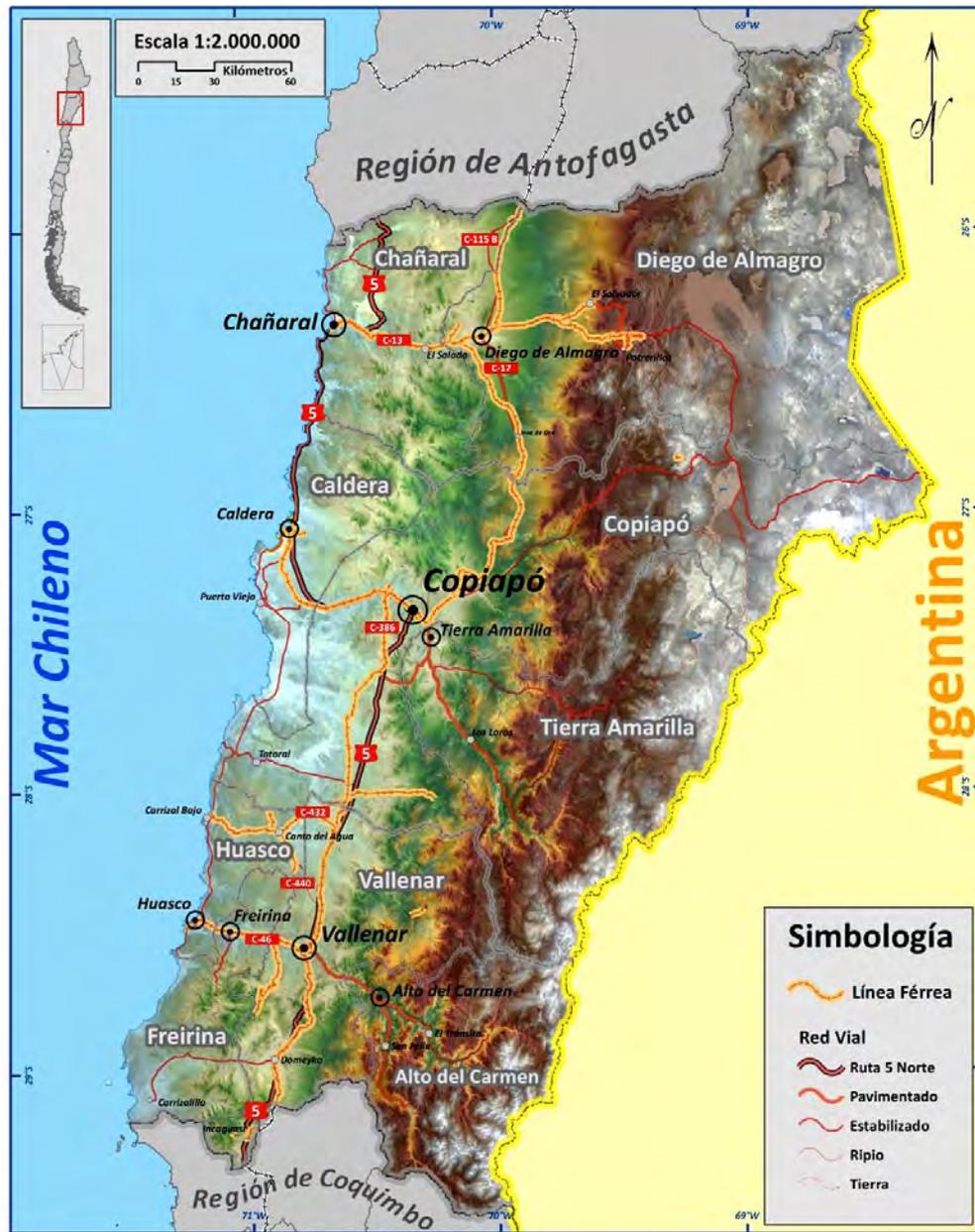
**Plano 11**  
**Localización Terminales de Buses. Región de Atacama**



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

vi) Sistema Ferroviario

**Plano 12**  
**Sistema Ferroviario. Región de Atacama**



FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

## **b) Redes Estratégicas Vitales**

### *i) Sistema de Abastecimiento de Agua*

En la región de Atacama la empresa encargada de administrar las concesiones de servicios sanitarios es la empresa Aguas Chañar, cuyo propósito es producir y distribuir agua potable y llevar a cabo la recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas<sup>57</sup>. Según los datos de la empresa, actualmente en la región atienden a aproximadamente 85.000 clientes, beneficiando a más de 257 mil habitantes en toda la región de Atacama<sup>58</sup>.

La empresa Aguas Chañar S. A. inició sus actividades de producción y servicios el 29 de marzo de 2004, al adjudicarse mediante, licitación pública por 30 años, los Derechos de Explotación de las Concesiones Sanitarias de EMSSAT S.A., hoy ECONSSA S.A. Ésta fue formalizada mediante decreto MOP 667 de fecha 12 de agosto de 2004<sup>59</sup>. En el Tabla N°16 se entrega el registro de concesiones a febrero del año 2012

Aguas Chañar es una empresa de carácter monopólico ya que es la única autorizada a desarrollar y prestar servicios sanitarios dentro de la zona de concesión en la región de Atacama. Este sector se encuentra regulado por ley y la encargada de fiscalizar es la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la cual se preocupa de que las empresas del sector cumplan las normas relativas a la prestación de la calidad de servicio: Calidad de servicios, Niveles mínimos de inversiones, Precios, etc.

#### ▪ Sistemas de Agua Potable Urbana

A la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) le corresponde fiscalizar a las empresas sanitarias en el cumplimiento de las normas referidas a las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado y el tratamiento de las aguas servidas, así como la correcta aplicación de las tarifas correspondientes, el cumplimiento de los planes de inversión y el respeto a los derechos de los usuarios.

La cobertura de agua potable en la región alcanza al 99,73%, alcanzándose la mayor cobertura de agua potable (sobre el 99%) en las localidades de Caldera, Vallenar, El Salado, , Copiapó, Diego de Almagro y Huasco; en cambio, el servicio de alcantarillado presenta un menor porcentaje de cobertura, ya que sólo una localidad alcanza una cobertura sobre el 99% (Vallenar), mientras las restantes tienen una cobertura que va desde 97,57% (Copiapó) al 78,30% (Caldera). La única localidad que no cuenta con cobertura de estos servicios es Inca de Oro (Cuadro N°42).

---

<sup>57</sup> En lo que respecta a los derechos de explotación de la concesión para tales fines. La titularidad la mantiene la empresa estatal ECONSSA Chile S.A. Se debe tener presente que los Sistemas de Agua Potable (SAP) poseen 4 etapas en su proceso, a saber: producción, conducción, regulación y distribución.

<sup>58</sup> <http://www.aguaschañar.cl>

<sup>59</sup> Memoria Anual Aguas Chañar Año 2010

**Tabla N°15**  
**Registro de Concesiones Otorgadas Abril de 2011**

Empresa	Tipo Concesión				N° Decreto y Fecha	Garantías	Anotaciones
	PROD.	DIST.	RECO.	DISP.			
EMSSAT (*) S.A. Copiapó y T. Amarilla	x	x	x	x	N°10 16/01/98	En custodia SISS	Transferido el derecho de explotación a la empresa AGUAS CHAÑAR S.A., según DS/MOP N° 667/04, a contar del 15.09.04, por el lapso de 30 años. Absorbida por ESSAN S.A. por fusión según DS/MOP N° 184/05. Reg. 235/05
EMSSAT S.A. Vallenar	x	x	x	x	N°130 13.02.98	En custodia SISS	Absorbida por ESSAN S.A. por fusión según DS/MOP N° 184/05. Reg. 235/05
EMSSAT S.A. Inca de Oro, D. Almagro, El Salado	x	x	x	x	N°2058 30.10.98	En custodia SISS	Absorbida por ESSAN S.A. por fusión según DS/MOP N° 184/05. Reg. 235/05
EMSSAT S.A.	x	x	x	x	N°1457 30.08.02	En custodia SISS	Ampliación de las concesiones de la comuna de Vallenar para atender los sectores denominados: Sector A1: Ventanas (Quinta Valle); Sector A2: Torreblanca Bajo (Buen retiro) y Sector A3: Torreblanca Bajo (Nuevo Hospital). Se transfiere el derecho de explotación
EMSSAT S.A.	x	x	x	x	N°561 30.05.03	En custodia SISS	Formaliza las concesiones de las localidades de Caldera y Chañaral. Transferido el derecho de explotación a la empresa AGUAS CHAÑAR S.A., según DS/MOP N° 667/04, a contar del 15.09.04, por el lapso de 30 años. Absorbida por ESSAN S.A. por fusión según DS/
EMSSAT S.A.	x	x	x	x	N°883 25.08.03	En custodia SISS	Formaliza concesiones de las localidades de Freirina y Huasco. Transferido el derecho de explotación a la empresa AGUAS CHAÑAR S.A., según DS/MOP N° 667/04, a contar del 15.09.04, por el lapso de 30 años. Absorbida por ESSAN S.A. por fusión según DS/MOP N
AGUAS CHAÑAR S.A.	x	x	x	x	N°667 12.08.04	En custodia SISS	TRANSFERENCIA del derecho de explotación que correspondía a EMSSAT S.A. por el lapso de 30 años
ESSAN S.A. A partir del 01.03.08 la empresa cambia de nombre a ECONSSA Chile S.A.	x	x	x	x	N°157 28.02.07	En custodia SISS	Ampliación de las concesiones de la comuna de Copiapó para atender los sectores denominados: A: Rosario Norte; B: Paipote Norte; C: Paipote Oriente; D: Paipote Sur Uno; E: Paipote Sur Dos; F: Paipote Poniente; y G: Rosario Sur.
ECONSSA CHILE S.A.	x	x	x	x	N°175 30.04.09	En custodia SISS	Ampliación de las concesiones para atender las áreas denominadas A1: Sur poniente Norte; y A2: Sur poniente Sur, comuna de Vallenar.

(\*) Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama S.A.  
Fuente SISS, Año 2012

**Cuadro N°42**  
**Localidades Atendidas**  
**por Aguas Chañar en la Región Atacama**

Localidad	N° Clientes A. Potable	% Cobertura
Copiapó	46.717	99,89
Tierra Amarilla	2.486	97,62
Vallenar	14.875	99,96
Inca de Oro	165	95,97
Caldera	7.483	99,99
Huasco	3.028	99,71
Freirina	1.414	98,94
Chañaral	4.672	98,79
El Salado	385	99,73
D. de Almagro	2.911	99,32
<b>Total</b>	<b>84.136</b>	<b>99,73</b>

FUENTE: Memoria Anual Aguas Chañar 2011

▪ *Sistema De Agua Potable Rural*

Corresponde al marco del convenio suscrito por la Dirección de Obras Hidráulicas y Aguas Chañar S.A. a través de una Unidad Técnica propia, la que cuenta con un equipo técnico-profesional con recursos y las competencias necesarias para prestar asesoría y asistencia técnica, comunitaria y administrativo-contable a las organizaciones de la comunidad (Comités de A.P.R.), responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable rural existentes en la región, promoviendo su autogestión.

En la región se atienden actualmente 37 sistemas de agua potable rural, los que mayoritariamente se localizan en la comuna de Alto del Carmen (51,4%), y Vallenar (24,3%), siendo beneficiada actualmente una población de aproximadamente 14.690 habitantes (Cuadro N°43).

Se les asesora con el diseño de ingeniería (gestión de proyectos), ejecución de obras, capacitación, diagnóstico y otras actividades de asesoría comunitaria, además periódicamente se les está mejorando, fortaleciendo y consolidando sus gestiones, e impulsando su autosustentabilidad.

La cobertura de agua potable en localidades concentradas (150 habitantes e inferior a 3.000 habitantes y con una concentración superior a 15 viv./km de red) alcanza al 100%; en cambio, la cobertura en localidades semiconcentradas (superior a 80 habitantes con 8 viv./km de red) llega al 54% (DOH/MOP, 2011).

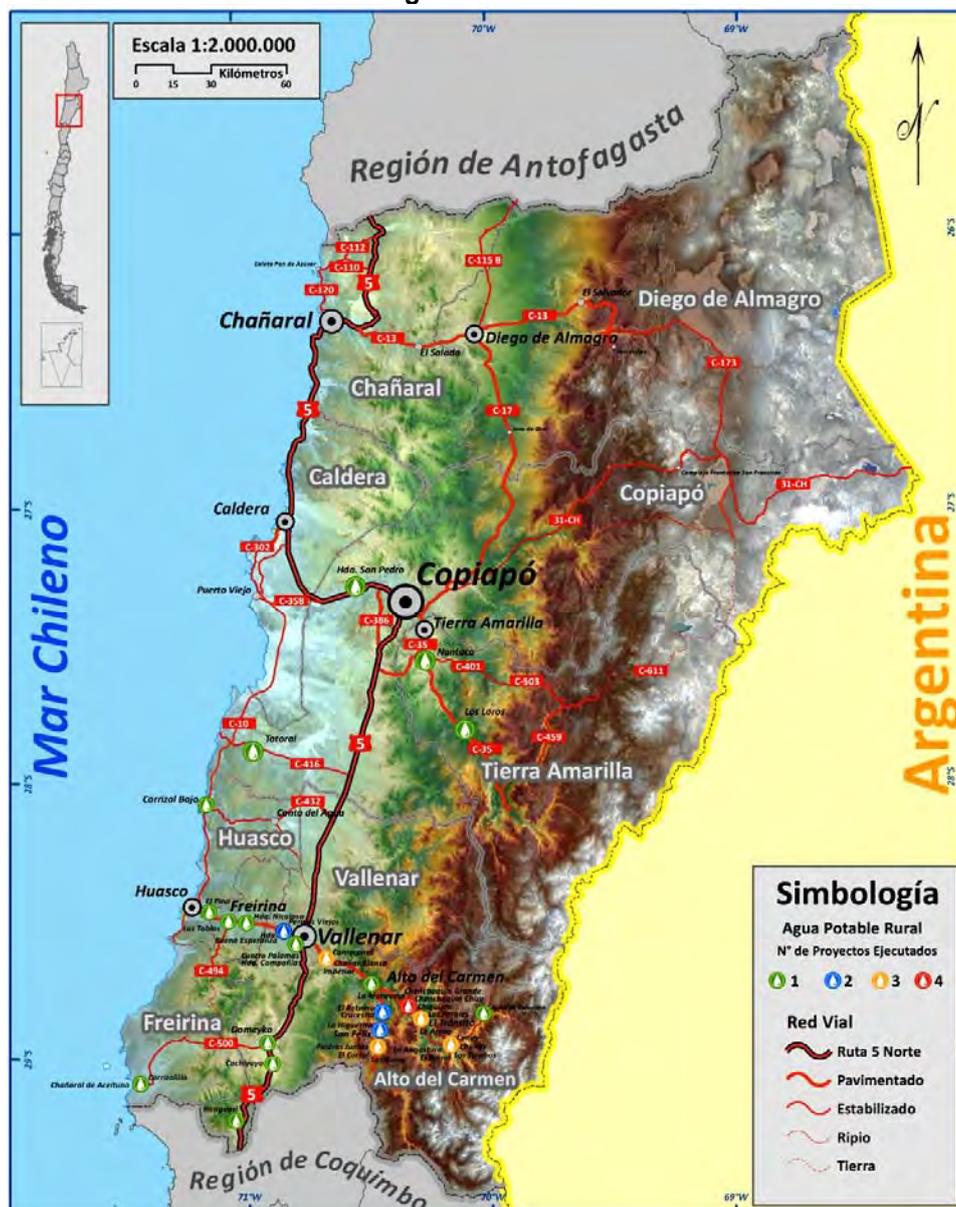
**Cuadro N°43**  
**Sistemas de Agua Potable Rural (APR, según comunas)**

Comuna	Localidad	Población	N° Arranques	Tipo Sistema
Copiapó	Totoral	Semiconcentrado	73	Osmosis Inversa
	San Pedro	Concentrado	140	Aducción Caldera
Tierra Amarilla	Los Loros	Concentrado	421	Tradicional
	Nantoco	Semiconcentrado	70	Tradicional
Alto del Carmen	Angostura	Concentrado	97	Tradicional
	Alto Del Carmen	Concentrado	248	Tradicional
	Conay - Los Tambos - El Parral	Concentrado	132	Tradicional
	Crucesita	Concentrado	94	Tradicional
	Chancoquin Chico	Concentrado	64	Tradicional
	Chancoquin Grande	Concentrado	73	Tradicional
	Chiguinto	Concentrado	60	Tradicional
	Piedras Juntas	Semiconcentrado	56	Tradicional
	El Retamo	Concentrado	120	Tradicional
	El Transito	Concentrado	245	Tradicional
	Junta Valeriano	Semiconcentrado	47	Tradicional
	La Arena	Concentrado	103	Tradicional
	La Higuera Alta - Baja	Concentrado	67	Tradicional
	La Marquesa	Concentrado	127	Tradicional
	Los Perales	Concentrado	149	Tradicional
	San Félix	Concentrado	228	Tradicional
	El Corral	Semiconcentrado	43	Tradicional
	Las Breas	Semiconcentrado	37	Tradicional
	Chollay	Semiconcentrado	72	Tradicional
Freirina	Carrizalillo - Caleta Chañaral	Concentrado	264	Osmosis Inversa
	Las Tablas	Semiconcentrado	46	Aducción Huasco
	Hacienda Nicolasa	Concentrado	104	Aducción Huasco
Huasco	Carrizal Bajo	Concentrado	247	Osmosis Inversa
	El Pino	Semiconcentrado	51	Aducción Huasco
Vallenar	Buena Esperanza	Concentrado	104	Fuente superficial
	Cachiyuyo	Semiconcentrado	67	Tradicional
	Camarones	Concentrado	72	Tradicional
	Cuatro Palomas (Hda La Compañía)	Concentrado	198	Aducción Aguas Chañar
	Chañar Blanco	Concentrado	68	Tradicional
	Domeyko	Concentrado	337	Tradicional
	Imperial	Concentrado	167	Tradicional
	Incahuasi	Semiconcentrado	64	Camión Aljibe
	Perales Viejos	Semiconcentrado	71	Tradicional
<b>6 Comunas</b>	<b>37 localidades</b>		<b>4.626</b>	

FUENTE: Dirección de Planeamiento del MOP Región de Atacama. 2011

En el Plano 13 se indica la localización de los APR a nivel regional.

**Plano 13**  
**Localización Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Rural.**  
**Región de Atacama**



FUENTE: Elaboración propia.

• El problema de la Escasez Hídrica

La escasez hídrica es uno de los principales problemas que enfrenta la Región de Atacama, afectando a los diversos sectores de la economía regional (minería, agricultura, industria) así como a la población, en lo que respecta al abastecimiento de agua potable (calidad, cantidad y continuidad).

Al respecto, es la misma empresa Aguas Chañar la que en su Memoria del año 2011 señala que este último año fue difícil debido precisamente a la escasez hídrica, donde esta empresa debió realizar “grandes esfuerzos físicos y económicos para contrarrestar el fuerte descenso de los niveles de los pozos y sondajes de producción de agua potable”<sup>60</sup>.

Lo anterior obligó a Aguas Chañar anticipar las inversiones contempladas para los años 2012-2014 en lo que respecta a la construcción de pozos y sondajes, tanto en el sector 3 como en el 5 de la cuenca del Río de Copiapó, así como el reforzamiento de conducciones, impulsiones y redes para mantener y mejorar los sistemas de producción y distribución<sup>61</sup>. Al respecto, una de las medidas adoptadas por Aguas Chañar durante el año 2011 –a fin de asegurar el abastecimiento de agua potable así como atender nuevos requerimientos–, fue la construcción de pozos, aducciones y plantas elevadoras para llevar agua a la ciudad de Copiapó a 20 Km de distancia. Para la distribución del agua potable fue necesario construir y reforzar las impulsiones, aducciones y redes, y construir una *planta elevadora de agua potable*<sup>62</sup>.

▪ Sistema de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Por Comuna

La empresa Aguas Chañar es la responsable de otorgar el servicio de tratamiento de aguas servidas en la región. La cobertura de tratamiento de aguas servidas alcanza al 95,7%, dándose la mayor cobertura en la ciudad de Vallenar (99%), presentando las restantes ciudades/localidades una cobertura por debajo del 97,6% (Copiapó), siendo Inca de Oro la única localidad que no cuenta con cobertura de este tipo de servicio (Cuadro N°44)

**Cuadro N°44**  
**Cobertura de tratamiento de aguas servidas**

Localidad	Inmuebles cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento	Total de inmuebles residenciales	Población urbana estimada	Población urbana cuyas aguas servidas reciben tratamiento	Cobertura de tratamiento de aguas servidas
Caldera	5.388	6.881	16.664	13.048	78,3%
Chañaral	3.698	3.860	12.889	12.348	95,8%
Copiapó	43.461	44.545	153.533	149.797	97,6%
D. De Almagro	2.543	2.662	8.493	8.114	95,5%
El Salado	328	340	1.229	1.186	96,5%
Freirina	1.146	1.400	4.831	3.955	81,9%
Huasco	2.543	2.770	7.981	7.327	91,8%
Inca De Oro	0	150	277	0	0,0%
Tierra Amarilla	2.170	2.391	9.525	8.644	90,8%
Vallenar	13.384	13.493	47.016	46.636	99,2%
TOTAL	74.661	78.492	262.438	251.055	95,7%

FUENTE: Memoria Anual Aguas Chañar 2011

<sup>60</sup> Memoria Anual Aguas Chañar Año 2011.

<sup>61</sup> De hecho la empresa creó un área de Producción e Inversiones para planificar los próximos 5 años bajo diferentes escenarios. Memoria Año 2011

<sup>62</sup> Según se indica en la MEMORIA Año 2011, la inversión en este concepto fue de más de 7.000 millones de pesos

El tratamiento de las aguas servidas se realiza mayoritariamente a través de Plantas Tratamiento de Aguas Servida (PTAS), ya que de las nueve ciudades/ localidades atendidas por Aguas Chañar, se tiene que en siete de éstas opera el sistema de PTAS, mientras que en las restantes dos localidades (Chañaral y Huasco) se utiliza el sistema de emisario submarino.

El tipo de tecnología utilizada para el tratamiento de las aguas servidas corresponde en su mayoría a Lodos Activados, utilizándose esta tecnología en 4 de las 9 ciudades/localidades atendidas por Aguas Chañar. En las restantes localidades se utiliza el sistema de Lagunas Aireadas (2); Emisarios Submarinos (2) y tecnología de Lombrifiltro (1).

En cuanto al cuerpo receptor de las aguas tratadas éstas son evacuadas mayoritariamente a cuerpos de agua superficiales, descargándose al mar las aguas tratadas con tecnología de emisario submarino. Sólo en una localidad las aguas tratadas se destinan al riego (áreas verdes). (Tabla N°16)

**Tabla N°16**  
**Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas Autorizados**  
**(Actualizado a Marzo 2012)**

Empresa	Nombre Planta	Localidad que Atiende	Tipo de Tecnología	Cuerpo Receptor	Norma Aplicada Tabla
AGUAS CHAÑAR	ES - Chañaral	Chañaral	Emisario Submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
	ES - Huasco	Huasco	Emisario Submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
	PTAS - Caldera	Caldera	Lagunas Aireadas	Riego	Riego
	PTAS - Copiapó	Copiapó	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - D. Almagro	D. Almagro	Lodos Activados	Río Salado	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - El Salado	Salado	Lombrifiltro	Río Salado	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - Freirina	Freirina	Lodos Activados	Río Huasco	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - T. Amarilla	T. Amarilla	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - Vallenar	Vallenar	Lagunas Aireadas	Río Huasco	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS Los Loros	Los Loros	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1

FUENTE: Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.

Durante el año 2011 Aguas Chañar realizó un programa de inversiones para todas las plantas de tratamiento existentes en la región, llevando a cabo un plan que asegure una operación sustentable en el tiempo.

Es preciso señalar que durante el año 2011 a la empresa Aguas Chañar le fueron suspendidas los cobros por concepto de tratamiento de aguas servidas de la Planta de Copiapó (meses de abril a septiembre); ello debido a que se produjo un exceso de Residuos Industriales Líquidos (RILES) que fueron descargados irregularmente a través de las redes de recolección<sup>63</sup>.

<sup>63</sup> Memoria Año 2011.

▪ **Localización Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) por Comuna**

– Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Comuna de Copiapó

La PTAS de la comuna de Copiapó se emplaza dentro de los límites del terreno de las Plantas de Copiapó (de de 21,33 ha), a 3 km por la Ruta 5, al norte de la ciudad del mismo nombre (coordenadas 27°25'25.99" latitud Sur y 70°16'19.33" longitud Oeste (Ver Imágenes). El efluente de las aguas tratadas es descargado al río Copiapó cumpliendo la normativa aplicable, Tabla 1 del D.S 90/2000.

