



UNIVERSIDAD DE CHILE



Fondecyt
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO COMPARATIVO DE SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGOS: VILLA CONSTANCIA NUEVA 2, RENÉ SCHNEIDER II Y LOS ARENALES, CIUDAD DE ANTOFAGASTA

Proyecto Fondecyt Regular N°1171722
Geografías de acceso a la vivienda para inmigrantes latinoamericanos y del Caribe:
Explorando nuevos fenómenos socio-espaciales en ciudades del norte de Chile

Dra. Yasna Contreras, Investigadora Responsable del Fondecyt 1171722

Beatriz Seguel, Geógrafa, Coordinadora Fondecyt

Misael Cabello, Geógrafo, Elaboración de Estudio de Riesgos

29 de diciembre 2019

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	METODOLOGÍA.....	3
2.1.	METODOLOGÍA DE CAPTURA DE DATOS Y DIAGNÓSTICO	3
2.2.	METODOLOGÍA DE SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	4
3.	RESULTADOS	7
3.1.	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA.....	7
3.2.	AMENAZA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMINOS Y DESPRENDIMIENTO	8
3.3.	AMENAZAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE FLUJOS DE BARRO Y DETRITOS	16
3.4.	DEFINIENDO LAS REMOCIONES EN MASA.....	23
4.	SUGERENCIAS.....	26
4.1.	EDUCARSE EN TORNO A LOS MÚLTIPLES RIESGOS DE DESASTRES EN LA CIUDAD Y SUS ESPACIOS DE HÁBITAT	26
4.2.	TRABAJO COMUNITARIO CONSTANTE.....	27
5.	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	27
6.	ANEXOS	28

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento compone un informe técnico de estudio de riesgos para tres asentamientos de la ciudad de Antofagasta: Villa Constancia Nueva 2, Los Arenales y René Schneider II. Su elaboración fue originada desde el trabajo junto a los vecinos de Villa Constancia Nueva 2, proceso iniciado en el año 2018, donde se han realizado numerosas visitas a terreno, entrevistas en profundidad y cuatro talleres de discusión y capacitación. Si bien su elaboración no responde a los objetivos del Fondecyt Regular 1171722, como equipo interesa apoyar a las comunidades más discriminadas y racializadas que luchan por el acceso al suelo y la vivienda en una de las ciudades más ricas y más desiguales de Chile.

En general el lugar de emplazamiento de los asentamientos estudiados, específicamente la zona occidental destaca por una alta y pronunciada ladera. El principal riesgo que caracteriza a la ciudad y que afecta a las comunidades es de dos tipos (a) riesgo de desprendimiento y deslizamiento de tierras, rocas, entre otros y (b), riesgo de flujo y detritos, más conocidos como aluviones. Si bien se reconoce una presencia transversal de estas amenazas a nivel de ciudad, el impacto de un potencial desastre varía según cada sector, en tanto, cada espacio presenta características geológicas y geomorfológicas particulares. Lo anterior, exige que la autoridad diferencie los tipos de riesgos y realice proyectos que atiendan y reduzcan el riesgo de desastres.

Como equipo apoyamos el derecho al “Habitar Digno” en tanto, muchas familias viven en condiciones precarias en el centro y pericentro de Antofagasta, pagando valores de subalquiler superiores a \$200.000 lo que genera y promueve un acceso restrictivo y especulador a la vivienda. Conjuntamente, no observamos que las autoridades locales y regiones analicen y estudien los efectos de la consolidación de un mercado informal de sub-alquiler en espacios centrales y solo cuestione el habitar informal en zonas de laderas. Este trabajo se ha nutrido de otros informes donde evidenciamos los abusos, maltratos y daños que propietarios, administradores y algunos intermediarios realizan contra muchas de las familias que habitan hoy en campamentos, no solo por necesidad, también como un medio de dignificar su vida.