**Localización PTAS Localidad de Copiapó**



FUENTE: SEIA. 2012

En el Cuadro N°45 se entregan las coordenadas UTM de la zona en la cual se emplaza la PTAS de Copiapó así como las coordenadas del punto de descarga.

**Cuadro N°45**  
**Sector de emplazamiento PTAS Copiapó**  
**(Coordenadas UTM)**

PTAS Copiapó	N	E
Punto 1	6.973.861	364.185
Punto 2	6.973.949	364.362
Punto 3	6.973.943	364.747
Punto 4	6.974.162	364.854
Punto 5	6.974.384	364.189
Punto de descarga en el Río Copiapó (DATUM PSAD 56 Huso 19)		
Punto de Descarga en el Río Copiapó	S	E
	27°19'44.98"S	70°23'23.49"O

FUENTE: SEIA. 2012

– Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Comuna Tierra Amarilla.

La PTAS se localiza en la misma comuna, al costado de la ruta C-35, a 16 km al sureste de Copiapó (Ver siguiente Imagen).

En el Cuadro N° 45 se entregan las coordenadas UTM de la zona en la cual se emplaza la PTAS de Tierra Amarilla así como las coordenadas del punto de descarga.

**Localización PTAS Localidad de Tierra Amarilla**



FUENTE: SEIA. 2012

**Cuadro N°45  
Sector de emplazamiento PTAS Tierra Amarilla.  
(DATUM WGS 84 Huso 19)**

PTAS Tierra Amarilla	N	E
Punto 1	6963002.95	374588.14
Punto 2	6962990.03	374756.54
Punto 3	6962745.68	374569.11
Punto 4	6962742.85	374740.14
Punto de descarga en el Río Copiapó (DATUM PSAD 56 Huso 19)		
Punto de Descarga en el Río Copiapó	N	E
	6956056	375020

FUENTE: SEIA. 2012

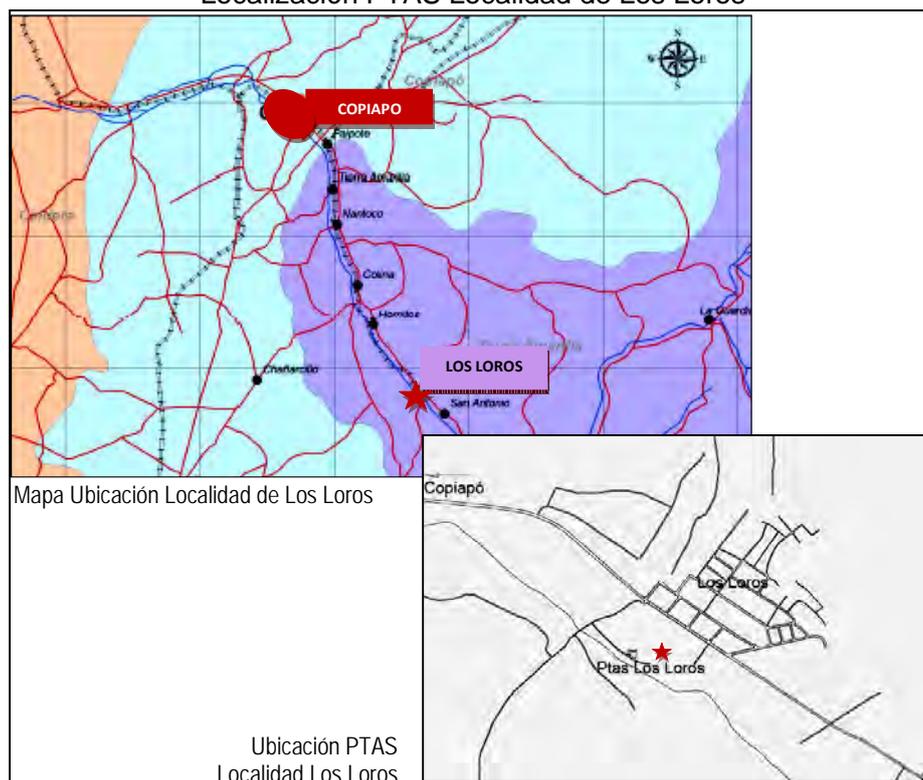
– Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas, Localidad de Los Loros, Comuna de Tierra Amarilla

La PTAS de origen domiciliario atiende a una población igual o mayor a 2500 habitantes. Esta planta fue ampliada y mejorada mediante una iniciativa municipal que buscaba incrementar y mejorar la capacidad de tratamiento de aguas servidas urbanas de la planta existente, mediante:

- la reparación completa del equipamiento del reactor de tratamiento secundario en uso, con capacidad para atender a 2.000 personas,
- la incorporación de una nueva unidad de tratamiento biológico con capacidad para 1.000 personas adicionales,
- la optimización de las operaciones unitarias de pre-tratamiento, manejo de lodos y descarga de aguas tratadas,
- el adelanto de las instalaciones anexas, tales como oficina, vestidor, ducha, taller, bodega y laboratorio,
- el mejoramiento de la gestión municipal y de uso de este sistema por parte de la comunidad usuaria (población y empresas de distinto tamaño).

Con ello se buscó satisfacer la demanda actual de tratamiento de aguas servidas así como aquella proyectada a 20 años en la localidad de Los Loros, incluyendo sus variaciones estacionales por migración de población flotante en búsqueda que empleo asalariado de temporada y por efecto de polo de desarrollo de proyectos mineros, estimada en torno a las 3.000 personas en su etapa final (año 2030), asegurando de esta forma el cumplimiento actual y futuro de la normativa ambiental vigente. La superficie predial es de 1.680 m<sup>2</sup><sup>64</sup>. (Ver siguiente Imagen *Localización PTAS Localidad de Los Loros*)

Localización PTAS Localidad de Los Loros



FUENTE: Elaboración propia a partir de información del SEIA. 2012

<sup>64</sup> <http://seia.sea.gob.cl>

Este Sistema se encuentra localizado en el límite SW de la localidad de Los Loros, cercano al punto final de recolección de aguas servidas de la red de alcantarillado.

**Cuadro N° 46**  
**Coordenadas UTM según**  
 DATUM WGS84 huso 19 sur son:

Norte	Este
6920870	390687

FUENTE: SEIA. 2012

– Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), Comuna de Freirina

La PTAS de la comuna de Freirina se localiza en la localidad del mismo nombre, a 30 km al poniente de la ciudad de Vallenar. Las coordenadas geográficas donde se encuentra la planta de tratamiento son N 6.845.412 – N 6.845.490, y entre E 295.255 y E 295.474. Esta planta se encuentra emplazada en suelo rural.

La actual Planta de Tratamiento fue mejorada a través de la incorporación de lodos activados en un reactor y un sistema de recirculación de lodos, con la finalidad de satisfacer la demanda de la población de la comuna de Freirina, cumpliendo para ello con todos los requisitos de calidad dispuestos por las normas chilenas. Dicha mejora en el sistema de tratamiento se llevó a cabo en el año 2006.

El proyecto se emplaza dentro de los límites del terreno de las PTAS de Freirina, 1,7 Ha. El efluente de las aguas tratadas es descargado al Río Huasco cumpliendo la normativa aplicable, Tabla 1 del D.S 90/2000.

**Localización PTAS Localidad de Freirina**



FUENTE: SEIA. 2012

En el Cuadro N°47 se observan las coordenadas UTM de la zona en la cual se emplaza la PTAS de Freirina, así como las coordenadas del punto de descarga.

**Cuadro N°47**  
**Sector de emplazamiento PTAS Freirina**  
**(DATUM WGS 84 Huso 19)**

PTAS Freirina	N	E
Punto 1	6845104.0	295089.38
Punto 2	6845085.73	295249.62
Punto 3	6845022.46	295219.58
Punto 4	6845048.90	295072.10
Punto de descarga en el Río Huasco (DATUM PSAD 56 Huso 19)		
Punto de Descarga en el Río Huasco	N	E
	6845142	295066

FUENTE: SEIA. 2012

– Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), Comuna Diego de Almagro

Esta Planta de tratamiento fue mejorada mediante la transformación desde un tratamiento en base a laguna aireadas a un tratamiento por lodos activados; ello con la finalidad de satisfacer la demanda de la comuna de Diego de Almagro en torno al tratamiento de aguas servidas, contemplando un horizonte de previsión 2025.

La PTAS se localiza dentro de los límites de la comuna de Diego de Almagro, a aproximadamente 2 km (Ver siguiente Imagen). De la localidad del mismo nombre, abarcando una superficie de 5.7 Ha. El efluente de las aguas tratadas es descargado al río Salado cumpliendo la normativa aplicable, Tabla 1 del D.S 90/2000.

**Localización PTAS Localidad de Diego de Almagro**



FUENTE: SEIA. 2012

En el Cuadro N°48 se observan las coordenadas UTM de la zona en la cual se emplaza la PTAS de Diego de Almagro, así como las coordenadas del punto de descarga.

**Cuadro N°48**  
**Sector de emplazamiento PTAS Diego de Almagro**  
**(DATUM WGS 84 Huso 19)**

PTAS Freirina	N	E
Punto 1	7079613.75	393656.68
Punto 2	7079664.21	393917.99
Punto 3	7079405.71	393695.97
Punto 4	7079411.06	393703.77
<b>Punto de descarga en el Río Salado</b> <b>(DATUM PSAD 56 Huso 19)</b>		
Punto de Descarga en el Río Salado	N	E
	7080139	393721

FUENTE: SEIA. 2012

– *Planta Tratamiento y Disposición Final de Aguas Servidas (PTAS), Comuna de Chañaral*

Esta planta de tratamiento cuenta con un sistema de tratamiento y disposición final de las aguas servidas para la ciudad de Chañaral, la que construida en el año 2005, con un horizonte proyectado al año 2015. La disposición de las aguas servidas se hace mediante un emisario submarino precedido de una planta de tratamiento preliminar (retención de sólidos, arenas y grasas).

La planta de pretratamiento se localiza en terreno de playa contiguo a la planta elevadora existente (coordenadas asociadas Norte 7084819,7; Este 337632,6). En cuanto al emisario submarino, éste tiene una longitud de 1.253 m desde el NRS (Nivel de Reducción de Sondas) y una longitud total de 1.502 metros (considerando emisario terrestre (249 m) y submarino (1.253 m)).

La ubicación tanto de la planta como del emisario terrestre se sitúa en terrenos de playa (planta) y porción de agua y fondo de mar (emisario).

– *Planta Tratamiento y Disposición Final de Aguas Servidas (PTAS), Comuna de Caldera*

La PTAS se localiza frente a la playa El Escorial, en la salida norte de Caldera. Los vértices del recinto se muestran en el Cuadro N°49.

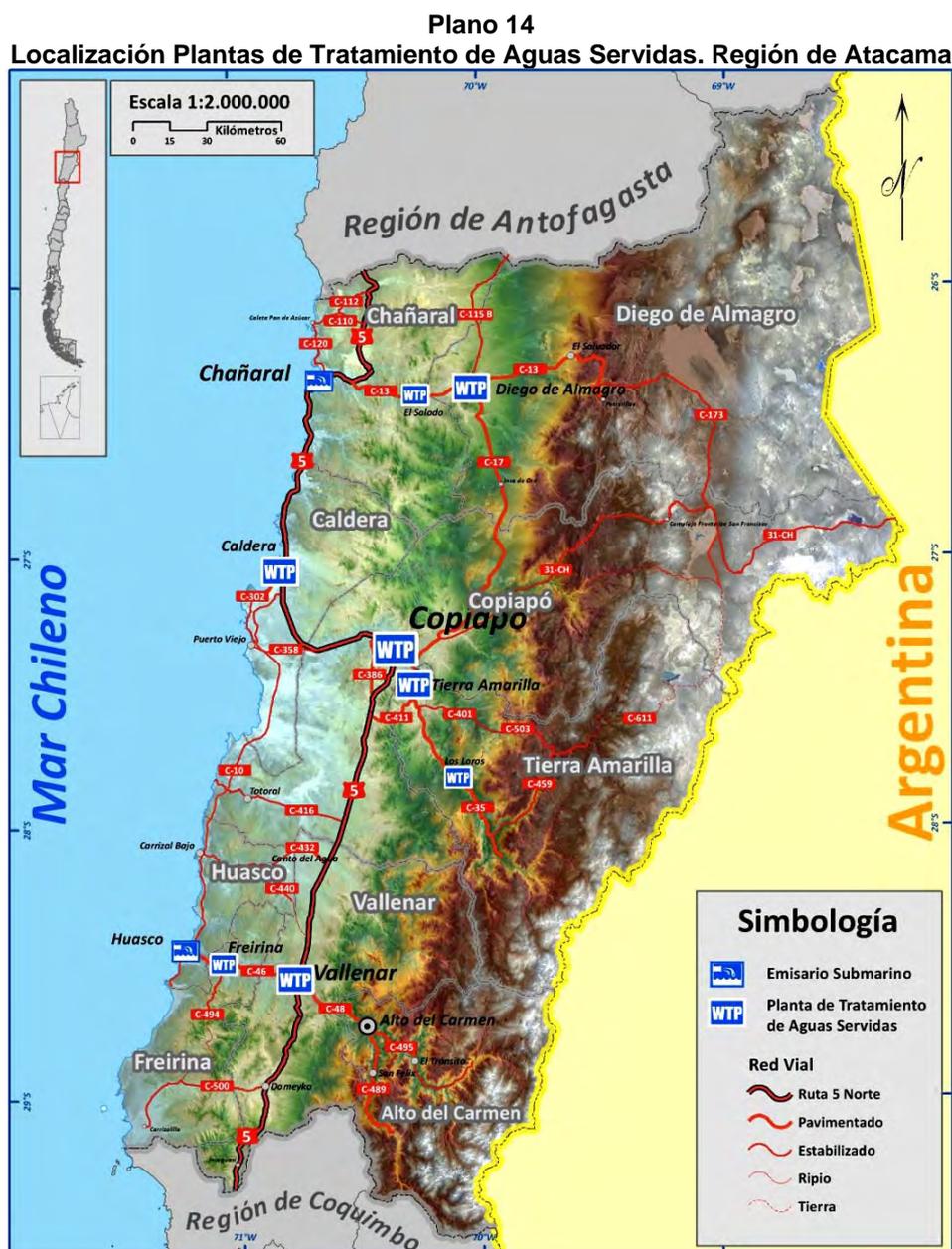
**Cuadro N°49**  
**Sector de emplazamiento PTAS Caldera**  
**(DATUM WGS 84 Huso 19)**

Vértice	Norte	Este
A	7.005.355,95	320.304,54
B	7.005.426,90	320.351,00
C	7.005.465,31	320.293,57
D	7.005.603,31	320.393,33
E	7.005.538,57	320.509,55
F	7.005.310,98	320.375,04

FUENTE: SEIA. 2012

La PTAS considera un tratamiento preliminar en base a laguna aireadas, el que consiste en la depuración mecánica de las aguas a través del retiro de basuras, aceites y grasas, y arenas; dos lagunas aireadas; dos lagunas de decantación; una cámara de contacto (desinfección); una planta elevadora; un sistema de impulsión; y un sistema de descarga de emergencia, se realiza fuera de la zona de protección litoral (ZPL)

En el Plano 14 se indica la localización de las distintas Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas de la Región de Atacama.



*ii) Sistema de Alcantarillado*

Los Sistemas Alcantarillado poseen 4 etapas en su proceso, a saber Recolección, Conducción, Tratamiento y Disposición. La etapa de recolección corresponde a las redes de recolección de aguas servidas, que se emplazan en las vías públicas en cada ciudad; la etapa de conducción corresponde a las tuberías necesarias para transportar las aguas servidas desde la red de recolección hasta la PTAS, estando conformadas por emisarios terrestres o colectores interceptores; la etapa de tratamiento corresponde a la depuración de las aguas servidas previo a su descarga en los cursos receptores (ríos, esteros, mar); y, la etapa de disposición corresponde a la etapa de descargue de las aguas servidas tratadas a los cuerpos receptores.

En la región de Atacama la cobertura promedio en servicio de alcantarillado es de 95,7%, atendiendo a un total de clientes que ascienden a 79.559 personas, estando cubierta prácticamente todas las áreas urbanas de la región, salvo la localidad de Inca de Oro, comuna de Diego de Almagro (Cuadro N°50).

**Cuadro N°50**  
**Cobertura Servicio Alcantarillado.**  
**Región de Atacama**

Localidad	N° Clientes Alcantarillado	% Cobertura
Copiapó	45.375	97,88
Tierra Amarilla	2.280	91,22
Vallenar	14.681	99,23
Inca de Oro	0	0,00
Caldera	5.874	79,28
Huasco	2.748	91,78
Freirina	1.228	82,13
Chañaral	4.233	92,17
El Salado	359	96,49
D. de Almagro	2.781	96,10
<b>Total</b>	<b>79.559</b>	<b>95,75</b>

FUENTE: Memoria Anual Aguas Chañar 2011

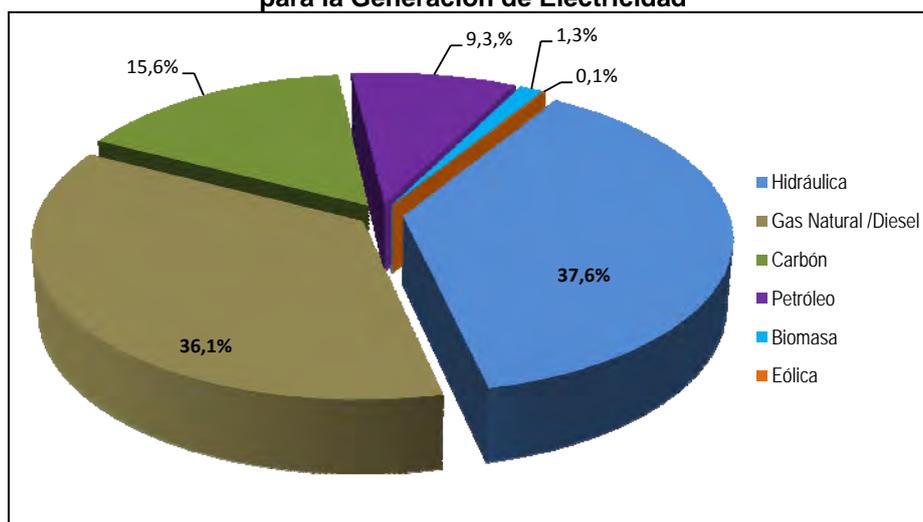
*iii) Sistema Eléctrico*

En la actualidad, Chile cuenta con una matriz energética que alcanza a una potencia neta total de 16.485,16 MW, potencia que debería ser duplicada hacia el año 2020, de acuerdo a las crecientes necesidades de la población y al desarrollo económico. Dada su geografía, el país ha debido configurar una matriz energética en la que predomina la generación hidráulica, optándose en las últimas décadas por el gas natural. Sin embargo, ambas fuentes han demostrado ser insuficientes y sobre todo, incapaces de asegurar el suministro, ya que dependen de factores externos. Efectivamente, en el caso de la generación hidroeléctrica, ésta depende del régimen de lluvias, por lo cual en periodos de sequías se ve fuertemente afectada; en el caso del gas natural éste depende de la estabilidad económica y política de Argentina ya que este país es el principal proveedor.<sup>65</sup> (Gráfico 12).

<sup>65</sup> Estudio Análisis Relativo de Impacto y Riesgos de la Generación Núcleo Eléctrica. Corporación Nuclear Eléctrica Chile S.A. 2009

En cuanto a las fuentes de origen fósil éstas completan casi un tercio de la matriz energética del país. Respecto a las fuentes de energía renovables – como es el caso de la eólica o solar– sin bien se han comenzado a desarrollar proyectos basados en este tipo de fuente su aporte es insignificante dentro del sistema general. Autoridades del ramo han señalado que las Energías Renovables No Convencionales (eólica, solar, geotérmica, etc.) podrían alcanzar el 10% del total de la energía eléctrica de Chile de aquí al 2020, por lo que el problema se mantiene.

**Gráfico 12**  
**Principales Fuentes de Energía Utilizadas en Chile para la Generación de Electricidad**



Nota: Del 37,6% de energía de generación hidráulica se tiene que 25,8% corresponde a hidro-embalse, 10,6% a hidro-pasada y solo 1,2% a pequeña-hidro

Fuente: CNE, 2008

Respecto a las fuentes de energía, se distinguen dos tipos de fuentes:

- Fuente Primaria, si es que el energético proviene desde un recurso natural, y que son más conocidos como energéticos primarios. La energía primaria corresponde a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica, biomasa, leña, eólica y solar) o indirecta (después de atravesar por un proceso minero, como por ejemplo la extracción de petróleo crudo, gas natural, carbón mineral, etc.) para su uso energético, sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación.

- Fuente Secundaria, si es que el energético proviene de la transformación de otro energético ya procesado, y que son más conocidos como energéticos secundarios. La energía secundaria corresponde a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. Alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo

– *Sistema Electricidad*

El mercado eléctrico en Chile está compuesto por las siguientes actividades:

• Generación

La matriz de generación nacional esta principalmente compuesta por unidades generadoras térmicas e hidráulicas. Las unidades de generación térmica usan como combustibles principales el Gas Natural, Carbón, y los derivados del Petróleo.

• Transmisión

El sistema de transmisión corresponde al conjunto de líneas, subestaciones y equipos destinados al transporte de electricidad desde los puntos de producción (generadores) hasta los centros de consumo o distribución. En Chile se considera como transmisión a toda línea o subestación con un voltaje o tensión superior a 23.000 Volts (V). Por Ley, las tensiones menores se consideran como distribución.

• Distribución de suministro eléctrico

Los sistemas de distribución están constituidos por las líneas, subestaciones y equipos que permiten prestar el servicio de distribuir la electricidad hasta los consumidores finales, localizados en cierta zona geográfica explícitamente limitada. Las empresas de distribución operan bajo un régimen de concesión de servicio público de distribución, con obligación de servicio y con tarifas reguladas para el suministro a clientes regulados.

– *Sistemas Eléctricos*

Respecto a los, en Chile existen cuatro sistemas eléctricos interconectados. El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que cubre el territorio comprendido entre las ciudades de Arica y Antofagasta con un 28,06% de la capacidad instalada en el país; el Sistema Interconectado Central (SIC), que se extiende entre las localidades de Taltal y Chiloé con un 71,03% de la capacidad instalada en el país, encontrándose la región de Atacama dentro de este sistema; el Sistema de Aysén que atiende el consumo de la Región XI con un 0,29% de la capacidad; y el Sistema de Magallanes, que abastece la Región XII con un 0,62% de la capacidad instalada en el país.

• *Sistema Eléctrico Región de Atacama*

– *Distribución de Energía Eléctrica, por Sector.*

De acuerdo a la distribución de la energía eléctrica al año 2010 a nivel país, según tipo de cliente, se tiene que el mayor porcentaje de demanda lo concentra el sector de la minería, con el 34,9% del total de energía demandada a nivel nacional; siguiéndole en orden de importancia el sector industrial con el 23,9%; el residencial con el 16,3%; y el comercial con el 12,3%. El sector agrícola es el que demanda el menor porcentaje de energía ya que solo ocupa el 2,2% del total de la energía a nivel país. El restante 10,4% se distribuye en otros sectores.

En el caso de la región de Atacama, se tiene que la distribución de la energía eléctrica presenta variaciones considerables respecto de la distribución a nivel nacional, siendo el sector minero el mayor consumidor de energía a nivel regional ya que el año 2010 demandó nada menos que el 86,4% del total de la energía eléctrica de la región. Ello se

explica por la relevancia que han adquirido las inversiones mineras en Atacama en la última década.

Efectivamente, al observar la evolución de la distribución de la energía eléctrica en la región de Atacama se tiene que al año 1995 el sector minero solo demandaba el 17,1% del total de energía de la región, siendo el sector industrial el mayor consumidor de energía con el 41,1%, siguiéndole en importancia, después de la minería, el sector residencial con el 12,9%, la agricultura con el 9,4%, y el comercio con solo el 6,2%. El resto de la energía eléctrica era demandada por otros sectores de la economía.

Una década después –año 2005– la distribución de la energía eléctrica en la región experimenta un cambio notable ya que el sector minero pasa a ser el mayor consumidor de energía con el 81,8%; mientras que el sector industrial disminuye drásticamente la demanda de energía, alcanzando ésta solo al 2,6%; en cambio, los sectores residencial y agrícola se sitúan por sobre el sector industrial en cuanto a demanda de energía a nivel regional (3,6% y 3,1% respectivamente), experimentado eso sí ambos sectores, junto al comercio, un baja notable en el consumo de energía respecto del año 1995, siendo esta mayor en el caso del sector residencial ya que desciende en 9.3 puntos porcentuales, mientras la agricultura y el comercio bajan su demanda en 6.3 y 4.8 puntos porcentuales, respectivamente.

La demanda por sectores económicos se mantiene en similares rangos al año 2010, observándose un incremento en dos sectores: la minería, que experimenta un aumento en 4.6 puntos porcentuales respecto del año 2005, y el comercio que lo hace sólo en 0.9 puntos porcentuales. El resto de los sectores disminuyen su participación en la demanda por energía –salvo el residencial que mantiene igual porcentaje de demanda de energía–, experimentado el mayor descenso el sector industrial, disminuye su demanda en 0.8 puntos porcentuales, mientras el sector agrícola lo hace en 0.5 puntos porcentuales respecto del año 2005.

Un año después (2011) la demanda de energía por sectores a nivel regional experimenta un leve aumento en todos ellos, salvo en el sector minero, experimentado éste un descenso en 2.7 puntos porcentuales respecto del año anterior. (Cuadro N°51)

**Cuadro N°51**  
**Distribución de energía eléctrica, por sector.**  
**Región de Atacama (MG/h.)**

	Residencial	Comercial	Minero	Agrícola	Industrial	Otros	%Total
<b>País Año 2010</b>	16.3	12.3	34.9	2.2	23.9	10.4	100
<b>Región Atacama</b>							
1995	12.9	6.2	17.1	9.4	41.1	13.3	100
2000	2.8	1.8	85.1	2.4	1.1	6.8	100
2005	3.6	1.4	81.8	3.1	2.6	7.5	100
2010	3.6	2.3	86.4	2.6	1.8	3.3	100
2011	3.9	2.8	83.7	2.7	1.9	5.0	100

Fuente: Capacidad Instalada por Sistema Eléctrico Nacional Eléctrico Nacional. CNE, Año 2012

– *Matriz de Generación Regional (MGR)*

A nivel país la potencia total instalada (neta) alcanza a los 12.365,1 MW, de los cuales el 51,03% corresponde a centrales termoeléctricas; 47,38% a hidroeléctricas; y solo 1,59% a eólica. En el caso de la región de Atacama, su Matriz de Generación está compuesta exclusivamente por unidades generadoras térmicas, las que en conjunto generan el 16,8% del total de la potencia neta generada a nivel nacional por este tipo de central. Utilizan como combustible el Carbón y *Petcoke* (53,3%) y Petróleo o Diesel (46,7%). (Cuadro N° 52).

A diciembre de 2011 la matriz energética instalada en la región genera una potencia neta total de 1.057,1 MW (CNE, 2012), lo que representa el 8,54% del total de potencia que genera el Sistema Interconectado Central (SIC), al cual pertenece Atacama<sup>66</sup>.

**Cuadro N°52**  
**Unidades Generadoras Región de Atacama. Diciembre de 2011**

Propietario	Nombre Central	Comuna	Puesta en Servicio	Tipo Combustible	N° Unidades	Potencia Bruta Total MW	Potencia Neta Total MW
Eléctrica CENIZAS	Cenizas	Copiapó	2009	Petróleo o Diesel	3	16,3	15,3
EMELDA	Emelda	D. Almagro	2010	Petróleo o Diesel	2	69,3	68,7
ENDESA	D. Almagro	D. Almagro	1981	Petróleo o Diesel	1	23,8	23,7
	Huasco TG	Huasco	1977 U1-U2 1979 U3	Petróleo o Diesel Petróleo IFO-180	3	64,2	58,0
ENLASA	Sn Lorenzo	D. Almagro	2009	Petróleo o Diesel	2	55,8	55,8
Generadora del Pacífico S.A.	Termo Pacífico	Copiapó	2009	Petróleo o Diesel	60	99,0	96,0
GUACOLDA	Guacolda	Huasco	1995 U1; 1996 U2; 2009 U3; 2010 U4	Carbón y <i>Petcoke</i>	4	610,0	563,6
INKIA ENERGY	Cardones	Copiapó	2009	Petróleo Diesel	1	153,0	152,3
SWC	El Salvador	D. Almagro	2010	Petróleo Diesel	1	23,8	23,7
<b>Total</b>					<b>77</b>	<b>1.115,2</b>	<b>1.057,1</b>

Fuente: Capacidad Instalada Por Sistema Eléctrico Nacional Comisión Nacional de Energía. Año 2012

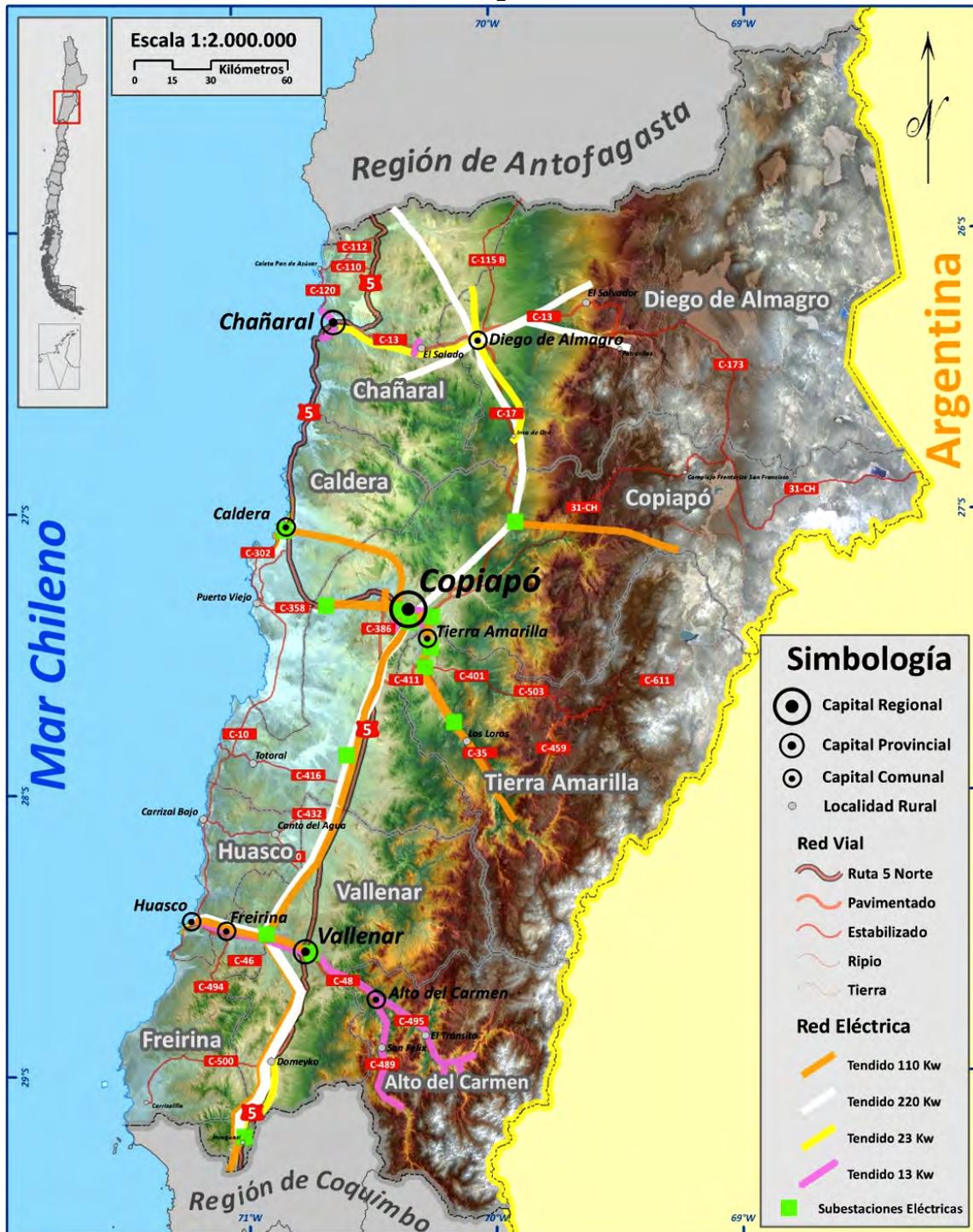
En cuanto al sistema de transmisión, éste opera en los niveles de más alta tensión. Los niveles de tensión empleados en el sector de transmisión cubren el rango comprendido entre tensiones mayores a 23 kV y 500 kV. (Cuadro N°53). En el Plano 15 se muestra red eléctrica de la región.

**Cuadro N°53**  
**Sistema Transmisión**

Tipo de Tendido	Longitud (Kms)
110 KW	642,3
220 KW	809,2
23 KW	156,6
13 KW	234,2

<sup>66</sup> El SIC aporta una potencia neta total de 12.365,1 MW, representando el 75% del total nacional.

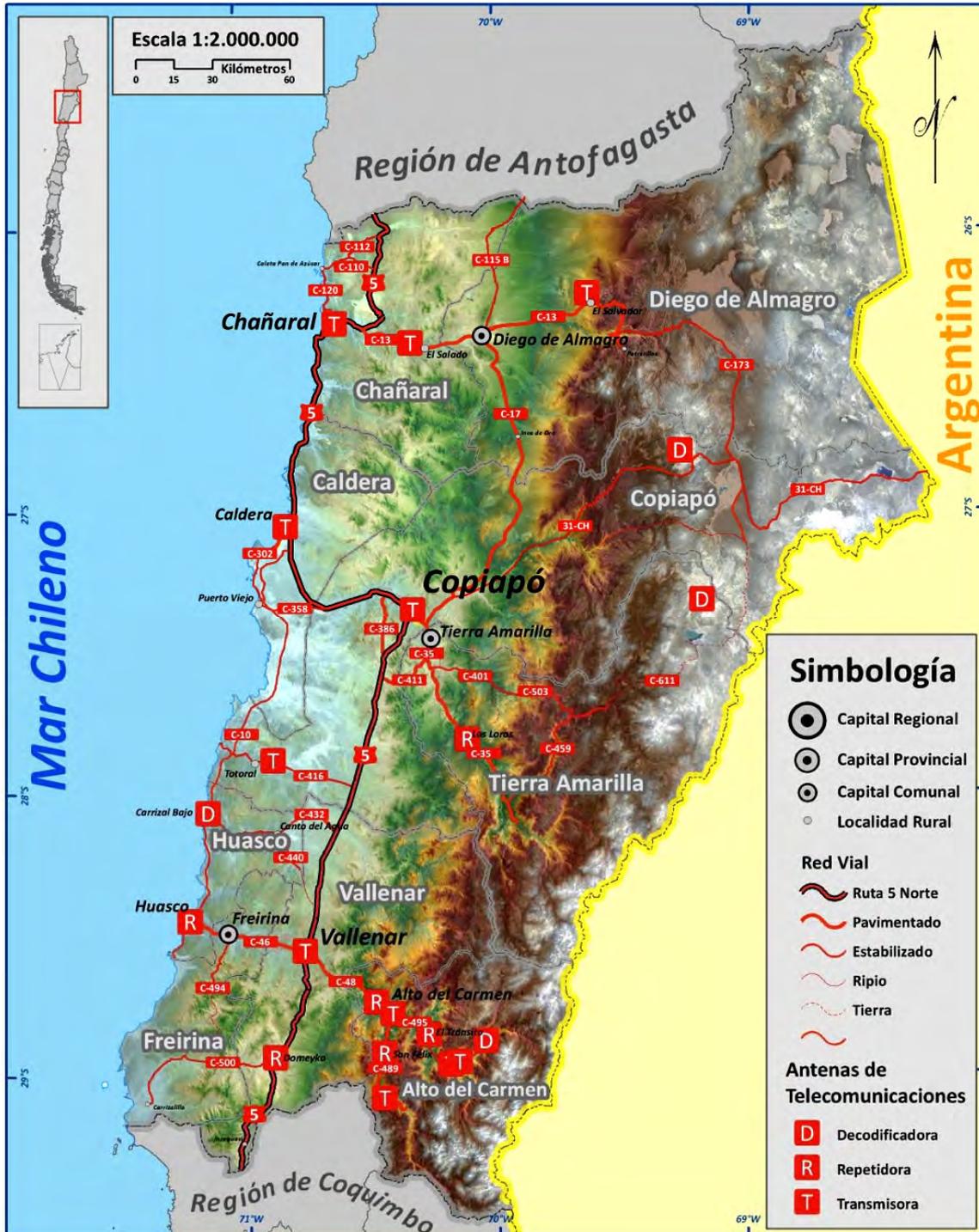
Plano 15  
Red Eléctrica. Región de Atacama



FUENTE: Elaboración propia.

iv) Sistema de Telecomunicación

Plano 16  
Antenas de Telecomunicaciones. Región de Atacama



FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.4. Validación Sistemas Estratégicos por Actores Claves Locales

La validación de los Sistemas Estratégicos fue uno de los objetivos que se planteó para el 2do. Taller de Riesgos Naturales, efectuado el 22 de noviembre de 2011; sin embargo, la asistencia a éste fue mayoritariamente de funcionarios de servicios públicos, participando solo los equipos técnicos municipales Vallenar y Freirina<sup>67</sup>.

A fin de recoger la identificación de las amenazas y la validación de sistemas estratégicos del resto de las comunas se planteó realizar reuniones con los equipos técnicos municipales<sup>68</sup>. Para ello se coordinaron jornadas de trabajo, acordándose las fechas y horarios de reunión. Los profesionales de la Diplade se trasladaron a cada municipio con el propósito de levantar la información en las fechas acordadas, realizándose este trabajo durante los meses de enero – abril del 2012.

Con el único equipo técnico municipal que no fue posible concretar una reunión para el objetivo planteado fue con el de la Municipalidad de Copiapó.

El trabajo se abordó mediante la siguiente metodología:

- Presentación de los objetivos y alcances del Diagnóstico de Riesgos Naturales.
- Exposición de la Metodología de Trabajo, a saber:
  - Presentación “Sistemas Estratégicos de Análisis”.
  - Identificación de los Sistemas Estratégicos a Nivel Comunal/Regional Asociados a una o más Amenazas.

##### 4.4.1 Desarrollo Trabajo de Taller

En una primera fase se expusieron los objetivos y alcances del *Diagnóstico de Riesgos Naturales* y su relación con el PROT. Así también se entregaron los elementos conceptuales sobre las amenazas de origen natural, basado en la *Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial* (en adelante Guía). Posteriormente se invitó a los participantes a que identificaran aquellos sistemas que a juicio de ellos son estratégicos frente a determinada(s) amenaza(s). Este trabajo se realizó con planos a escala local más las definiciones y su correspondiente simbología sobre Instalaciones y Redes Estratégicas ((Tabla 18). Además, a los participantes se les hizo entrega de material de apoyo a fin de que pudieran desarrollar el trabajo requerido.

---

<sup>67</sup> Los equipos técnicos están conformados principalmente por los directores de la Dirección de Obras (DOM) y de la Secretaría de Planificación Comunal, más profesionales de estas áreas así como de desarrollo productivo y medio ambiente.

<sup>68</sup> En el caso de la Municipalidad de Diego de Almagro, a petición expresa del Director del DOM, se realizaron visitas a las localidades de El Salvador e Inca de Oro, a fin de recoger las opiniones de los actores claves locales.

Instalaciones Se encuentran emplazadas en un espacio físico determinado.		Simbología	Redes Están asociadas a la movilidad de insumos, bienes, personas y flujos de información.		Simbología
Esenciales	Policía	P	Transporte	Vías carreteras	
	Escuelas	E		Puertos	P
	Hospitales	H		Aeropuertos	A
	Bomberos	B		Terminales de Buses	B
	Oficinas Públicas	O		Sistema Ferroviario	F
Con Alto Potencial de Daño	Instalaciones almacenamiento y producción sustancias peligrosas	SP	Vitales	Sistema de Agua	
	Acumulación de Agua	A		Sistema de Alcantarillado	
	Tranques de Relave	TR		Sistema de Combustibles	
				Sistema Eléctrico	
			Sistema de Comunicación		

#### 4.4.2 Resultados Trabajo de Validación

La respuesta a los requerimientos de trabajo fue satisfactoria ya que participaron un total de 27 funcionarios municipales, de los cuales 5 son profesionales de las Dirección de Obras Municipales, todos ellos directores de esta dirección; 16 se desempeñan en la Secretaría de Planificación Comunal, de éstos 3 actualmente son directores de esta secretaría; 3 trabajan en la unidad de emergencia; y 3 de otras unidades (director de tránsito y encargados de proyectos). Lo anterior nos da un promedio de participación de 3,4 funcionarios/municipio<sup>69</sup>.

Del total de equipos técnicos que trabajaron en torno a los sistemas estratégicos se observa que tanto los jardines infantiles como las escuelas básicas son nombradas mayoritariamente como instalaciones estratégicas, incluso por sobre los servicios de salud, aunque se debe señalar que todos los municipios mencionaron a los hospitales como sistemas estratégicos. En menor medida se mencionaron los servicios de salud (postas, Cesfam, otros).

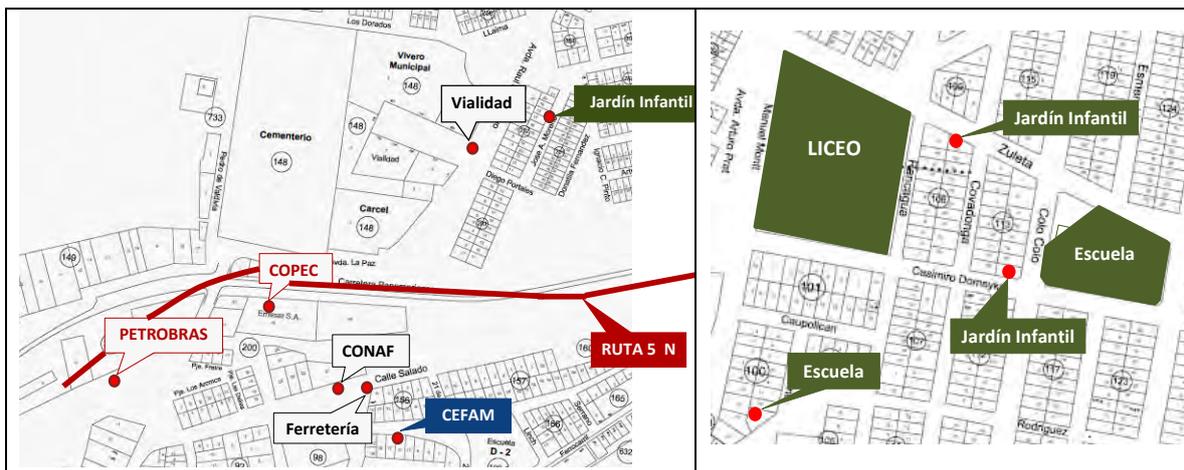
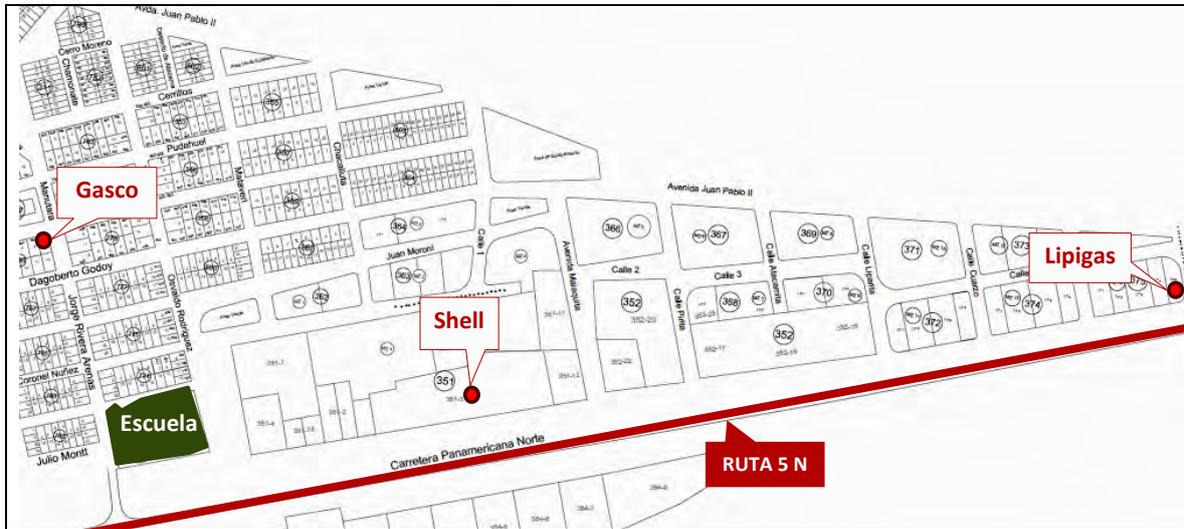
Luego se mencionan como instalaciones estratégicas los servicios de venta de bencinas, los estanques de agua bencineras, correspondiendo éstos a los sistemas de APR, y los servicios públicos. En menor medida son nombrados como estratégicos Carabineros, Bomberos, Municipios, las distribuidoras de gas licuado y las áreas deportivas (canchas, centros deportivos techados y no techados). También alcanzan una nominación relevante las zonas que contienen sustancias peligrosas

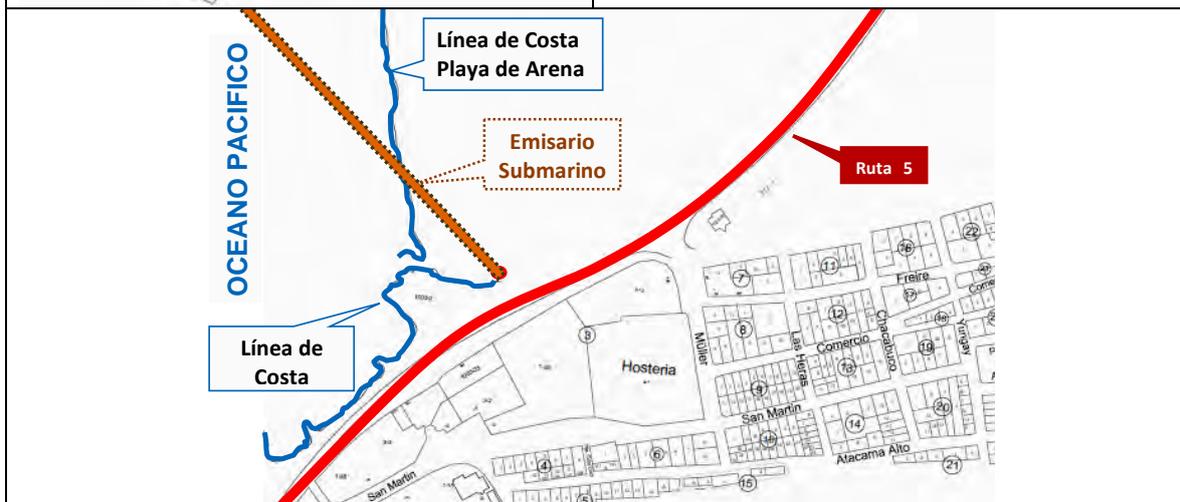
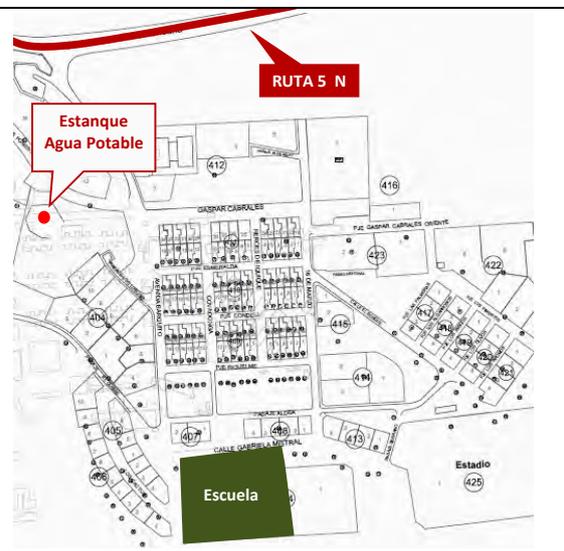
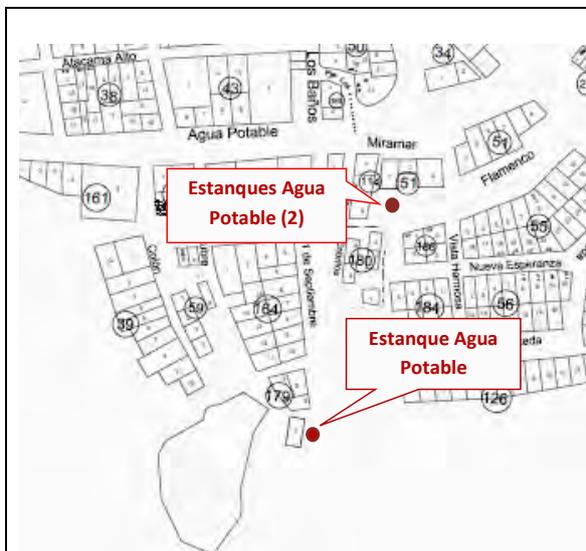
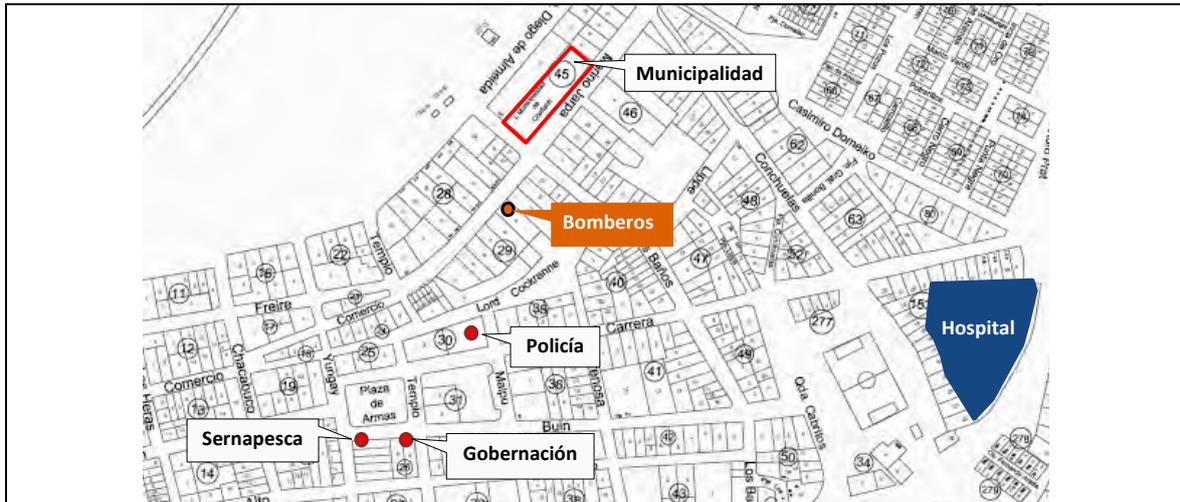
<sup>69</sup> De este promedio se excluyó a la Municipalidad de Copiapó dado que es el único municipio que no ha participado en las reuniones de validación, según se indica en el punto 3. "Validación con Actores Clave Municipales"

PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

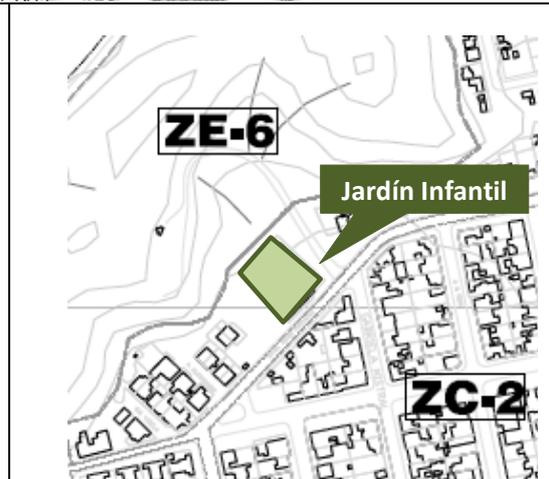
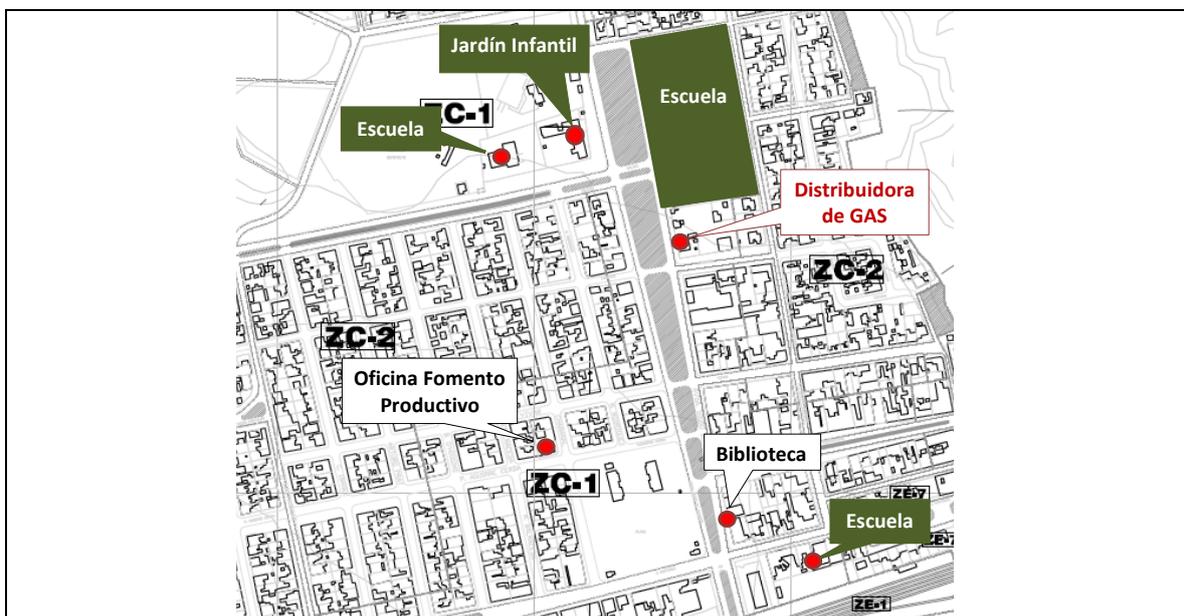
Sistemas Estratégicos	Chañaral	Diego de Almagro	Caldera	T. Amarilla	Vallenar	A. Del Carmen	Huasco	TOTAL
Servicios Salud	2	2	1	-	1	3	3	12
Hospital	1	2	-	1	1			5
Jardín Infantil	5	7	6	4	12	2	3	39
Escuelas	7	7	8	3		5	6	36
Liceos	1	1	1	1	1			5
Carabineros	1	2	1		1	3	1	9
Bomberos	1	3	1	1	1		1	8
Policía	1							1
Municipios	1	1	1	1	1	1	1	7
Delegación Municipal		2	-					2
SECPLA	1	1	-					2
Gobernación	1		-		1			2
Servicios Públicos	3	4	2		1		3	13
Terminal /Agencias Buses	1	2	-					3
Bencineras	3	3	2	1	4		2	15
Distribución Gas Licuado	2	3	1	1	1			7
Deportivos	-	1	1	2		2		6
Estanques de Agua	3	5	1			3	2	14
Emisarios	1							1
Taller Municipal				1		1		2
Bodega Emergencias				1				1
Mueles Pesca Artesanal							1	1
Sustancias Peligrosas						2	3	5
Zonas de Aterrizaje						2		2
Pozos (APR)						3		3
Subestación Eléctrica						1		1
Zona Portuaria							3	3
Bibliotecas		1						1
Ferretería	2							2
Antenas							1	1
Pta. Tratam. H2O Servida							1	1

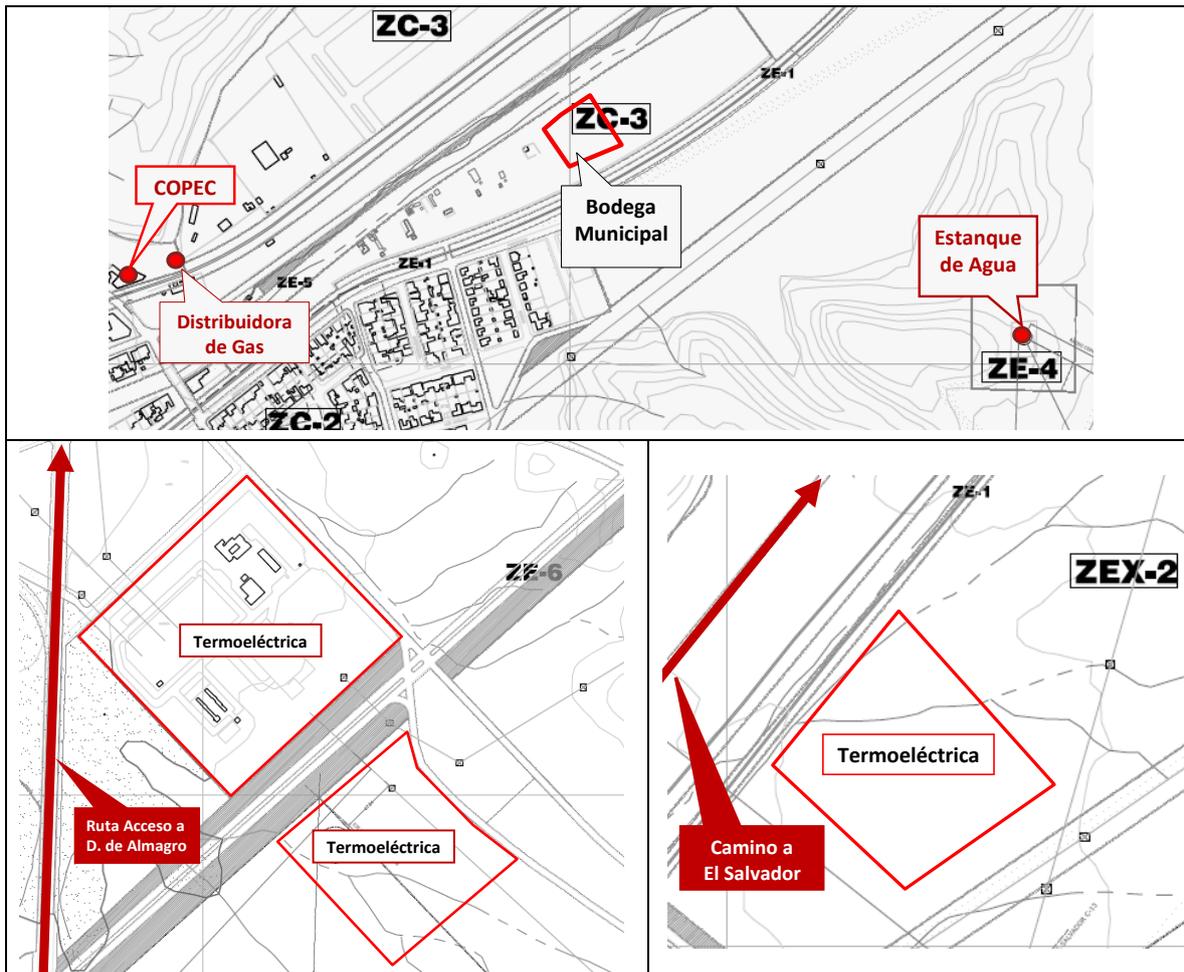
i) Comuna de Chañaral



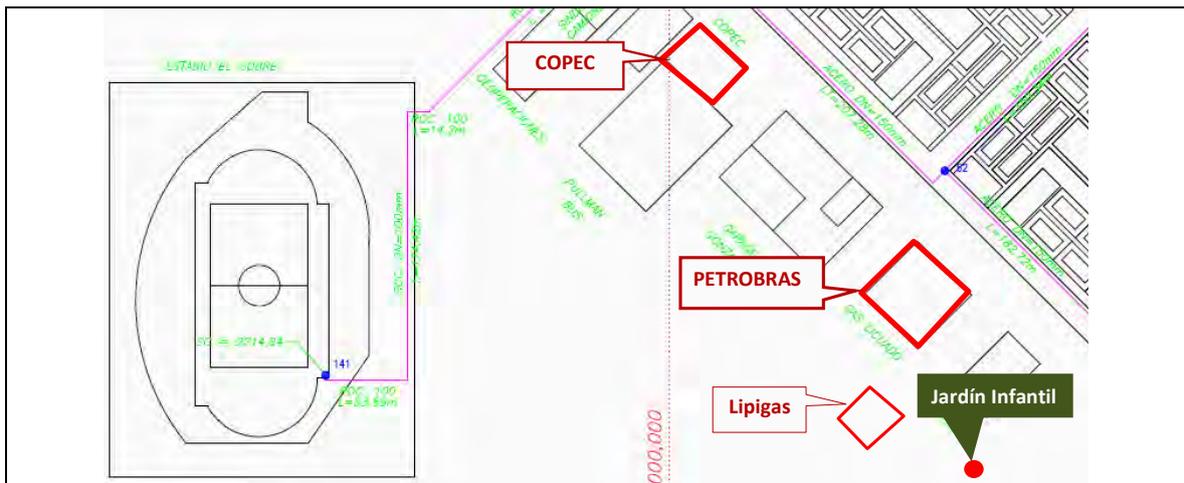


ii) Comuna de Diego de Almagro

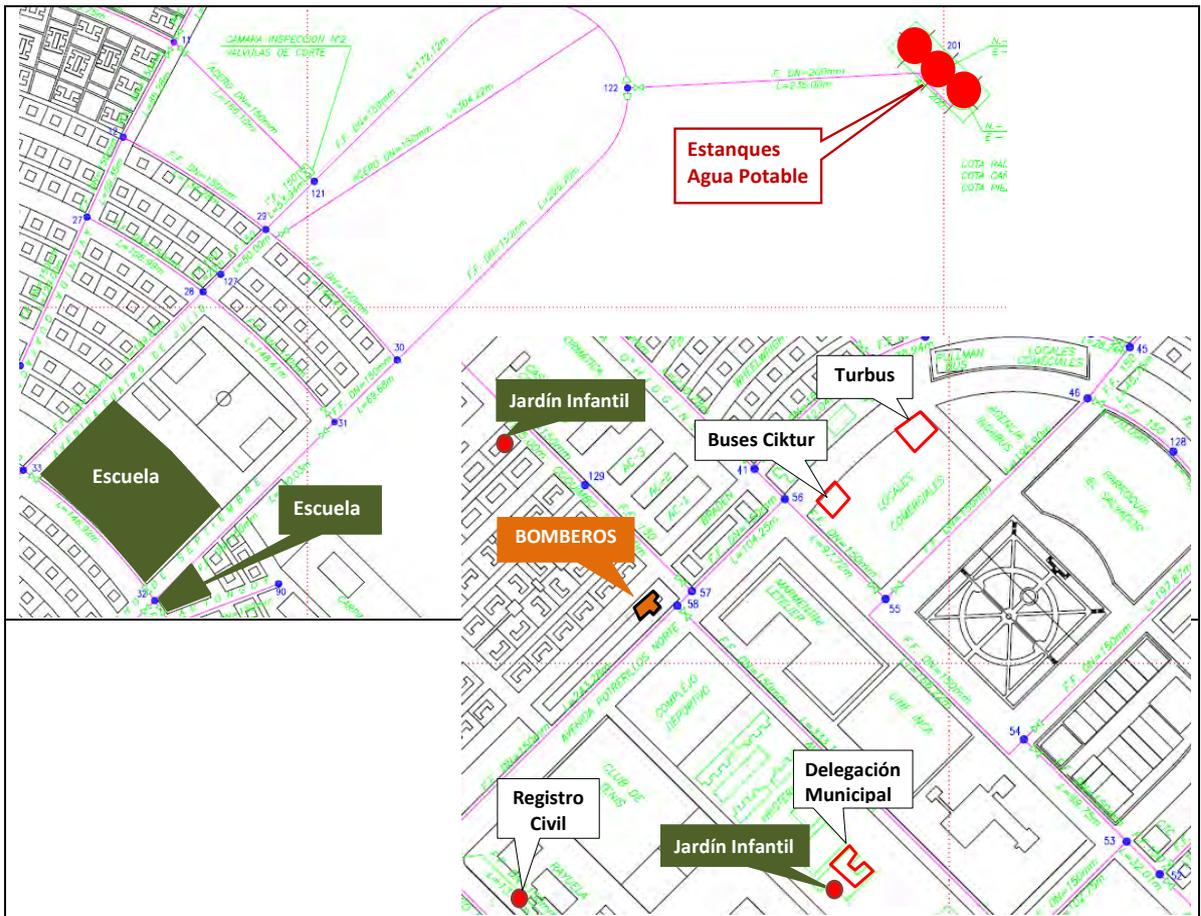




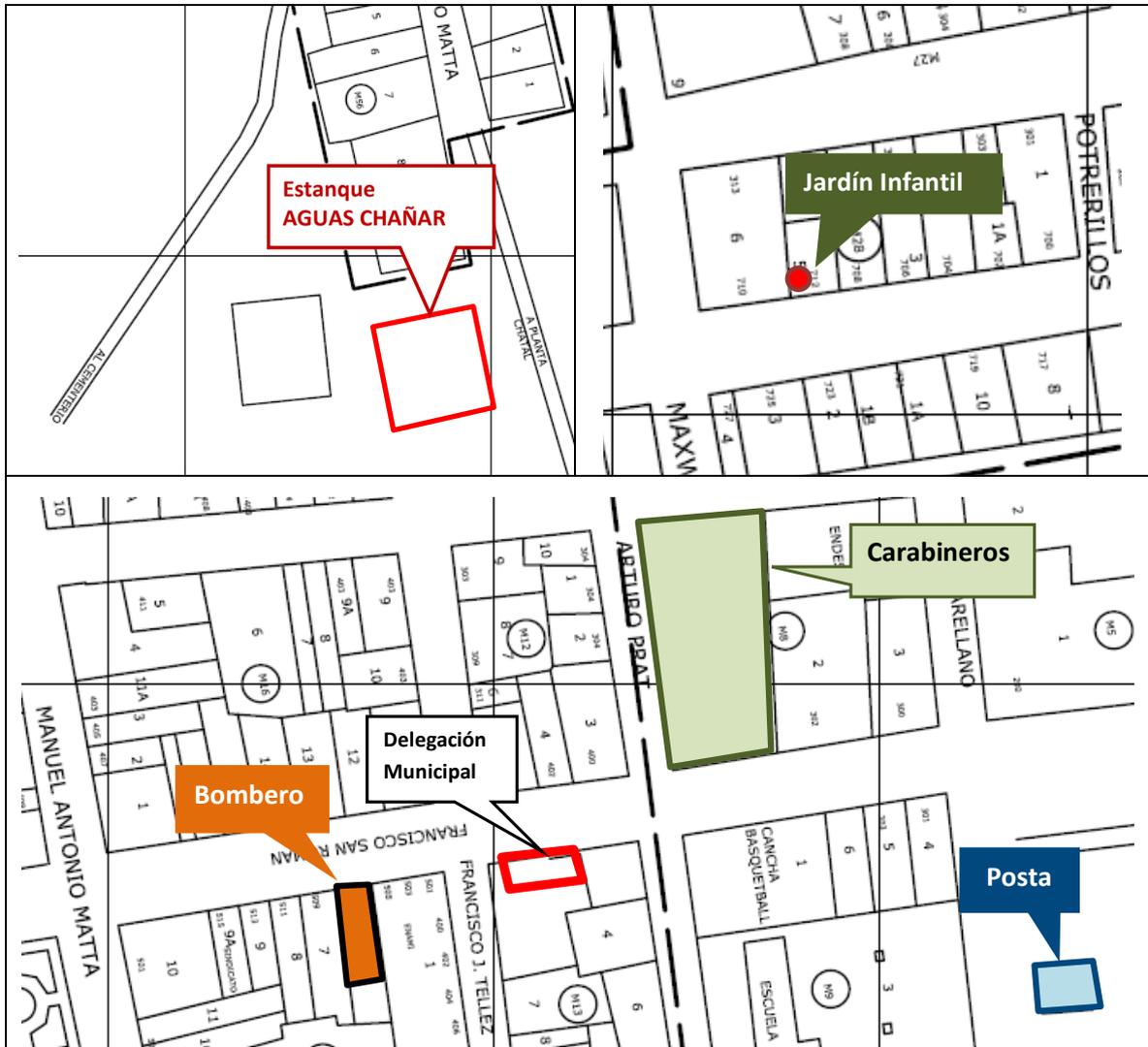
– Localidad de El Salvador, Comuna Diego de Almagro



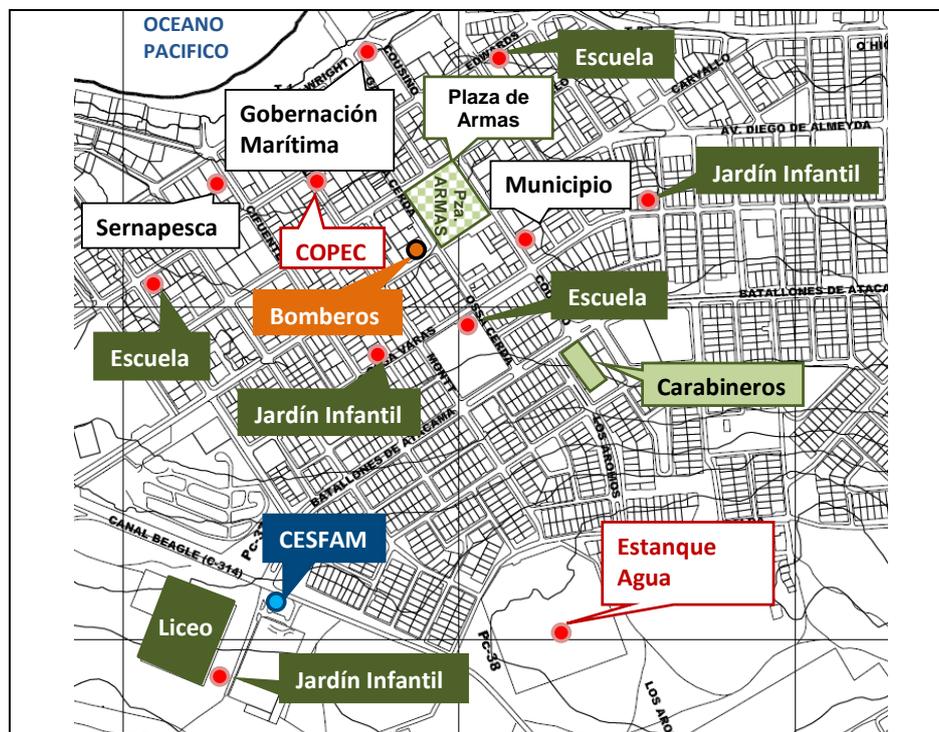
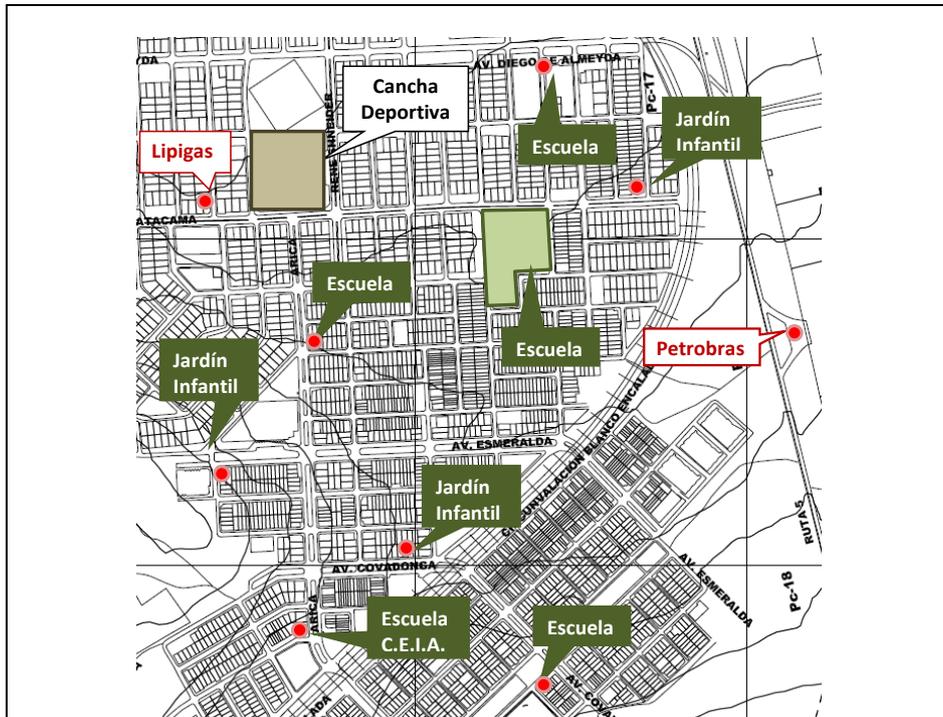
PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA



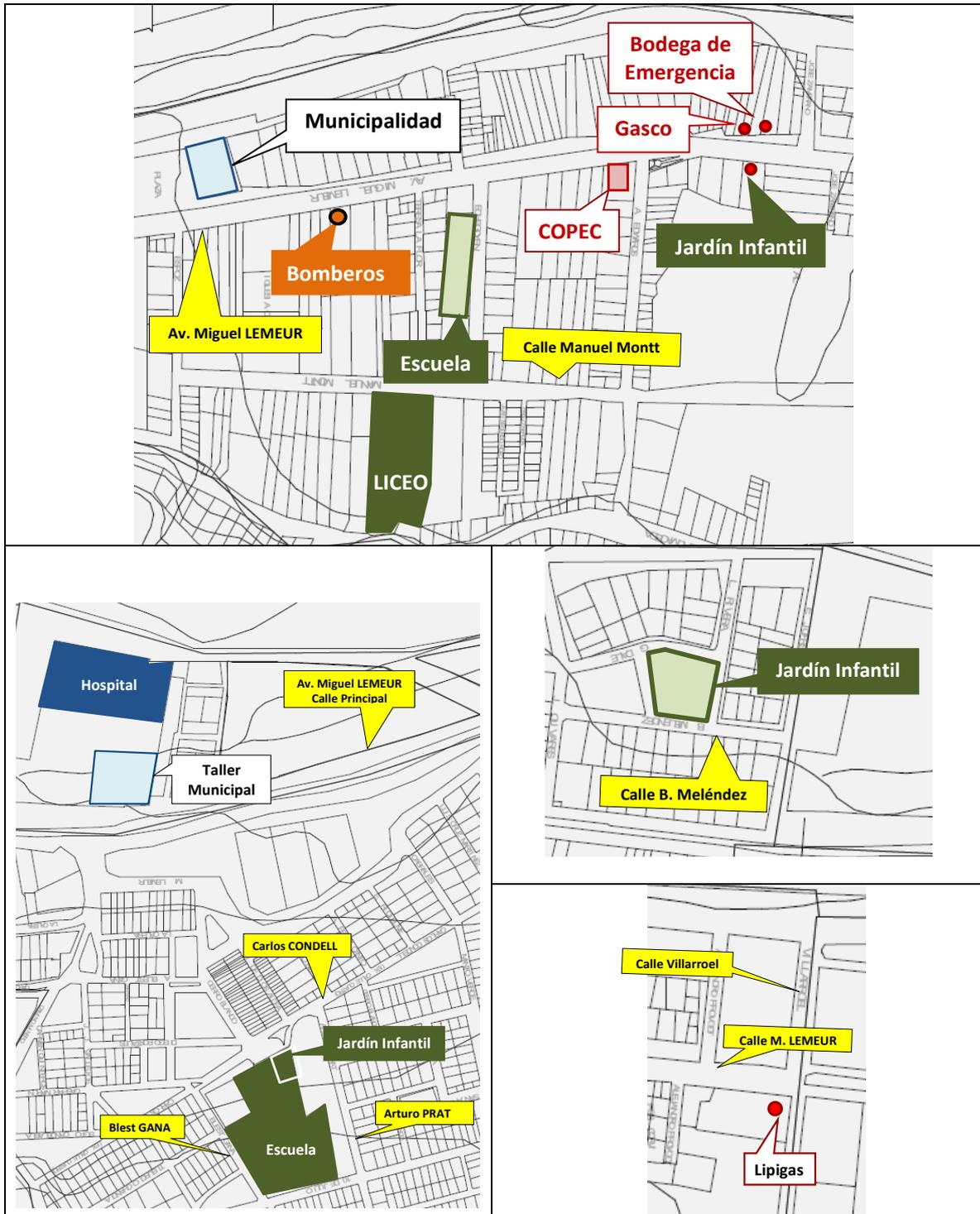
– Localidad de Inca de Oro, Comuna de Diego de Almagro

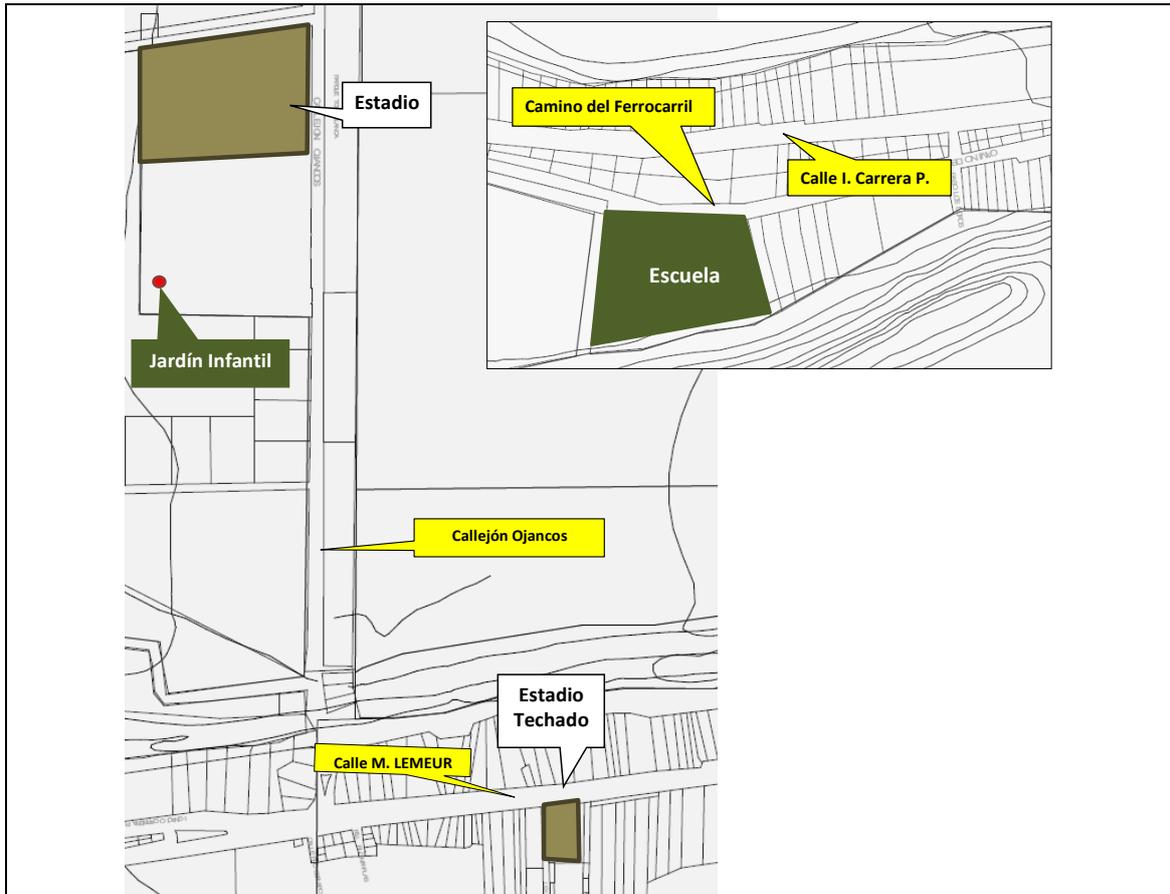


iii) Comuna de Caldera

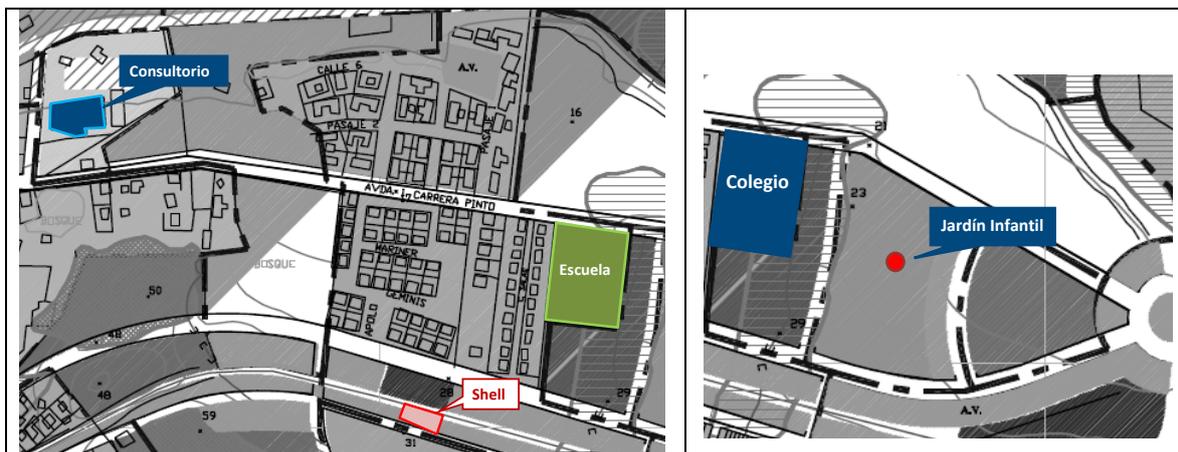


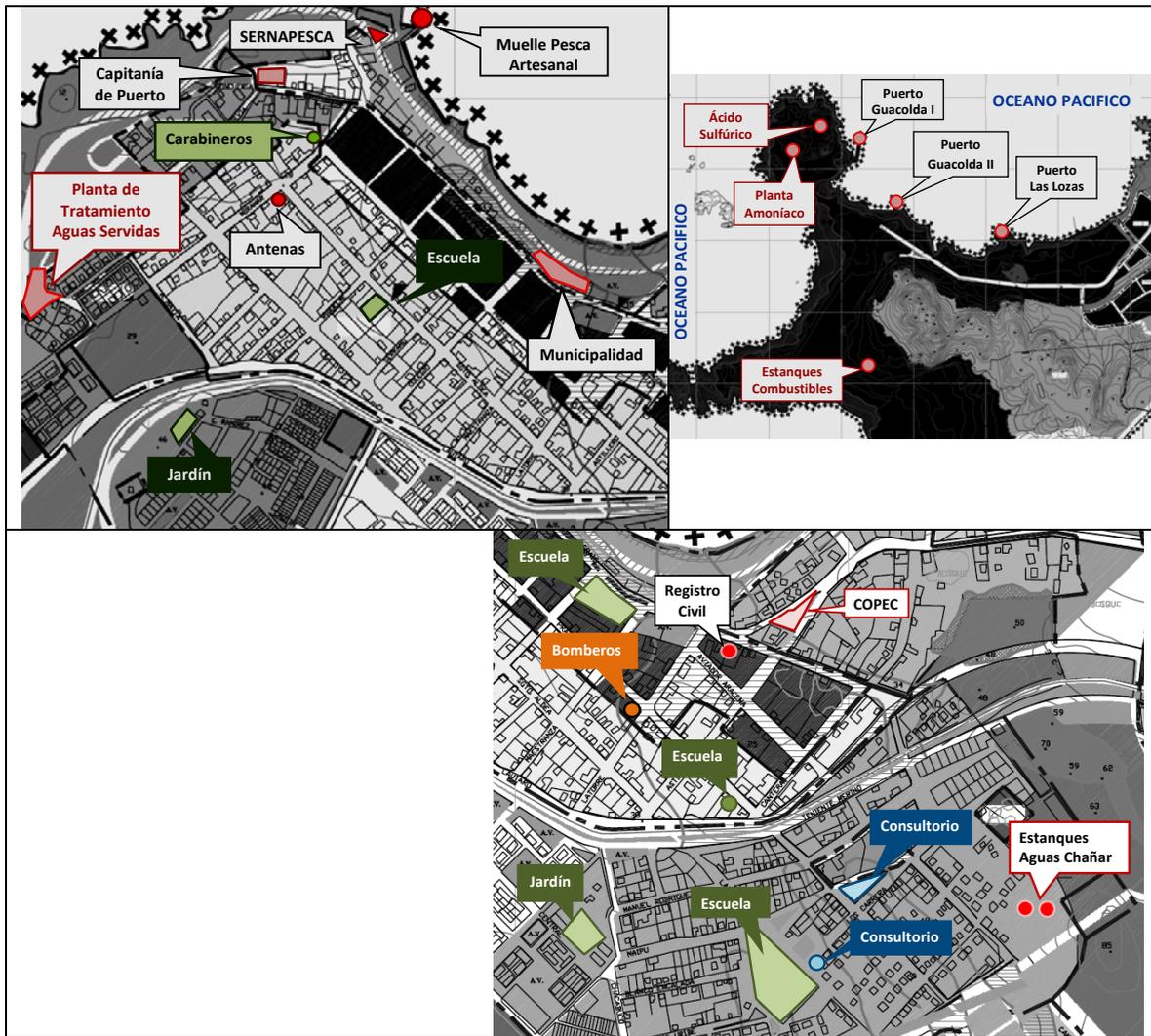
iv) Comuna de Tierra Amarilla



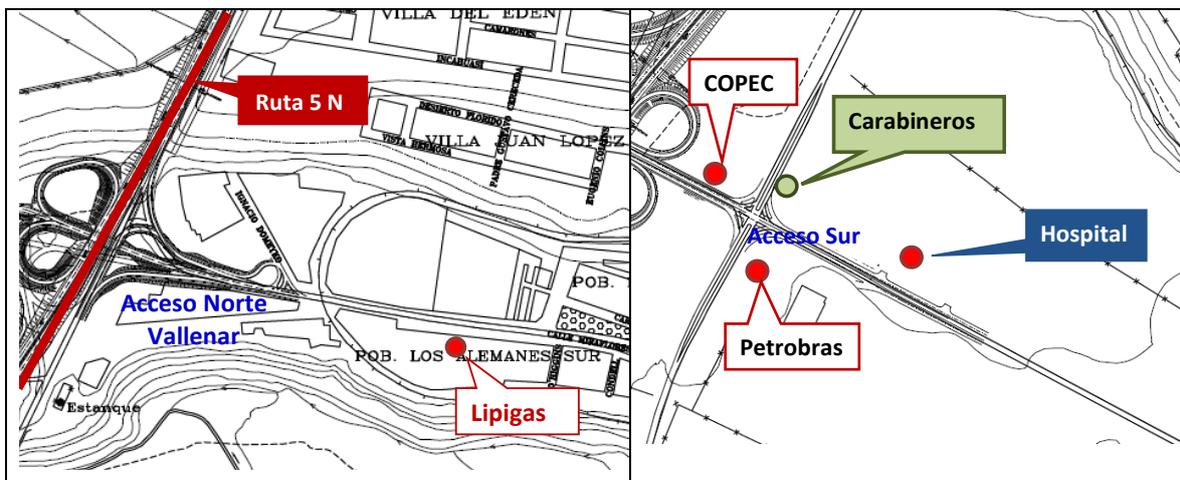


v) *Comuna de Huasco*

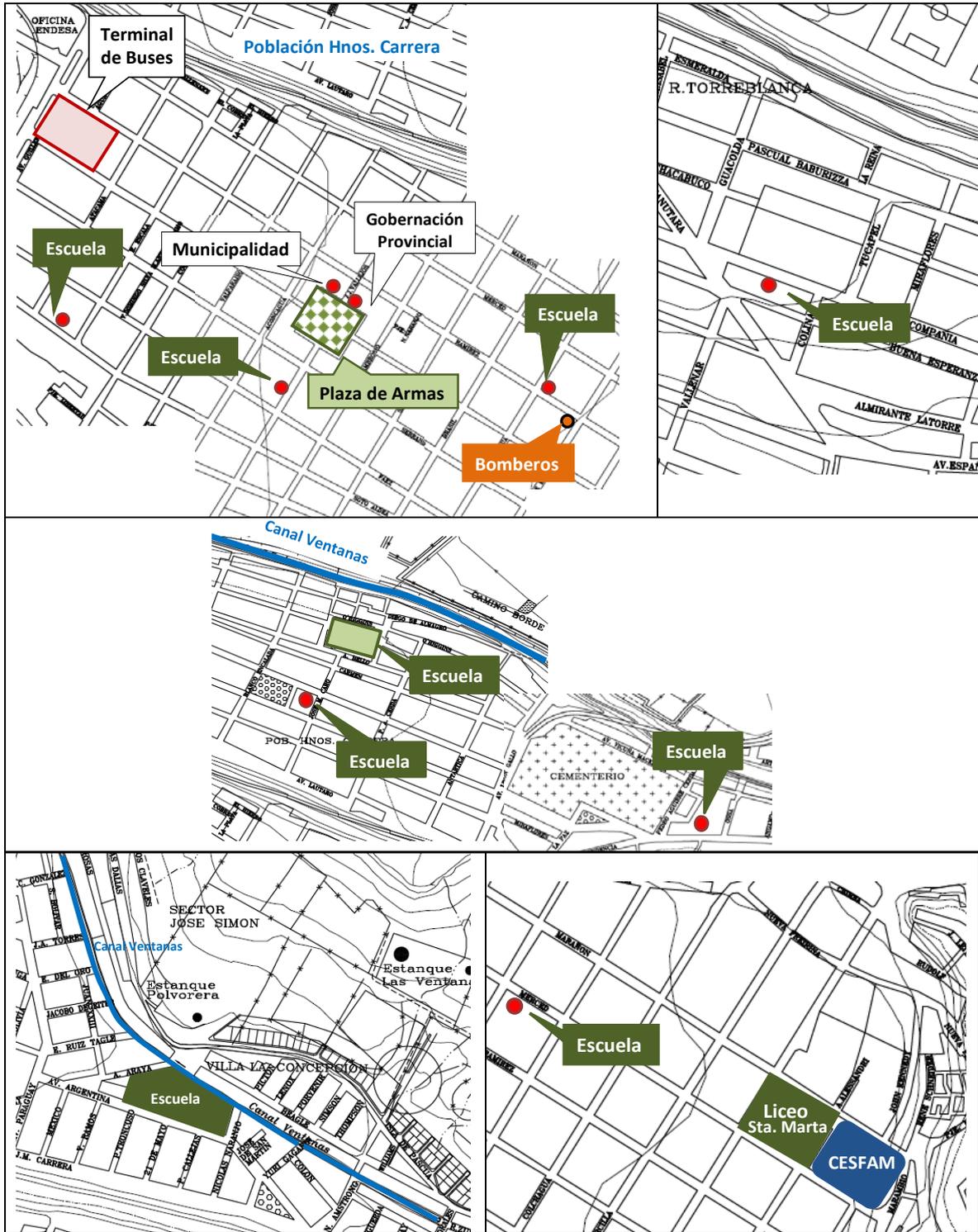


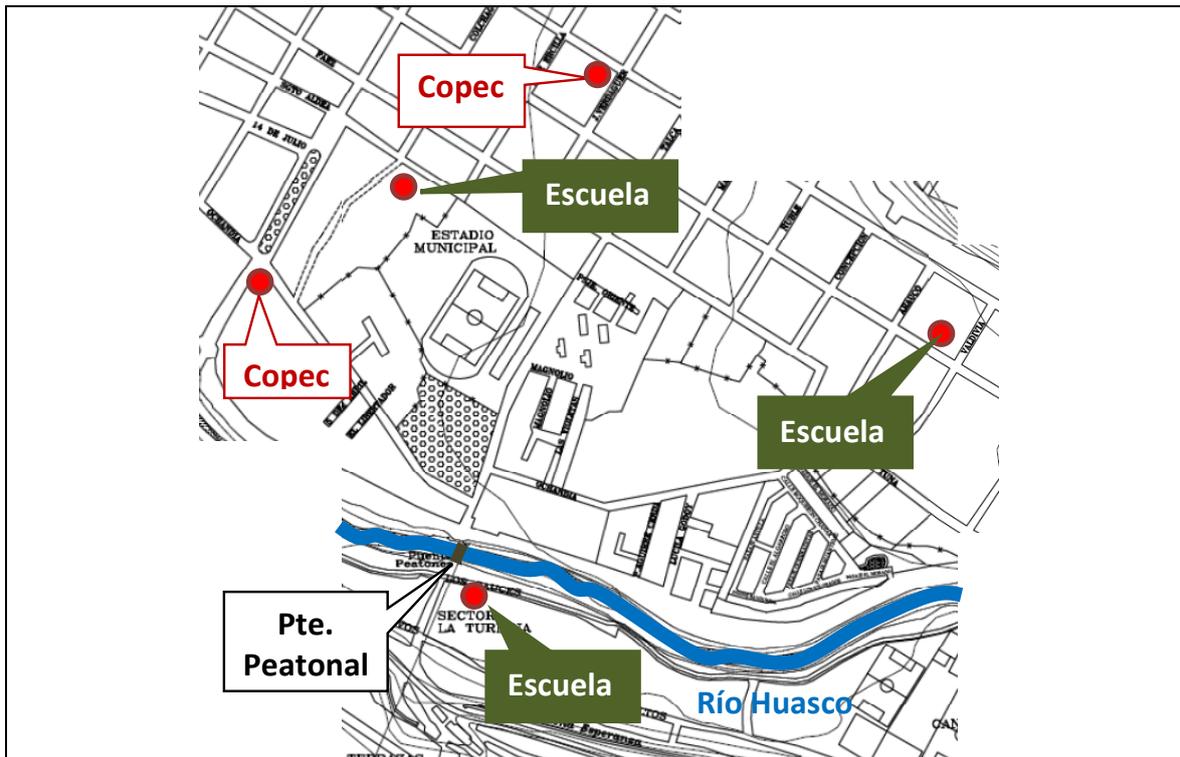


vi) *Comuna de Vallenar*

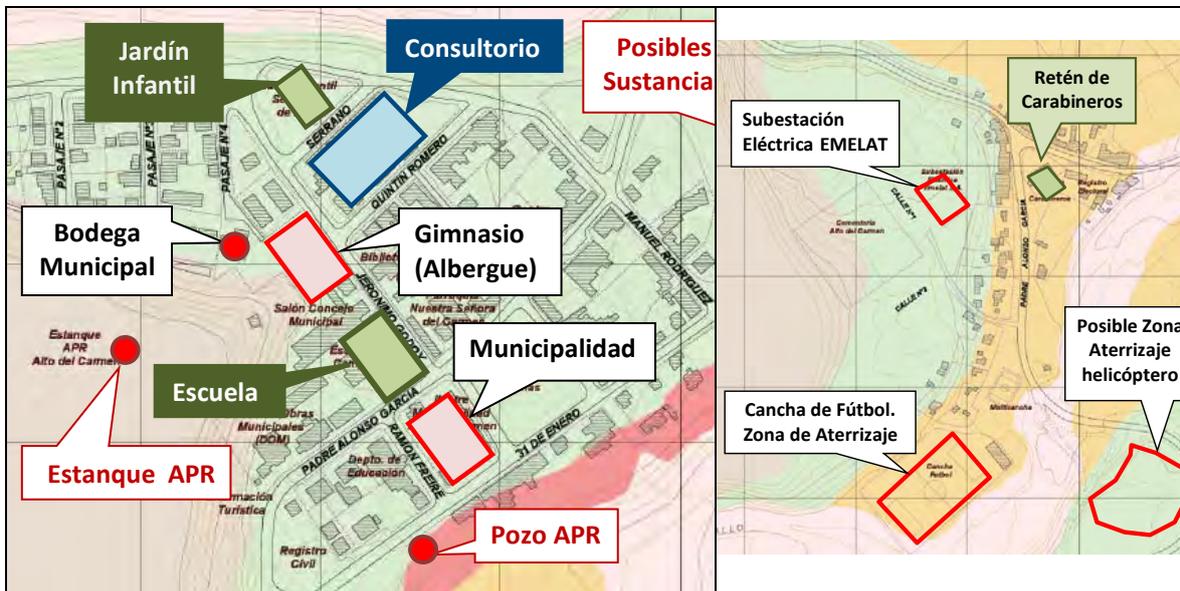


PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ATACAMA

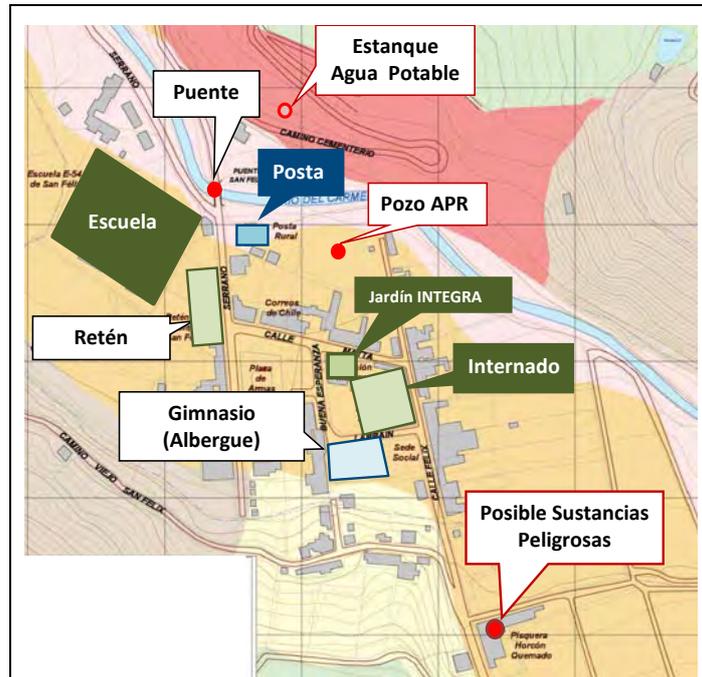




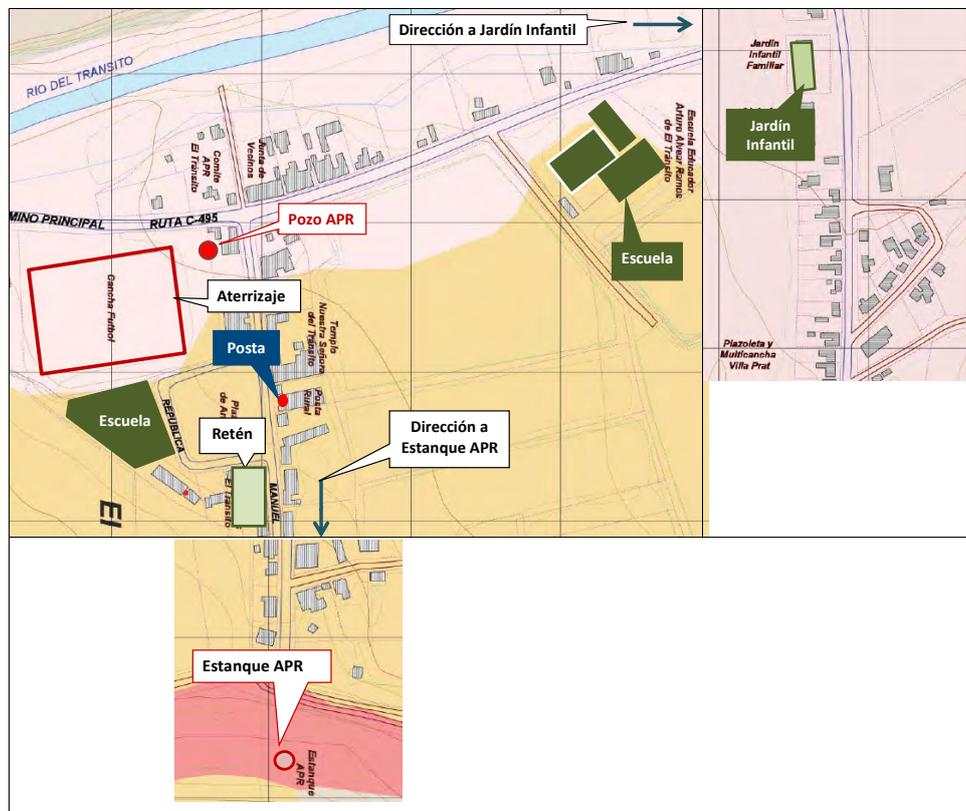
vii) *Comuna Alto del Carmen*



– Localidad de San Félix



– Localidad de El Tránsito



## 5. Exposición de Población y de los Sistemas Estratégicos

La exposición refleja la posición geográfica del sistema (o componentes) en relación a una determinada amenaza. A esta exposición se le denomina exposición física. ¿Cuál es su importancia? Permite discriminar rápidamente la parte del sistema (o componentes) que se verá afectada y avanzar en el análisis de vulnerabilidad con respecto de la amenaza, descartando así aquellos sistemas que no estén expuestos.