Creemos firmemente que el Estado debe dar garantías de acceso a la vivienda digna a cualquier ser humano, indistintamente su origen. Desde hace más de cinco años que estudiamos esta ciudad, evidenciamos, además, como la racialización es un mecanismo y dispositivo de racialización hacia familias, especialmente afro, pero también, familias de diferentes territorios de Latinoamérica están insertos en mercados del alquiler y subalquiler racistas, especuladores y arbitrarios (Ver trabajos de Contreras, Y., 2015; Contreras et al, 2019).

Finalmente, es necesario contar con un Estudio de Riesgos actualizado para toda la ciudad de Antofagasta. Los únicos registros que hemos encontrado son artículos derivados del aluvión de 1991, lo que vuelve más urgente el habitar en el riesgo. Nuestro trabajo también concluye, que los riesgos no corresponden a una clase social determinada. Sectores del sur de Antofagasta, donde habitan clases mejor pagadoras del suelo también enfrentan riesgos. Incluso, la nueva zona de expansión urbana de la ciudad hacia el norte evidencia diferentes riesgos que

no son exclusivos a las familias que habitan en campamento. La ciudad cuenta con terrenos disponibles, tanto en el entorno de la línea del ferrocarril, como también en el pericentro industrial deterioro, e incluso, en la zona norte. Lo anterior, exige que las autoridades conozcan las condiciones habitacionales de las familias que habitan en campamentos para determinar con precisión, sin maltrato, ni desalojo qué es lo mejor para ellos y ellas: radicarse o erradicarse. En la erradicación deben tener presente evitar trasladar a las familias a otros tipos de riesgos.

Como académica a cargo del proyecto quedo atenta a cualquier duda, mesa de trabajo o lo que deseen para seguir poniendo en valor el Habitar Digno de las familias con las cuales producimos conocimiento. Es necesario que las autoridades se cuestionen cómo las mismas políticas y normativas tributan en beneficio de las inmobiliarias y no exploran alternativas de generación de proyectos de viviendas de interés social con diseños más humanos en términos de ubicación, acceso a salud, educación, áreas verdes, entre otras necesidades que hacen el habitar resignificar la dignidad.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada integró trabajo de gabinete y visitas en terreno, lo cual permitió definir las áreas de estudio y sus escalas de trabajo. Desde aquello se emprendió el desarrollo de línea base, la zonificación de susceptibilidad de las amenazas naturales, y posterior elaboración de cartografías de susceptibilidad de riesgos en las localidades urbanas de la comuna.

2.1. METODOLOGÍA DE CAPTURA DE DATOS Y DIAGNÓSTICO

El presente estudio considera dos líneas para el análisis de amenazas naturales: (1) la base geológica y (2) la base geomorfológica. La elaboración del documento contó con tres etapas principales, la primera acotada a la recopilación, revisión y sistematización de información referente a los elementos a estudiar, para luego realizar actividades de terreno, y finalmente, analizar la información en gabinete y ejecutar los procesos metodológicos específicos para zonificar el nivel de amenazas de cada uno de los riesgos considerados.

2.1.1. CREACIÓN DE BASE DE DATOS ESPACIALES

Para la construir una base de datos cartográficos asociados al área de estudio, se utilizaron las cartas regulares del Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:50.000, además de una base digital con información orográfica con cotas de elevación, curvas de nivel, red hidrográfica y red vial. Dentro de la base digital de cartografías se trabajó con un Modelo de Elevación Digital (DEM según sus siglas en inglés), el cual se elabora desde imágenes del satélite ALOS de sensor PALSAR (Phased Array type L-band synthetic Aperture Radar), cuyo valor de píxel o celda alcanza los 12,5x12,5 metros. También fueron utilizadas imágenes satelitales de la plataforma Google Earth para realizar acercamientos al área de estudio y sus cambios históricos.

Por otro lado, para crear cartografías geomorfológicas, hidrogeológicas, geológicas y de suelos, se recurrió a la fotointerpretación de las unidades físicas del paisaje, en las cuales se originan los procesos geodinámicos de

amenazas naturales. En específico, para las cartografías geológicas se recurrió a base de información del SERENAGEOMIN con la cual se aplicó la metodología de Lara (2009), contribuyendo a establecer el riesgo geológico. En el caso de la hidrogeología se recurrió a un estudio realizado por SERNAGEOMIN en 1986.