El análisis de exposición se entenderá como resultado y visualización del cruce de los mapas de amenazas naturales en el territorio regional con los sistemas estratégicos que han sido identificados como tales, de manera de establecer si éstos están o no expuestos a las amenazas que han sido relevadas mediante trabajo de gabinete y validadas por los actores clave de la región.

Debido a la escala de análisis, solo se determinará la exposición en términos absolutos, es decir: está o no expuesto determinado sistema estratégico. Por lo mismo, no se establecerá una gradiente cualitativa ni cuantitativa.

### Análisis de Exposición

A fin de definir cuáles son las amenazas naturales que afectan al territorio regional, se trabajó con actores claves del ámbito público y municipal, tanto en talleres como en reuniones de trabajo.

El trabajo de taller se llevó a cabo el 22 de noviembre de 2011, dentro del marco del "2do. Taller de Riesgos Naturales", el cual tuvo entre sus objetivos la validación de los sistemas estratégicos y la identificación de aquellas amenazas que afectan la región.

A este encuentro asistieron mayoritariamente funcionarios de servicios públicos, participando solo los equipos técnicos municipales Vallenar y Freirina<sup>70</sup>. Por ello se planteó la necesidad de realizar reuniones de trabajo con los profesionales de aquellas municipalidades que no asistieron al taller. Se coordinaron jornadas de trabajo, acordándose las fechas y horarios de reunión con los distintos municipios. Los profesionales de la Diplade se trasladaron a cada municipio con el propósito de levantar la información en las fechas acordadas, realizándose este trabajo durante los meses de enero – abril del 2012.

El trabajo se abordó mediante la siguiente metodología:

- Presentación de los objetivos y alcances del Diagnóstico de Riesgos Naturales.
- Exposición de la Metodología de Trabajo
- Identificación de la(s) Amenaza(s), según:
  - probabilidad de ocurrencia
  - grado de daño
  - frecuencia

---

<sup>70</sup> Los equipos técnicos están conformados principalmente por los directores de la Dirección de Obras (DOM) y de la Secretaría de Planificación Comunal, más profesionales de estas áreas así como de desarrollo productivo y medio ambiente.

## Desarrollo Trabajo de Taller

En una primera fase se expusieron los objetivos y alcances del *Diagnóstico de Riesgos Naturales* y su relación con el PROT. Se entregaron los elementos conceptuales sobre las amenazas de origen natural, basado en la *Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial* (Subdere, 2011). Posteriormente se invitó a los participantes a que identificaran aquellas amenazas naturales que a juicio de ellos adquieren relevancia dado que afectan con mayor frecuencia al territorio y/o producen daños significativos a la población y a las viviendas e infraestructura y redes estratégicas.

Se seleccionaron aquellas amenazas naturales derivadas de fenómenos sísmicos y meteorológicos, ya que éstas tienen una mayor probabilidad de ocurrencia en la región. Posteriormente, frente a cada amenaza natural los participantes señalaron cuál era la probabilidad de ocurrencia de cada una de ellas así como el grado de daño y la frecuencia de la misma. Este trabajo se realizó con planos a escala local más las definiciones y su correspondiente simbología sobre Amenazas Naturales. (Tabla N°17).

**Tabla N°17**  
**Clasificación de los Fenómenos Naturales según Tipo de Amenaza**

TIPO DE FENÓMENO	AMENAZA	Probabilidad(1) Ocurrencia	Grado de Daño(2)	Frecuencia(3)	Priorización	Área de Efecto (Identificación Plano)
Sismico	Tsunami O Maremoto					
	Licuefacción					
	Inestabilidad De Laderas					
Meteorológico	Activación De Quebradas					
	Inundación Por Crecida De Ríos					
	Remoción en Masa					

(1) Probabilidad de Ocurrencia: 0 Improbable; 1: Poco Probable; 2: Muy Probable

(2) Grado de Daño: 0: Ninguno; 1: Ligero; 2: Moderado; 3: Severo.

(3) Frecuencia: 1: Una vez entre 10 y 50 años; 2: Una vez entre 1 y 10 años; 3: Más de una vez por año.

## Resultados Trabajo de Identificación Amenazas

La respuesta a los requerimientos de trabajo fue satisfactoria ya que participaron 27 funcionarios municipales, de los cuales 5 son profesionales de las Dirección de Obras Municipales, todos ellos directores de esta dirección; 16 se desempeñan en la Secretaría de Planificación Comunal, de éstos 3 actualmente son directores de esta secretaría; 3 trabajan en la unidad de emergencia; y 3 de otras unidades (director de tránsito y encargados de proyectos). Lo anterior nos da un promedio de participación de 3,4 funcionarios/municipio<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> En el caso de la Municipalidad de Diego de Almagro, a petición expresa del Director del DOM, se realizaron visitas a las localidades de El Salvador e Inca de Oro, siendo esta última localidad la que emitió su opinión respecto a las amenazas naturales.

Los fenómenos meteorológicos son los que adquieren mayor relevancia desde el punto de vista de su probabilidad de ocurrencia ya que la totalidad de los equipos municipales mencionó la Activación de Quebradas como una amenaza relevante que afecta a la región, indistintamente de la localidad /ciudad, siguiéndole en orden de importancia las amenazas por Inundación por Crecida de Ríos y la Remoción en Masa, siendo ambas señaladas por siete de los nueve equipos de trabajo.

Respecto al fenómeno sísmico, la amenaza que adquiere mayor relevancia es la amenaza por Inestabilidad de Laderas, ya que ésta fue mencionada por siete de los nueve equipos de trabajo. Le sigue en orden de importancia la amenaza por Licuefacción, la que es mencionada por cinco de los nueve equipos, y la amenaza por Tsunami, la que es mencionada por cuatro de los nueve equipos, correspondiendo todos ellos a las comunas costeras. La baja priorización de esta última amenaza se explica por el hecho de que cinco de las nueve comunas de la región están emplazadas lejos del borde costero. Ver Tabla N°18.

Es importante precisar que la amenaza de terremoto fue señalada como una amenaza que afecta a toda la región, con una frecuencia de entre 10 a 50 años, y con daños que varían según el tipo de vivienda e infraestructura. Por lo mismo, sólo se evaluó la amenaza de tsunami en cuanto a probabilidad de ocurrencia, daño ni frecuencia.

**Tabla N°18**  
**Priorización de las Amenazas Naturales según Comunas**

Comunas	Fenómeno Sísmico			Fenómeno Meteorológico		
	Tsunami	Licuefacción	Inestabilidad de Laderas	Activación de Quebradas	Inundación por Crecida Ríos.	Remoción en Masa
Chañaral	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
D. de Almagro(*)	No	No	No	Sí	No	No
Caldera	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Copiapó	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
T. Amarilla	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Huasco	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Freirina	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Vallenar	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Alto Del Carmen	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

(\*)Contempla la Localidad de Inca de Oro

FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

• **Respecto a la Probabilidad de Ocurrencia**

Se observa que en el caso de las amenazas por Activación Quebradas e Inundación por Crecidas Ríos la mayoría de los equipos de trabajo las señalan como un tipo de amenaza de muy probable ocurrencia, siguiéndole en orden importancia la amenaza por Tsunami y por Remoción en Masa. Con menor probabilidad de ocurrencia son mencionadas las amenazas por Inestabilidad de Laderas y Licuefacción. El hecho de que la mayoría de los equipos de trabajo señale que la amenaza de Tsunami es de improbable ocurrencia se explica debido a que la mayoría de las comunas de la región están emplazadas al interior de la región. Ver Cuadro N°54.

- **Respecto a la Grado de Daño,**

Cuatro de los nueve equipos señalan que la Remoción en Masa genera un daño severo, mientras que tres opinan que el daño sería moderado (damnificados y fallas temporales en los sistemas estratégicos). Tres equipos indican que la amenaza por Inundación por Crecida de Ríos generaría un daño severo e igual número opina que el daño sería moderado. En el caso de la amenaza por Tsunami tres equipos señalan que el daño es severo, mientras que solo un equipo indica que el daño sería moderado. En cuanto a la amenaza por Inestabilidad de Laderas dos equipos señalan que ésta generaría un daño severo, mientras que otros dos indican que el daño sería moderado. Solo un equipo indica que la amenaza por Activación de Quebradas generaría un daño severo.

En contraposición, la mayoría de los equipos de trabajo señalan que la amenaza por Tsunami no provoca daños ni damnificados, correspondiendo todas estas opiniones a los equipos cuyas comunas están emplazadas al interior de la región. Respecto a la amenaza por Licuefacción, cuatro de los nueve equipos de trabajo señalan que ésta no provoca ni daños ni damnificados; tres equipos señalan lo mismo para la amenaza por Inestabilidad de Laderas. En el caso de las amenazas por Inundación por Crecidas Ríos y Remoción en Masa solo dos equipos señalan que este tipo de evento no genera daños ni damnificados Ver Cuadro N°54.

- **En relación a la Frecuencia**

En el caso de la amenaza por Activación de Quebradas –mencionada por la totalidad de los equipos de trabajo como un fenómeno relevante dentro de la región–, ocho de los nueve equipos de trabajo señalaron que este tipo de amenaza se presenta una vez entre 1 y 10 años y solo un equipo indica que se presenta una vez entre 10 y 50 años. Respecto de la amenaza por Inundación por Crecida de Ríos, –siendo también una amenaza relevante ya que fue mencionada por 7 de los 9 equipos de trabajo–, cuatro equipos señalan que ésta se presenta más de una vez por año, en cambio tres equipos indican que este fenómeno se da una vez entre 1 y 10 años. En el caso de las amenazas por Inestabilidad de Laderas y Remoción en Masa, se observa que respecto de la primera dos equipos indican que ésta se da con una frecuencia de más de una vez por año, mientras los restantes cinco equipos señalan que este evento se presenta una vez entre 10 y 50 años; en el caso de la Remoción en Masa cuatro equipos indicaron que se presenta una vez entre 1 y 10 años y los restantes 3 señalaron que este tipo de amenaza se da una vez entre 10 y 50 años. (Ver Cuadro N°54).

**Cuadro N°54**  
**Priorización de las Amenazas Naturales**  
**Según Probabilidad de Ocurrencia Grado de Daño Frecuencia**

Comunas	Probabilidad de Ocurrencia			Grado de Daño				Frecuencia(*)		
	0	1	2	0	1	2	3	1	2	3
Tsunami	5		4	5		1	3	4		
Licuefacción	4	3	2	4	1	4		4	1	
Inestabilidad Laderas	2	4	3	3	2	2	2	5		2
Activación Quebradas		3	6		2	6	1	1	8	
Inundación por Crecidas Ríos	2	2	5	2	1	3	3		3	4
Remoción en Masa	2	3	4	2		3	4	3	4	

(\*) Sólo se consideraron las opiniones referidas directamente a una determinada amenaza.

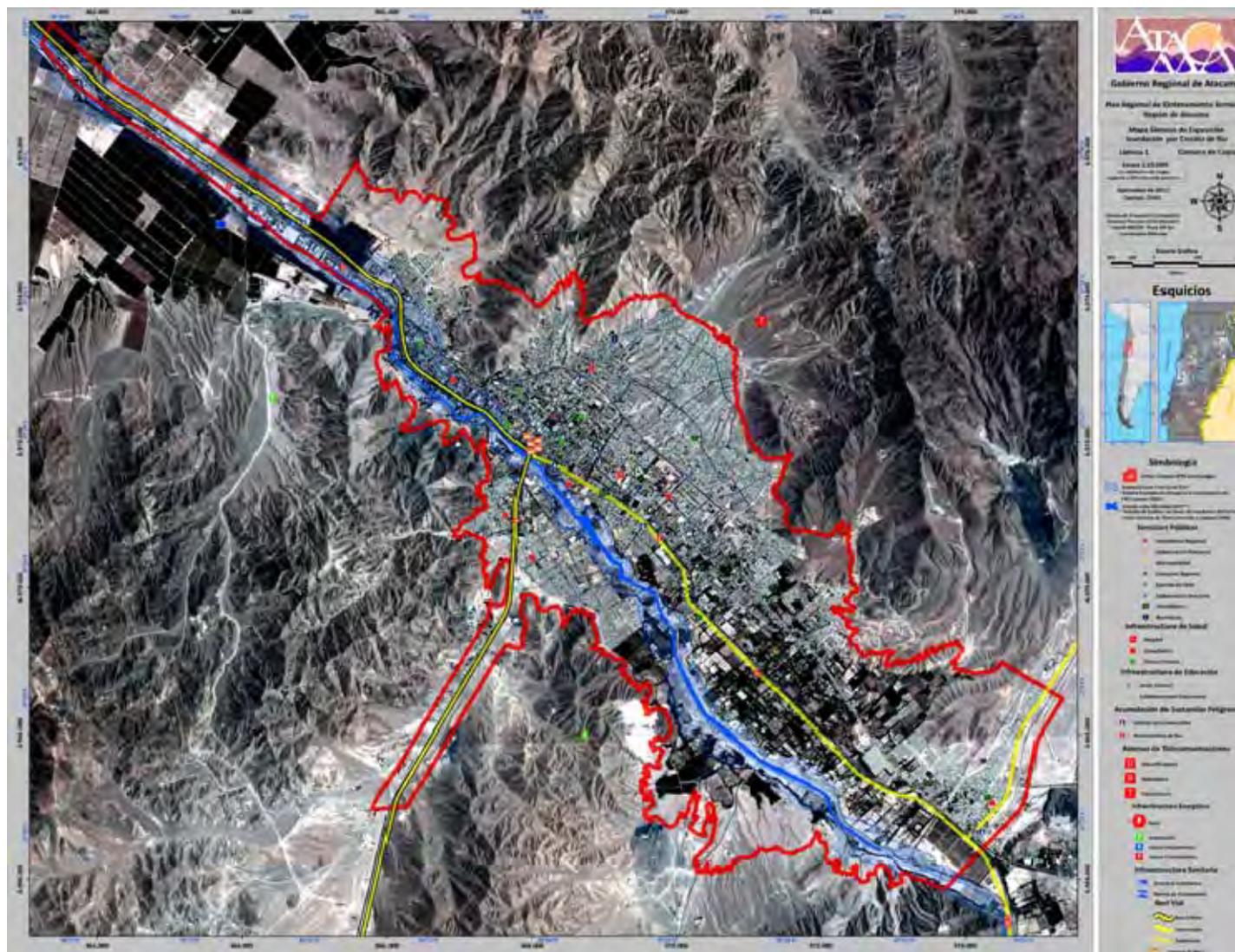
FUENTE: Elaboración propia. Año 2012

### **Análisis de Exposición**

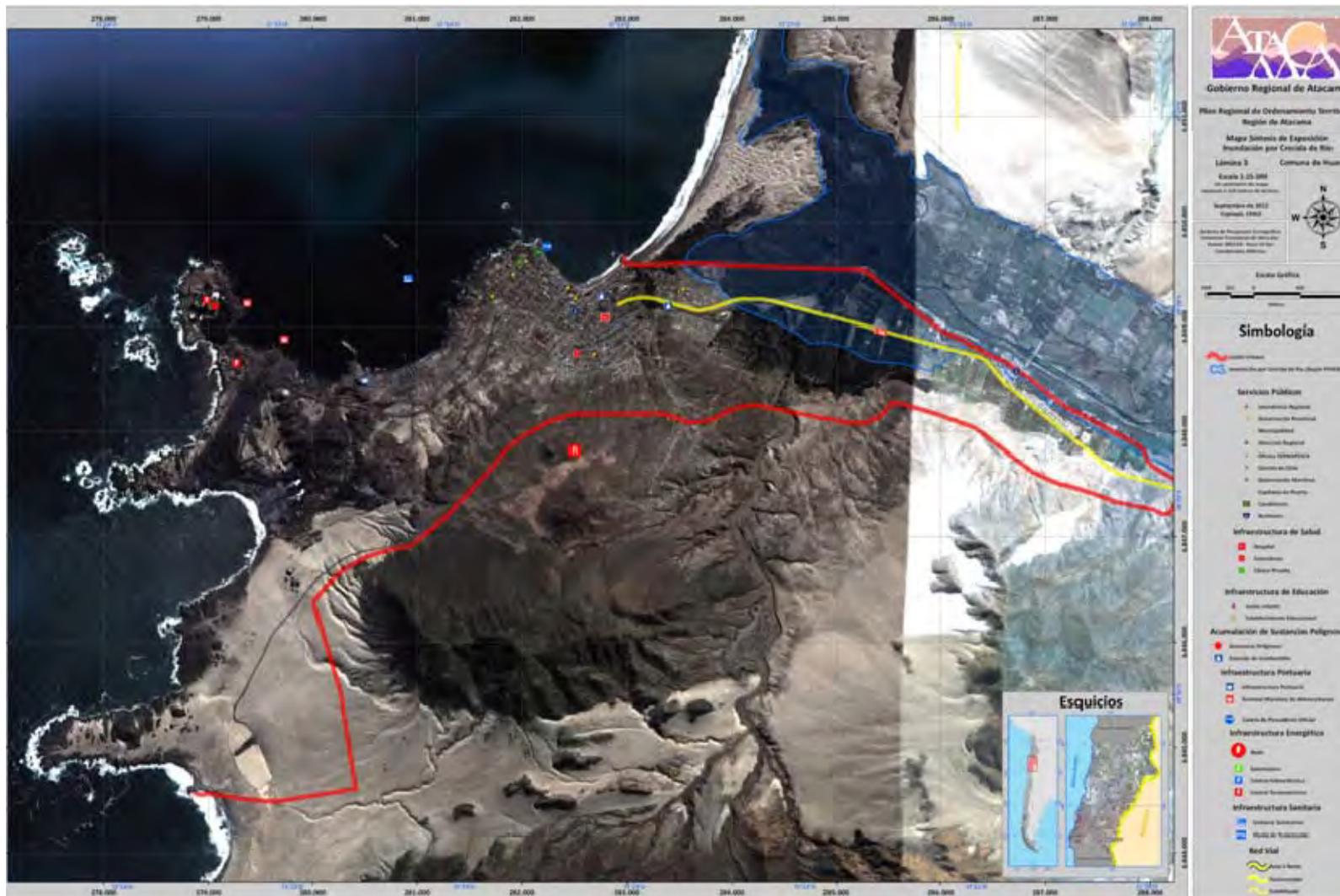
El Análisis de Exposición tiene como base, por una parte, los Sistemas Estratégicos identificados en el Capítulo 4. (Sistemas Estratégicos Regionales), y por otra la priorización de las Amenazas Naturales realizada por los equipos técnicos municipales, saber:

- Exposición Sísmica
  - Terremotos
  - Maremotos (Tsunamis)
  
- Exposición Fenómeno Meteorológico
  - Inundación por crecida de ríos
  - Inestabilidad de Laderas
  - Remoción en Masa (Aludes)

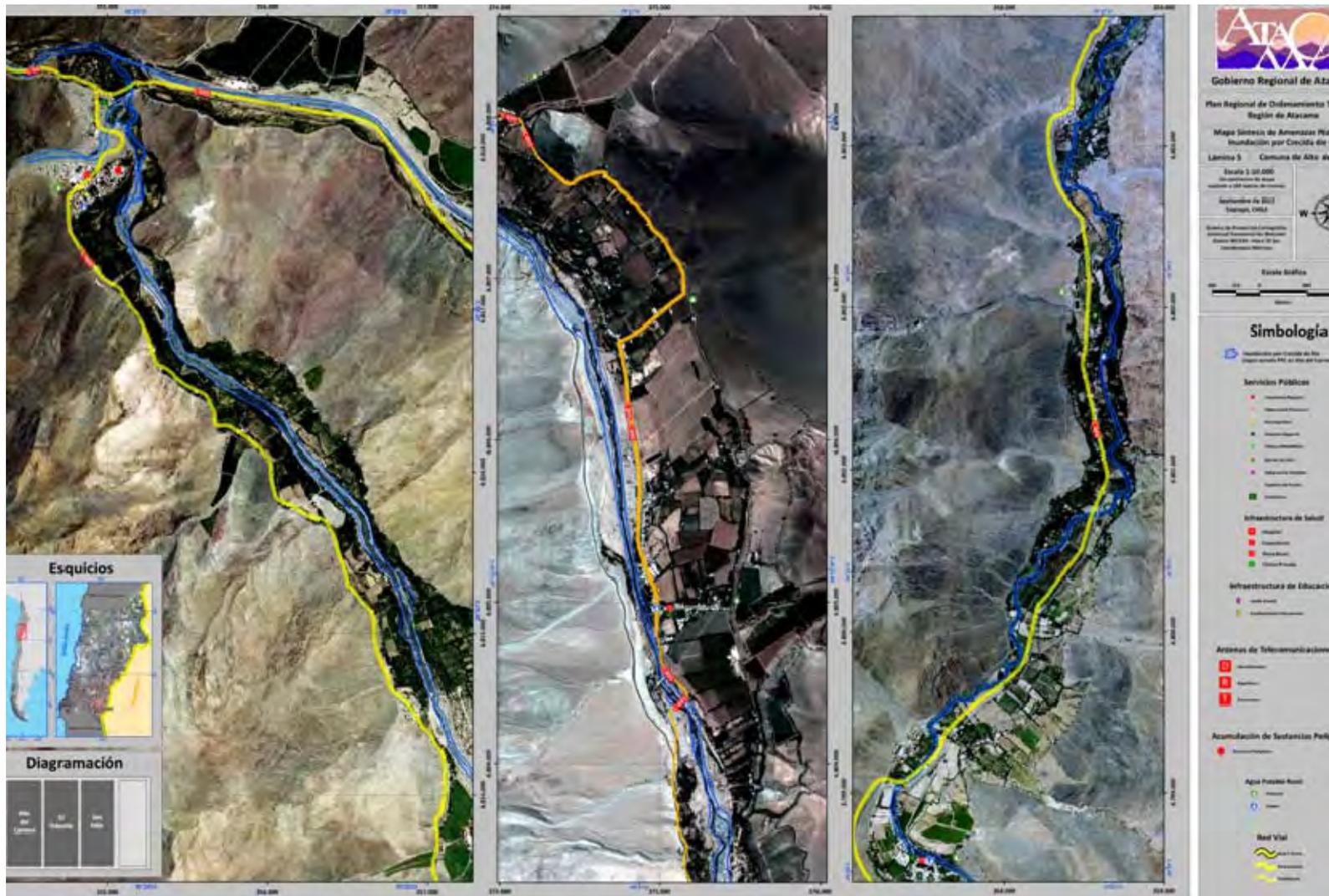
**Mapa Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Ciudad de Copiapó**



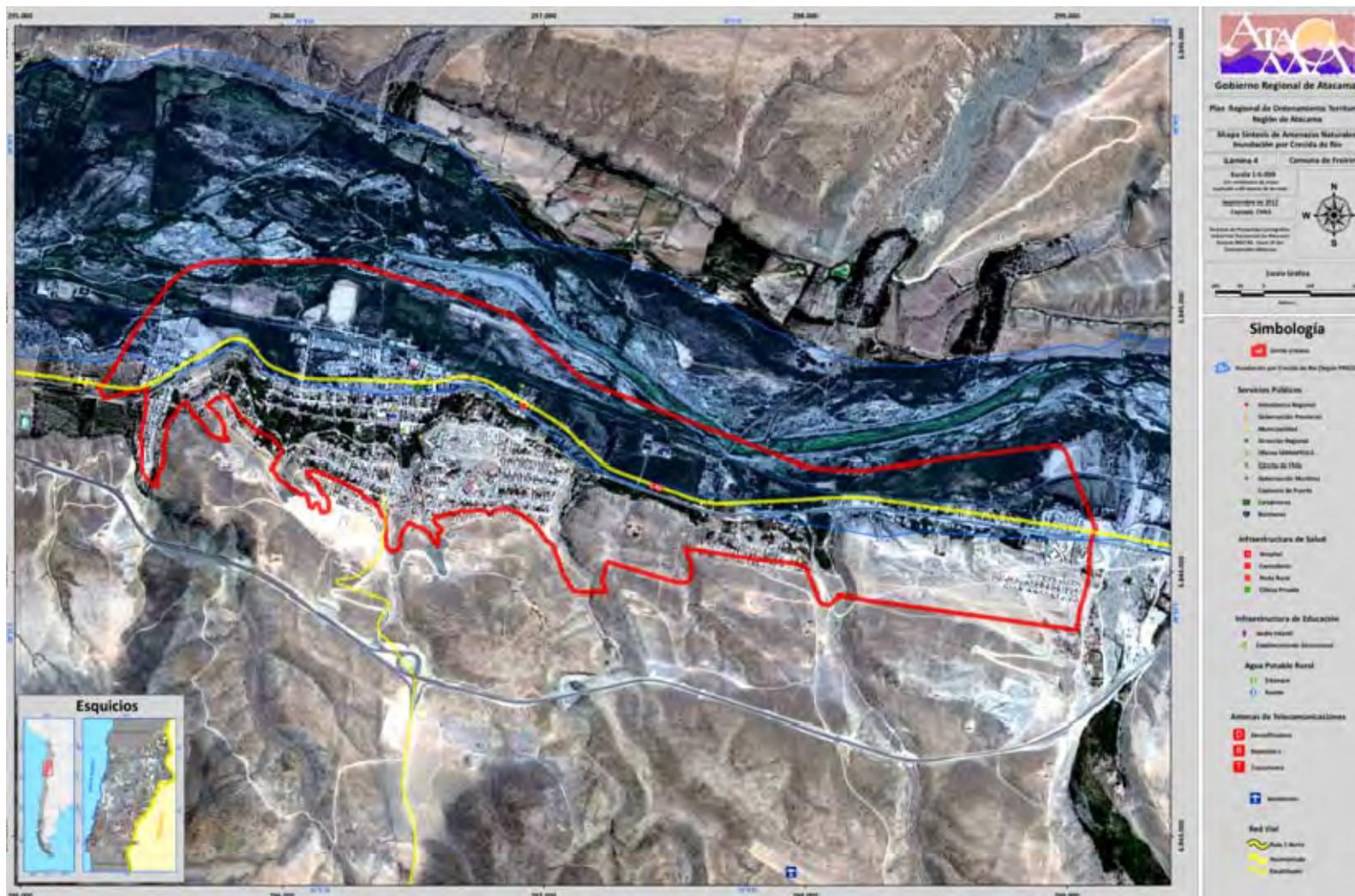
Mapa Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Ciudad de Huasco



Mapa Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Localidades de Alto del Carmen, El Tránsito y San Félix. Comuna Alto del Carmen



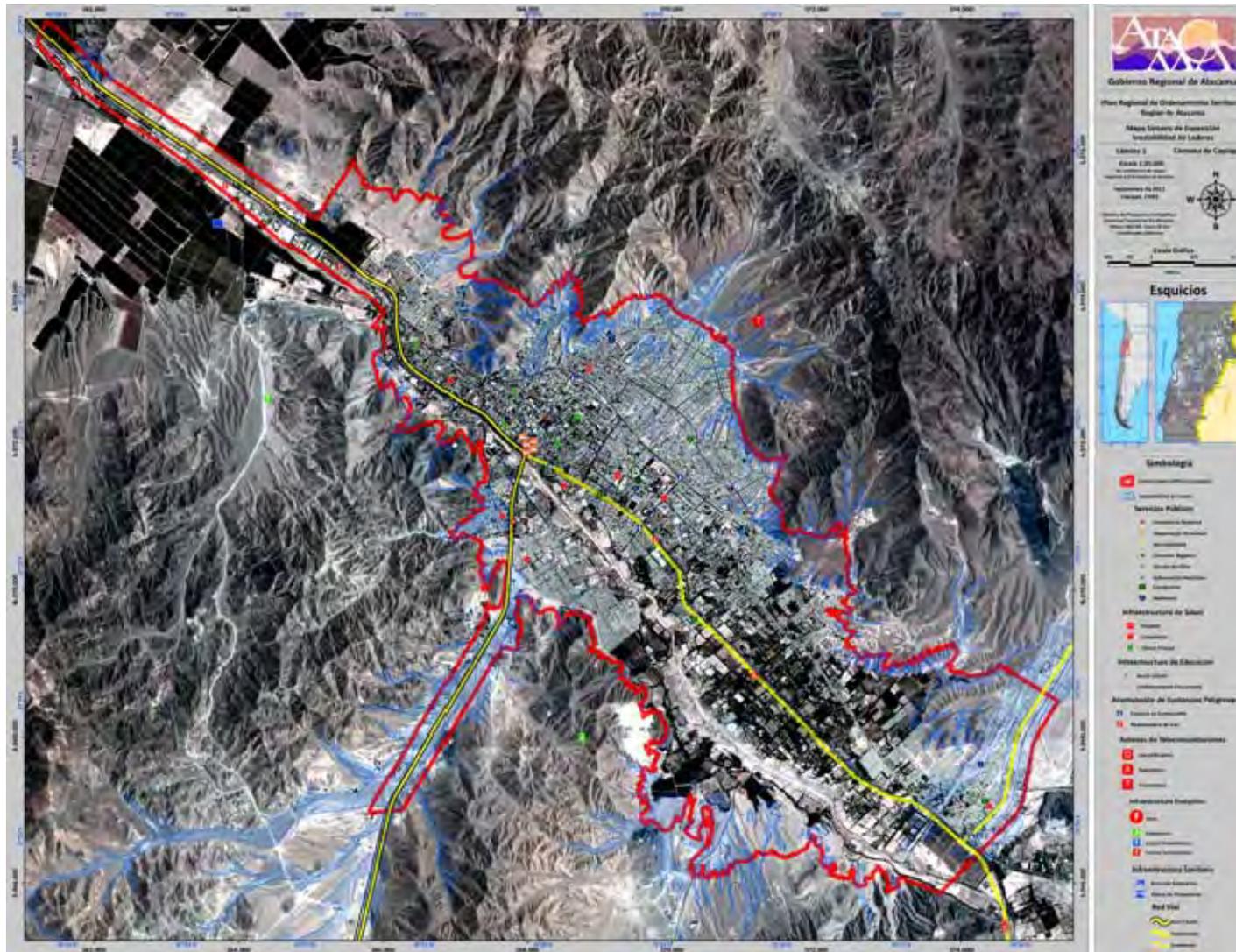
Mapa Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Localidad de Freirina



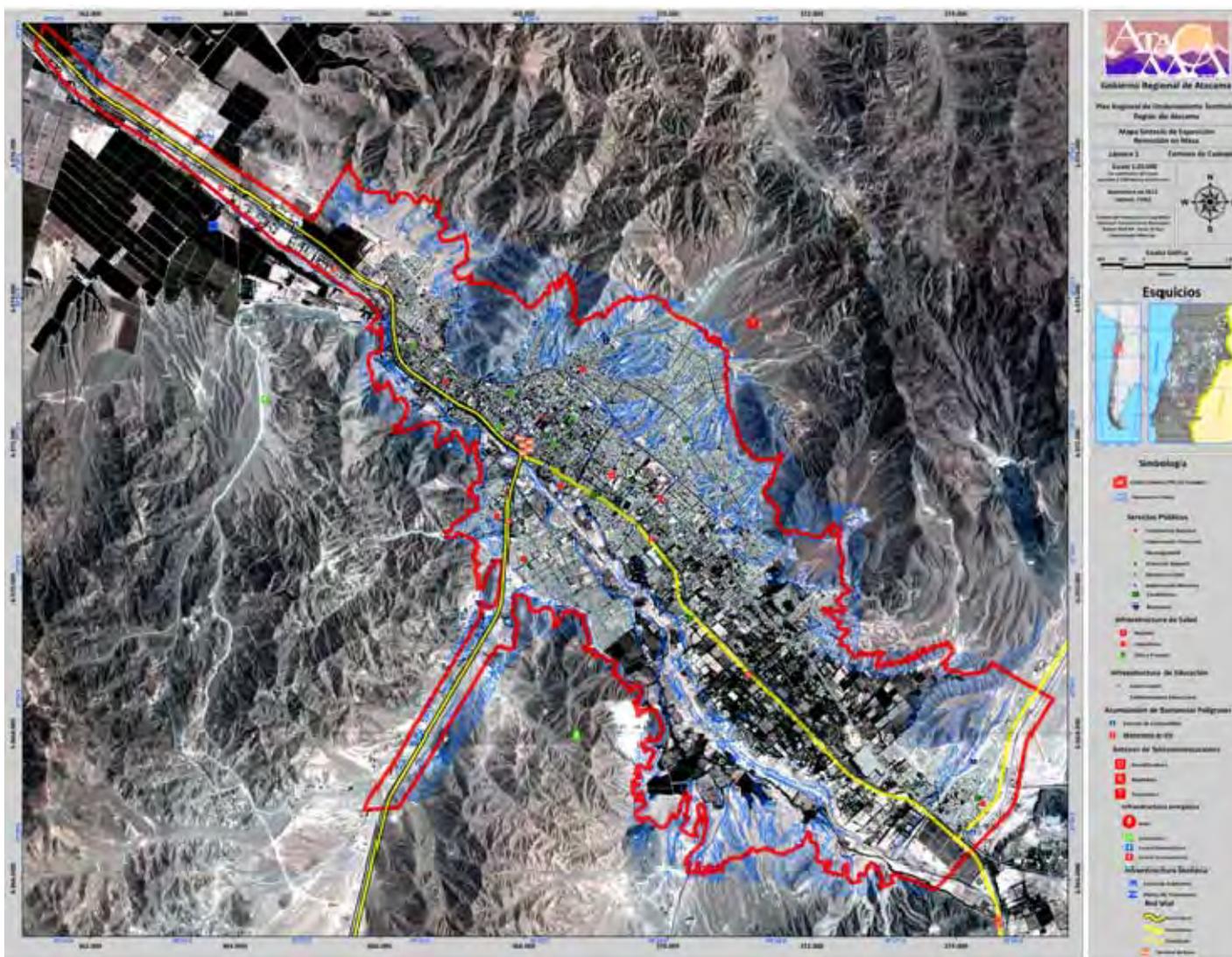
Mapa Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Ciudad de Tierra Amarilla



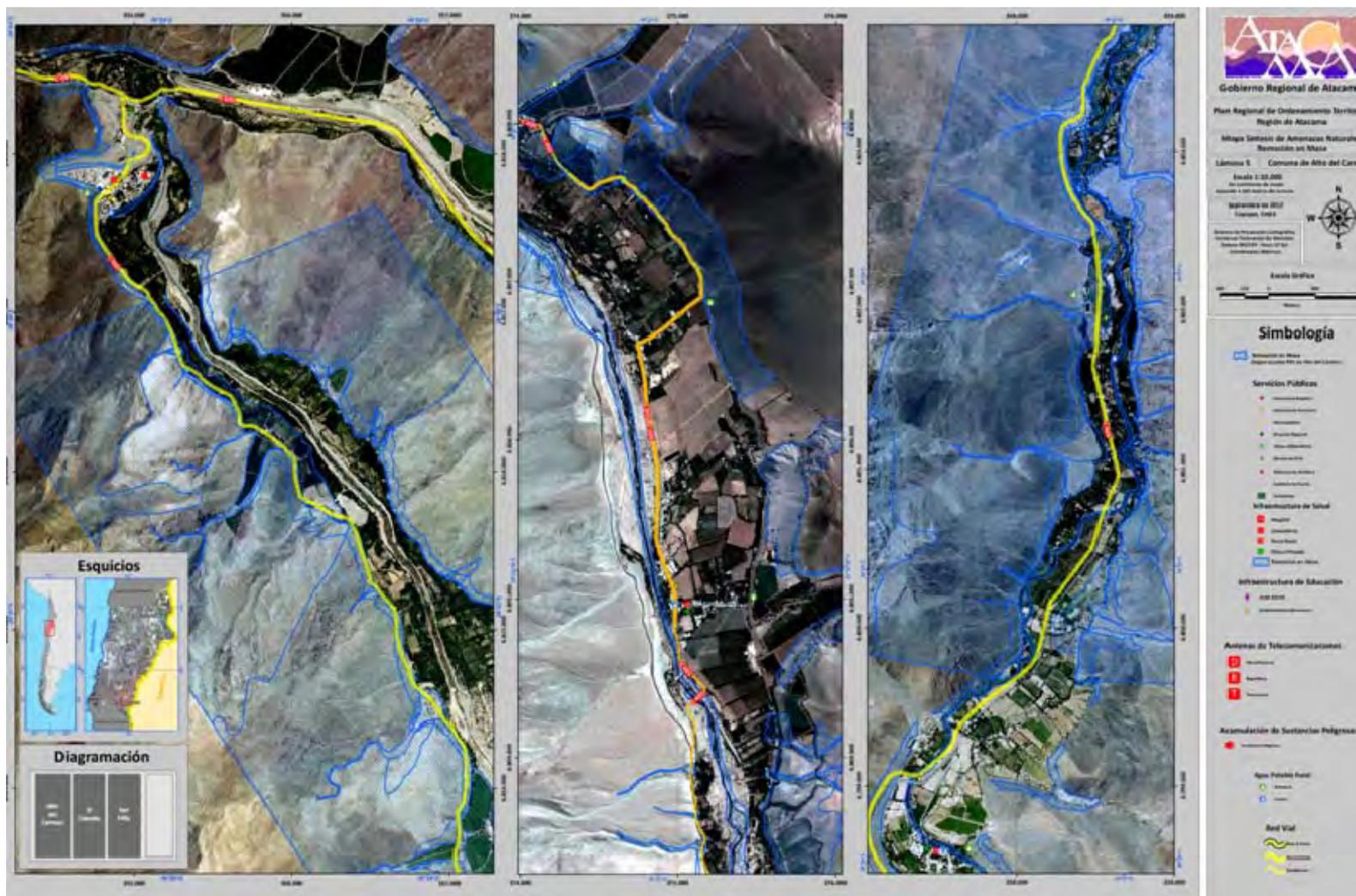
Mapa Exposición Inestabilidad de Laderas Ciudad de Copiapó



Mapa Exposición Remoción en Masa Ciudad de Copiapó



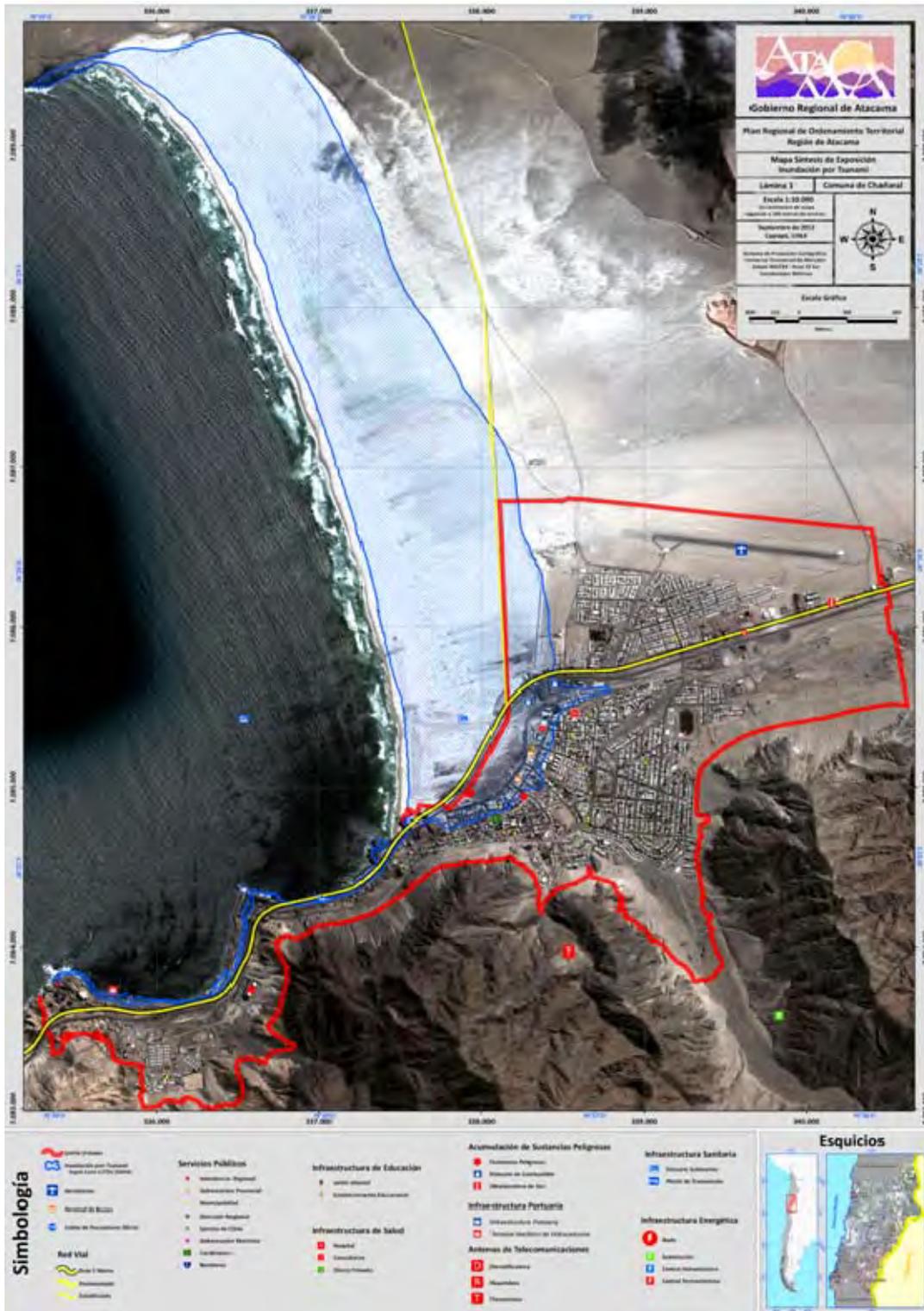
Mapa Exposición Remoción en Masa Localidades de Alto del Carmen, El Tránsito y San Félix. Comuna Alto del Carmen



**Mapa Exposición Remoción en Masa Ciudad de Chañaral**



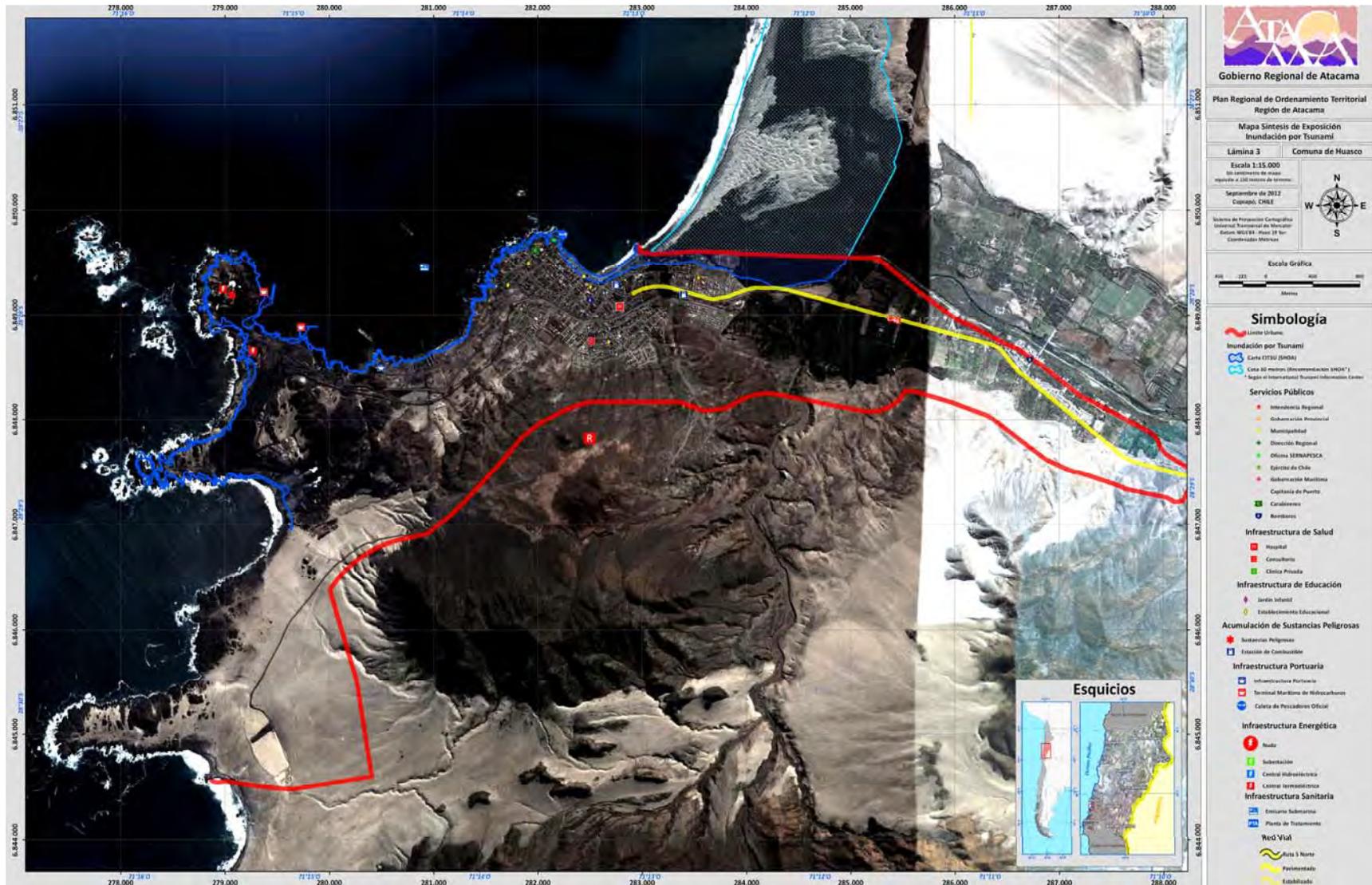
**Mapa Exposición Inundación por Tsunami Ciudad de Chañaral**



**Mapa Exposición Inundación por Tsunami Ciudad de Caldera**



Mapa Exposición Inundación por Tsunami Ciudad de Huasco



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado y visualización del cruce de los mapas de amenazas naturales que afectan al territorio regional con los sistemas estratégicos identificados como tales, entrega el nivel de exposición que experimentan estos últimos respecto a las amenazas que han sido relevadas mediante trabajo de gabinete y validadas por los actores clave de la región. El análisis se realiza según tipo de amenaza, la que a su vez es analizada en relación a los sistemas estratégicos existentes en cada una de las comunas de la región.