2.2. METODOLOGÍA PARA DEFINIR TIPOS DE RIESGOS

La metodología de trabajo se sustenta en el conocimiento de los avances de la geomorfología aplicada a la identificación de procesos y cómo estos se traducen en amenazas de origen natural que afectan a una sociedad o infraestructura expuesta o vulnerable, generando en consecuencia el riesgo.

Para ello se trabajará con la siguiente tipología de riesgos, establecida según las características morfo climáticas de la región:

2.2.1. RIESGOS DE INUNDACIÓN POR MAL DRENAJE DEL SUELO

Las áreas de anegamiento están asociadas a inundaciones por acumulación de aguas lluvias en zonas deprimidas topográficamente, donde la combinación de factores como la baja permeabilidad, niveles freáticos someros y terrenos con escasa y limitada capacidad de drenajes, están constantemente sometidas a prolongadas e intensas precipitaciones en los periodos invernales y a épocas asociadas al fenómeno del Niño. Estas zonas deprimidas se ven afectadas por la intervención antrópica, al obstruir las áreas de infiltración naturales del terreno, generando aumento de los niveles freáticos y la formación de nuevas áreas húmedas y pantanosas, afectando lugares que no presentaban estas condiciones.

Para la evaluación de las áreas susceptibles a inundación y anegamientos se utilizó el índice *Topographic Wetness Index (TWI)*, el cual se calcula como el logaritmo de la proporción específica entre el área de captación y la pendiente. Este índice proporciona información sobre la acumulación de agua y la saturación del suelo y el substrato, siendo en consecuencia un indicador de la distribución espacial de la escorrentía superficial e inundaciones. La fórmula es la siguiente:

$$TWI = \left(\ln \frac{Ca}{S} \right)$$

Donde:

TWI: Topographic Wetness Index

Ln: Logaritmo natural

Ca: Área de captación

S: Pendiente

En lo referente a las variables que utiliza el índice, estas se integran al módulo *Terrain analysis* del software SIG-SAGA. La pendiente se obtuvo de con el algoritmo de Zevenberg & Thorne (1987), siendo un método adecuado para superficies relativamente suaves (Soto et al., 2010). Para determinar la dirección y acumulación de flujo, se aplicó un algoritmo de flujo múltiple (Tarboton, 1997 en Soto et al., 2010). En cambio, para el obtener el área de captación, considerada como una variable que controla el volumen de los flujos, se aplicó el método de Olaya & Conrad (2008).

2.2.2. RIESGOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales frecuentes en aquellos territorios que presentan condiciones tales como: un régimen de abundantes y concentradas precipitaciones; relieves montañosos con laderas de fuerte pendiente; un substrato muy pobre y delgado en las laderas, o la presencia de una cobertura vegetal de baja densidad. Ahora bien, **para que ocurra la remoción en masa deben confluir necesariamente todos los factores requeridos, siendo las precipitaciones acumuladas el detonante principal**. Sin embargo, si éstas no alcanzan un determinado monto (umbral) / tiempo, los procesos de remoción en masa no se desarrollan. También puede ocurrir que durante un evento climático, y frente a una relación precipitaciones/tiempo favorable, el substrato presente condiciones que inhiban el desarrollo de estos procesos.

Lo anterior implica que si bien se puede realizar una cartografía que incluya todas las variables señaladas, ello es una aproximación teórica. En la práctica, la determinación de áreas vulnerables a remoción en masa se debe realizar a escala local. Para ello una de las variables más indicativas de la susceptibilidad a deslizamientos y flujos, es la pendiente. La pendiente corresponde a la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal, expresada en porcentaje o en grados. Esta información permite analizar la aptitud de un determinado terreno para la realización de actividades humana o la generación de procesos físico-naturales. De acuerdo con la importancia de los rangos de pendientes, se procedió a identificar los umbrales morfométricos de inestabilidad de laderas mediante la metodología propuesta por Esaki et al., (2005, 2007) y Giraud & Shaw (2007), la cual basada en la zonificación de rangos de pendiente con mayor frecuencia comprobada en el condicionamiento de deslizamientos y derrumbes, han sido validados por dichos autores mediante catálogos de deslizamientos y modelamiento predictivo multivariado (Fig. 1).