Tal como se señaló en el *Capítulo 2. Amenazas Naturales*, no fue posible realizar el análisis de amenazas para todas las comunas de la región; ello debido a que en algunas comunas no existen estudios relativos a aquellas amenazas que han sido relevadas a nivel regional, sea por su mayor ocurrencia y/o impactos sobre la población. De ahí que en las siguientes conclusiones solo se mencionen determinadas comunas, dependiendo aquello de la amenaza de que se trate.

### *i) Amenaza por Remoción en Masa v/s Exposición Sistemas Estratégicos*

Este tipo de amenaza solo fue posible analizarla para el caso de las comunas de Alto del Carmen, Chañaral y Copiapó, más específicamente para cada una de las ciudades cabeceras; ello debido a lo señalado en la introducción.

#### *– Copiapó*

Al observar cómo afecta la amenaza por remoción en masa a la ciudad de Copiapó, se observa que un radio significativo de sus efectos se dan dentro del límite urbano, viéndose más afectada la población emplazada en la zona noreste de la ciudad, cuya característica está dada, por una parte, por el plano de la ciudad donde se sitúan buena parte de las construcciones más antiguas de Copiapó, mezcladas con edificaciones nuevas que se han ido construyendo en los últimos cinco a diez años. Por otra parte está una zona conformada por cerros que circundan el casco urbano antiguo y en los cuales se han ido asentando poblaciones de estratos socioeconómicos medio-bajo a bajo y donde la conformación de la ocupación se ha dado, por general, mediante la toma de terrenos, lo que ha ido generando una construcción más bien precaria en cuanto a los materiales y al emplazamiento mismo de las viviendas. Ello implica una agravante ya que se está en presencia de asentamientos en zonas con pendientes lo que magnifica los efectos de este tipo de amenazas. (Mapa Síntesis de Exposición Remoción en Masa, Comuna de Copiapó)

En cuanto a los sistemas estratégicos que se verían mayormente afectados por este tipo de amenaza, se observa que la mayoría de éstos se concentran en la parte plana de la ciudad, donde los efectos de una remoción en masa no estarían afectando a la mayoría de dichos sistemas, de acuerdo a los estudios que arroja el Plan Regulador Comunal Copiapó. Los sistemas estratégicos que sí estarían expuestos a este tipo de amenaza son de carácter esencial ya que éstos corresponden a jardines infantiles, establecimientos educacionales, carabineros y bomberos. Los mayormente expuestos son los jardines infantiles, ya que tres de éstos se sitúan dentro del área afectada por la remoción en masa, mientras seis se emplazan en zonas límite de este tipo de amenaza. En el caso de los establecimientos educacionales, se observa que dos de ellos se emplazan dentro del área afectada, mientras cuatro se sitúan en la zona límite. En menor medida se verían

afectados la infraestructura de carabineros y bomberos, ya que tres éstos se emplazan en la zona límite de este tipo amenaza (dos carabineros y uno bomberos).

– *Alto del Carmen*

Respecto a la comuna de Alto del Carmen, este tipo de amenaza se analiza para los tres centros poblados que concentran el mayor número de población, siendo éstos Alto del Carmen (cabecera comunal), El Tránsito y San Félix. En el caso de la cabecera comunal se observa que la población se encuentra emplazada en las partes altas, por lo cual se minimizan los eventuales impactos; sin embargo, la población asentada en la zona noroeste sería eventualmente la más afectada en caso de ocurrencia de una remoción en masa. En cuanto a los impactos que podrían producir un evento de estas características sobre los sistemas estratégicos se tiene que buena parte de éstos no se verían afectados dado que su emplazamiento se sitúa, al igual que la población, en la parte alta de la localidad; sin embargo, se observa de manera preocupante que el sistema de Agua Potable Rural (APR) sería el más expuesto debido a que tanto el estanque de APR como la fuente de captación se sitúan en la zona noroeste de la localidad, es decir en la parte más crítica frente a este tipo de amenaza, con el agravante que en el caso del estanque de agua, de ser éste afectado, se podría producir un doble impacto ya que la población quedaría sin suministro de agua potable. (Mapa Síntesis de Exposición Remoción en Masa, Comuna Alto del Carmen)

En el caso de las localidades de El Tránsito y San Félix, se observa que la población se emplaza, al igual que la localidad de Alto del Carmen, en las partes altas, por lo cual quedan a resguardo frente a este tipo de amenaza, lo que no significa que éstas afecten no afecten a las principales vías de acceso, como lo son las rutas C-495 y C-489. Efectivamente, en caso de ocurrencia de una remoción en masa estas redes viales de carácter estratégico se verían directamente afectadas en varios tramos, lo que implica el corte de caminos quedando la población eventualmente aislada. En cuanto a los sistemas estratégicos, se observa que en el caso de El Tránsito ninguno de éstos se vería directamente afectado por este tipo de amenaza, sin embargo se debe relevar que dos estanques de APR situados en pequeños poblados ubicados al norte de esta localidad se encuentran dentro de la zona de riesgo por ocurrencia de una remoción en masa. Lo mismo sucede con un pequeño poblado situado al norte de la localidad de San Félix, ya que tanto un estanque de APR como un establecimiento educacional se encuentran emplazados en la zona directamente afectada por un evento de estas características. En San Félix mismo se observa que de los cinco sistemas estratégicos identificados dos de ellos se sitúan dentro de la zona que sería afectada directamente por este tipo de amenaza natural, correspondiendo ambos a sistemas esenciales como lo son la infraestructura educacional y de Carabineros, mientras que los restantes tres están en el límite de dicha zona (posta, estanque y captación APR). En suma, en ambas localidades la infraestructura estratégica directamente afectada corresponde principalmente a sistemas de carácter esencial y a redes estratégicas vitales.

– *Chañaral*

En la comuna Chañaral este tipo de amenaza afecta directamente la zona noreste de la ciudad, específicamente a parte de la Población Aeropuerto y la Ruta 5 Norte, que conecta a la región y al país con las regiones situadas al norte de Atacama, siendo también afectado parte del aeródromo de Chañaral, así como una distribuidora de Gas Licuado. Son por tanto los sistemas de carácter esencial y las redes estratégicas de

transporte las principalmente afectadas (Mapa Síntesis de Exposición Remoción en Masa, Comuna de Chañaral).

ii) Amenaza por Tsunami v/s Exposición Sistemas Estratégicos

Tal como se señala en el Informe, los tsunamis ocurridos en el litoral de Atacama han sido generados por terremotos interplaca como consecuencia de la tensión acumulada en la zona de subducción, donde convergen la placa de Nazca y la Sudamericana, por lo tanto sus focos generadores se localizan próximos a la línea de costa, cercanos a las localidades de Chañaral, Caldera, Carrizal Bajo y Huasco. Utilizando los registros históricos y una simulación numérica a través de la batimetría, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1998) determinó la cota de inundación por tsunami para las bahías de Chañaral, Caldera y Huasco, simulando un terremoto similar al ocurrido en 1922. En razón a lo expuesto, el análisis de amenaza por tsunami se realizará en función de estas tres localidades.

– *Chañaral*

En el caso de Chañaral se observa que la línea de máxima inundación afectaría la zona centro y suroeste de la ciudad, en la cual se encuentra asentada un número no menor de población así como a infraestructura estratégica. Dentro de los sistemas estratégicos que se verían mayormente afectados está la Ruta 5 Norte, siendo ésta la red estratégica de transporte más relevante no solo de la región sino del país ya que, tal como se ha señalado anteriormente, es la vía que conecta a la región y al resto del país con las regiones situadas al norte de Atacama. Dependiendo de la intensidad del evento podría incluso significar un corte de esta ruta, lo que podría generar un insospechado impacto ya que, según se observa en el Mapa Síntesis de Exposición Inundación por Tsunami, Comuna de Chañaral, gran parte de la vía que cruza la ciudad queda bajo la línea de máxima inundación. Otra red de transporte que se vería afectada es la ruta que conecta a Chañaral con el Parque Nacional Pan de Azúcar, quedando bajo de la línea de inundación parte importante del primer tramo de esta red vial.

Otros sistemas estratégicos que se serían directamente afectados por este tipo de amenaza corresponden a los sistemas con alto potencial de daño y sistemas esenciales, así como redes estratégicas de transporte y redes vitales, dado que se sitúan por debajo de la línea de inundación. Dentro de los primeros están el Terminal Marítimo de Hidrocarburos Petrolero de Codelco y dos Estaciones de Servicio de Combustibles; en el caso de los sistemas esenciales están un Consultorio de Salud, el Cuerpo de Bomberos, un Colegio, y parte de la infraestructura municipal; entre la red de transporte de carácter estratégico se encuentra el Puerto de Chañaral<sup>72</sup> y dos Terminales de Buses Interurbanos; y dentro de la red de carácter vital está un Emisario. Cabe consignar que bajo esta línea de inundación se encuentra localizada la Caleta de Pescadores de Chañaral.

Aquellos sistemas que se sitúan en la zona límite de la línea máxima de inundación se encuentran, por una parte, las instalaciones estratégicas con alto potencial de daño como lo son tres estanques de ácido sulfúrico pertenecientes a Codelco Chile, División Mantoverde, y por otra un sistema esencial (Carabineros). Cercano a esta zona límite también se encuentra emplazado un sistema de carácter esencial como lo es el Hospital de Chañaral, el que corresponde a un establecimiento Tipo 4 (con menos de 100 camas de dotación).

---

<sup>72</sup> Terminal Marítimo de Ácido Sulfúrico de Barquitos.

– *Caldera*

Respecto a la ciudad de Caldera, se observa que las zonas afectadas por amenaza de tsunami, es decir las viviendas e infraestructura que se encuentran emplazadas bajo la línea máxima de inundación, es en términos generales menor en cantidad respecto de las afectadas en la ciudad de Chañaral. En el caso de las viviendas éstas corresponden principalmente a aquellas localizadas en la primera fila del borde costero, es decir aquellas situadas en la zona noroeste del litoral de la ciudad. Respecto de la infraestructura estratégica se observa que actualmente solo tres de éstas se emplazan bajo la línea de inundación, presentando un alto potencial de daño como lo es el Terminal Marítimo de Hidrocarburos Sistemas<sup>73</sup>; una de carácter vital como es el Emisario; y finalmente dos clasificadas como redes estratégicas de transporte y que corresponden al Terminal Marítimo Pesquero<sup>74</sup>, y al Muelle Punta Caleta<sup>75</sup> (Mapa Síntesis de Exposición Inundación por Tsunami, Comuna de Copiapó).

En el límite mismo de la línea de máxima inundación se encuentran dos sistemas esenciales como lo son la Gobernación Marítima y un establecimiento educacional. Finalmente, próximo al límite de la línea de máxima inundación se encuentran la oficina regional del Servicio Nacional de Pesca e infraestructura con un alto potencial de daño como lo son los tanques de almacenamiento dependientes del Terminal Marítimo de Hidrocarburos de la Planta COPEC.

– *Huasco*

En el caso de la ciudad de Huasco, se observa una mayor exposición de viviendas e infraestructura estratégica frente a este tipo de amenaza que aquella que afectaría a las ciudades de Chañaral y Caldera. Efectivamente, se tiene que las zonas afectadas por amenaza de tsunami –considerando para tal efecto a las viviendas e infraestructura emplazadas bajo la línea de máxima inundación– corresponden mayormente a zonas donde se emplaza infraestructura de carácter estratégico con alto potencial de daño, infraestructura de carácter vital y redes de transporte estratégicas, lo que en el caso de aquellas con alto potencial de daño éstas podrían agravar los impactos sobre la población, ya que sumado a los efectos que produce la amenaza de tsunami –la que de por sí es destructora– están los impactos que pudiesen generarse a partir de la destrucción de sistemas que disponen de sustancias tóxicas y/o peligrosas para el ser humano.

Efectivamente, bajo la línea de inundación se encuentran emplazados dos Terminales Marítimos de Hidrocarburos (Terminal Guacolda I y Guacolda II)<sup>76</sup>, la Central Termoeléctrica Guacolda<sup>77</sup>, un Emisario Submarino, y parte de la Ruta C-46, la cual conecta a Huasco con el resto de la región. (Mapa Síntesis de Exposición Inundación por Tsunami, Comuna de Huasco).

Es importante señalar que el Humedal Río Huasco queda bajo la línea de máxima inundación, constituyendo éste uno de los pocos humedales costeros del norte de Chile, siendo un sitio de importancia para la avifauna a nivel regional, en términos de su

---

<sup>73</sup> Terminal Planta COPEC Compañía de Petróleos de Chile

<sup>74</sup> Pesquera Bahía Caldera S.A.

<sup>75</sup> Empresa de Servicios Portuarios del Pacífico Ltda.

<sup>76</sup> Empresa Eléctrica Guacolda S.A., y Cía. Minera del Pacífico S.A.

<sup>77</sup> Cuenta con 4 unidades de generación, con una potencia neta total de 563,6 MW, utilizando como combustible Carbón y *Petcoke*

abundancia y diversidad. En él se han registrado más de cien especies entre las que destacan taguas, garzas, gaviotas, patos, y ocasionalmente flamencos y cisnes de cuello negro. También en este humedal residen numerosas especies de aves acuáticas migratorias. Es una zona de alta productividad marina y de reproducción y reclutamiento de vertebrados marinos.

En el límite mismo de la línea máxima de inundación se encuentra infraestructura correspondiente a red estratégica de transporte como lo es el Puerto Las Losas, correspondiendo a un muelle multipropósito con dos sitios de atraque, uno para la descarga de graneles y otro para embarque<sup>78</sup>; infraestructura de carácter esencial como lo son la dirección regional del Servicio Nacional de Pesca y el Edificio Municipal; y por último, nuevamente parte de la Ruta C-46.

Respecto a la infraestructura situada próxima a la línea máxima de inundación –cuyo impacto y penetración en el continente dependerá del grado que alcance el sismo que origine el tsunami y la distancia y profundidad del epicentro– se tiene nuevamente el emplazamiento de infraestructura de carácter estratégica con alto potencial de daño, como lo son los sistemas de combustibles y sustancias peligrosas y que corresponde a la Planta de Ácido Sulfúrico de la Termoeléctrica Guacolda y una Estación Bencinera; infraestructura de carácter vital, como lo es la Central Termoeléctrica Huasco TG, de Endesa S.A.<sup>79</sup>; y finalmente infraestructura de carácter esencial como lo son Carabineros, Capitanía de Puerto y Jardines Infantiles.

*iii) Inundación por Crecida de Ríos v/s Exposición Sistemas Estratégicos.*

En cuanto a la amenaza de crecida de ríos, es importante señalar que no existe información para todas las áreas posibles de ser afectadas, especialmente en la comuna de Vallenar. Se detecta entonces la importancia de generar esta información. De acuerdo a los datos georreferenciados el presente análisis de exposición se realiza respecto de cinco ciudades, todas ellas cabeceras comunales.

– Copiapó

En relación a la ciudad de Copiapó, se acuerdo a la información que arroja el estudio del MOP (año 2002)<sup>80</sup> y el Plan Regulador Comunal de Copiapó (Año 2011)<sup>81</sup>, se observa que según la línea de inundación cuya ocurrencia es de 100 años no afectaría a la infraestructura estratégica existente en la ciudad; en cambio, al considerar la zona de inundación establecida a partir del PRC de Copiapó (ocurrencia mayor a 100 años), la parte baja de la ciudad de Copiapó, específicamente la zona noroeste del sector entre puentes, sería afectada por una eventual inundación por crecida de ríos, siendo la infraestructura estratégica directamente impactada aquellas de carácter esencial como lo son el Centro de Salud Familiar Juan Martínez, siete Establecimientos Educativos, dos

---

<sup>78</sup> Sitio de atraque (1): estará destinado a la descarga de graneles sólidos, harinas y harinillas; Sitio de atraque (2): embarque de contenedores refrigerados. La descarga de los granos, harinas y harinillas se hace a través de una cinta transportadora hacia 3 silos que se ubican en tierra al costado norte del muelle. Los graneles consignados a la Compañía Minera del Pacífico (CMP) van a una cancha de acopio ubicada frente al muelle aproximadamente a 400 metros.

<sup>79</sup> Cuenta con 3 unidades de generación, con una potencia neta total de 58 MW, utilizando como combustible Petróleo o Diesel.

<sup>80</sup> "Análisis de zona de inundación del Río Copiapó en comunas de Tierra Amarilla y Copiapó, III Región", MOP 2002. En términos generales se establece una línea de inundación por crecida de ríos de 100 años.

<sup>81</sup> Estudio Fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador Comunal de Copiapó, 2011. Este estudio incorpora a la información entregada por el MOP, el estudio Peligros Naturales en Geositos e Interés Patrimonial en la Costa Sur de Atacama, efectuado por Castro en el año 2010. Esta última zona de inundación tiene un periodo de ocurrencia mayor a 100 años (milenario), por lo que la probabilidad de que ocurra un evento que involucre esta área de inundación es bajísima.

Jardines Infantiles y una Tenencia de Carabineros, además de dos sistemas con alto potencial de daño como lo son dos Estaciones de Servicio de Combustibles (COPEC y Petrobras). (Mapa Síntesis de Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Comuna de Copiapó).

– *Tierra Amarilla*

En el caso de la ciudad de Tierra Amarilla, de acuerdo a los datos entregados por el MOP (Año 2002), este tipo de amenaza natural no afectaría a la población de la localidad de Tierra Amarilla dado que antes de que el río Copiapó fue canalizado antes de que éste ingrese a la ciudad, por lo que no existe infraestructura estratégica que se vea amenazada por este tipo de amenaza.

– *Huasco*

La ciudad de Huasco frente a este tipo de amenaza natural solo sería afectada parte de la Ruta C-46, red vial de carácter estratégico ya que conecta a Huasco con el resto de la región. (Mapa Síntesis Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Comuna de Huasco), lo que eventualmente puede provocar el aislamiento de esta ciudad.

– *Freirina*

Respecto a la ciudad de Freirina, se observa que la mayoría de la infraestructura de carácter esencial sería afectada, correspondiendo ésta al edificio Municipal, Consultorio, Carabineros y Bomberos, ya que todas ellas se encuentra bajo la línea de inundación. También se vería afectada la Ruta C-46, la que, tal como se señaló anteriormente, tiene un carácter estratégico dado que conecta a esta ciudad no solo con Huasco sino con el resto de la región. (Mapa Síntesis Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Comuna de Freirina).

– *Alto del Carmen*

En relación a la comuna de Alto del Carmen, específicamente las localidades de Alto del Carmen, El Tránsito y San Félix, se observa que esta amenaza afectaría principalmente la red vial cuyo carácter es estratégico, dado que a través de éstas se conectan entre sí todas estas las localidades, además de ser el nexo con el resto de la región. También se verían afectados los puentes de acceso a las localidades de El Tránsito y San Félix, lo que sumado a los impactos que sufriría la red vial produciría un aislamiento mayor de la población de estas localidades (Mapa Síntesis Exposición Inundación por Crecida de Ríos, Comuna de Alto del Carmen).

*iv) Inestabilidad de Laderas v/s Exposición Sistemas Estratégicos.*

De acuerdo al Plan Regulador de Copiapó (2011)<sup>82</sup>, las zonas susceptibles de ser afectadas por deslizamientos o caída de material rocoso están principalmente asociadas a los cerros que rodean el valle así como a las abruptas laderas generadas en los depósitos semi-consolidados del área de estudio producto de la incisión. En general, la zona de mayor exposición respecto a este tipo de amenaza es la población El Rosario y la infraestructura estratégica de carácter esencial como lo es el Consultorio de Salud, ya que un sismo de alta intensidad podría provocar desprendimientos de rocas de un volumen importante que probablemente afectarían dichas las instalaciones y con ello a la población beneficiaria.

---

<sup>82</sup> Estudio Fundado de Riesgo de la Actualización del Plan Regulador Comunal de Copiapó, 2011.

También se vería afectado el sector de Quebrada de Paipote, ya que presenta una importante zona de deslizamientos de rocas dado las pendientes existentes en el área. Sin embargo, la población no se vería afectada por un evento de estas características.

### **En Suma**

Lamentablemente, al momento de realizar el presente estudio no se contó con información de suma relevancia para todas las comunas de la región; ello dado que no se han realizado los respectivos estudios que den cuenta de cómo determinadas amenazas naturales afectarían tanto a la población como a los sistemas estratégicos, lo que permitiría establecer los niveles de exposición de los principales centros poblados de la región.

Ejemplo de lo anterior es que actualmente no se dispone de estudios relativos a la amenaza de inundación por crecida de ríos para la comuna de Vallenar, siendo ésta la segunda ciudad que concentra el mayor número de habitantes de la Atacama; así tampoco se cuenta con estudios relativos a la amenaza por remoción en masa para las comunas de Vallenar, Tierra Amarilla y Freirina; ni tampoco de estudios específicos por amenaza de inundación por tsunami para las localidades de Flamenco-Portofino, Loreto-Rodillo, Bahía Calderilla, Bahía Inglesa, Carrizal Bajo y Chañaral de Aceituno.

Carecer, por ejemplo, de estudios relativos a la amenaza natural de inundación por tsunami es a lo menos preocupante ya que durante el análisis de exposición se constata que este tipo de amenazas es tal vez una de las que generaría un mayor impacto, dado que en el borde costero regional se emplazan tres ciudades costeras, en las que además de la población se emplazan diversa infraestructura estratégica, entre los tres principales puertos de la región.

Llama la atención el caso de Huasco –lo que no significa que no sea relevante Chañaral y Caldera– ya que en esta ciudad se mezclan las instalaciones de carácter estratégico con alto potencial de daño con aquella infraestructura de carácter vital y con redes de transporte estratégicas, quedando varias de ellas bajo la línea de inundación por tsunami. Tal como lo muestran experiencias recientes en nuestro país, este tipo de infraestructura emplazada en zonas de alta exposición frente a este tipo de amenaza viene a generar un doble impacto sobre la población residente y sobre sistemas estratégicos de carácter esencial (hospitales, escuelas, entre otros) así como sobre redes de viales estratégicas. Efectivamente, no solo están los impactos que produce un evento de esta magnitud, sino que asociado al mismo se generan otros impactos que en algunos casos tienen consecuencias catastróficas sobre las vidas de las personas, además de limitar seriamente las acciones y respuestas posteriores ante la emergencia (corte de caminos y con ello aislamiento, graves riesgos de contaminación por sustancias peligrosas, corte de suministro eléctrico, entre otros impactos).

De ahí la relevancia, y tal vez urgencia, que las autoridades regionales con competencia en estos temas como en la planificación y ordenamiento territorial, así como aquellos organismos responsables de la coordinación de situaciones emergencia derivadas catástrofes, sismos o calamidades públicas, aborden a la brevedad los estudios señalados, a fin de poder establecer no solo las áreas de exposición sino los niveles de vulnerabilidad para los distintos centros poblados de la región de Atacama.

### Recomendaciones

- (1) Realizar estudios que permitan establecer las siguientes amenazas naturales: Inundación por Crecida de Ríos para la comuna de Vallenar; Remoción en Masa para las comunas de Vallenar, Tierra Amarilla y Freirina; Inundación por Tsunami para las localidades de Flamenco-Portofino, Loreto-Rodillo, Bahía Calderilla, Bahía Inglesa, Carrizal Bajo y Chañaral de Aceituno; Inestabilidad de Laderas para las comunas de Tierra Amarilla, Chañaral y Alto del Carmen.
- (2) Realizar estudios de Licuefacción para las comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Caldera.
- (3) Efectuar un estudio detallado de las máximas alturas de inundación en el Río Huasco y determinar el estado actual de la infraestructura de regadío (embalses) frente a un determinado riesgo (p. Ej., Crecida de Ríos y Sismos).
- (4) Disponer de toda la infraestructura pública de carácter estratégico georreferenciada (p. Ej., infraestructura de riego, pasos fronterizos, entre otra), a fin de que se pueda incorporar a los Mapas de Amenaza.
- (5) En la Provincia de Chañaral realizar estudios que establezcan la escorrentía del Río Salado, a fin de determinar las posibles zonas de inundación para las comunas de Diego de Almagro y Chañaral.
- (6) Incorporar toda la información georreferenciada de las respectivas conexiones de los Sistemas de Agua Potable Rural.
- (7) Realizar un estudio sobre Vulnerabilidad para la Edificaciones e Infraestructura Pública a nivel regional.
- (8) Realizar un estudio sobre los Riesgos de Origen Antrópico y su impacto en la población aledaña (p. Ej., Relaves Mineros, Extracción de Áridos).