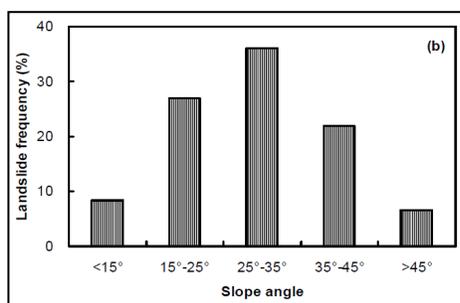


Figura 1. Frecuencia de deslizamientos en función de inclinación de laderas. Fuente: Esaki et al., (2005 y 2007).

A continuación se exponen los criterios de zonificación de riesgo por deslizamientos y derrumbes:

- Zonas de moderada a baja susceptibilidad de generación: correspondiente a las pendientes que oscilan entre los 15° y 25°, es decir, pendientes fuertes a muy fuertes de acuerdo a Chávez (2005).
- Zonas de alta susceptibilidad de generación: correspondiente a las pendientes que se encuentran entre los 25° y 35°, es decir, pendientes muy fuertes a escarpadas según Chávez (2005).
- Zonas de muy alta susceptibilidad de generación: correspondiente a ángulos de inclinación mayores a 35°, esto es, laderas escarpadas a muy escarpadas de acuerdo a Chávez (2005).

Complementariamente a la zonificación de las áreas susceptibles a remociones en masa, se identificaron zonas especialmente susceptibles de flujos aluvionales (detritos y barro). Para ello se procesó información digital a través de la herramienta SAGA-GIS. La evaluación del nivel de peligro asociado a esta tipología, se elaboró en base al análisis del índice topográfico de capacidad, utilizando el módulo *Terrain analysis*. Para los fines de modelación, y considerando que el trabajo de terreno evidencie los depósitos de flujos barro y detritos proveniente de las laderas que presenta la comuna, se considera la presencia de un sustrato geológico homogéneo, por ende, los índices fueron derivados directamente de la topografía (Soto et al., 2010).

El *Índice Topográfico de Capacidad* o *Transport Capacity Index (TCI)* es una aplicación específica en 3D del factor de longitud de la pendiente, que caracteriza las zonas afectadas por erosión laminar, transporte de sedimentos y procesos de depositación, por ende, constituye un indicador de la distribución espacial esperada de los sectores más propensos a recibir flujos gravitacionales densos (siempre y cuando exista material disponible a ser movilizado desde las cuencas de recepción y eventos de precipitación que desencadenen esta tipología).

$$TCI = \left(\frac{Ca}{22,13} \right)^m \times \left(\frac{S}{0,09} \right)^n$$

Donde:

TCI: Transport Capacity Index

Ca: Área de captación

S: Pendiente

m: 0,4 (constante que depende de la inclinación de la pendiente)

n: 1,0 (coeficiente aplicado en este caso a terrenos sin cobertura vegetal)

22,13: Subfactor longitud del terreno

0,09: Subfactor de la pendiente del terreno

En lo referente a las variables que utiliza el índice, estas se integran al módulo *Terrain analysis* del software SIG-SAGA. La pendiente se obtuvo de con el algoritmo de Zevenberg & Thorne (1987), siendo un método adecuado para superficies relativamente suaves (Soto et al., 2010). Para determinar la dirección y acumulación de flujo, se aplicó un algoritmo de flujo múltiple (Tarboton, 1997 en Soto et al., 2010); mientras que para el obtener el área de captación, considerada como una variable que controla el volumen de los flujos, se aplicó el método de Olaya & Conrad (2008).

2.2.3. RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico corresponde a un tipo de riesgo no zonificable. No obstante, la caracterización sísmica que afecta a la comuna de Antofagasta se realizó mediante información del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), correspondiente a un registro de los sismos entre magnitudes 2 a 9 Mw, ocurridos en Chile durante los últimos 115 años (1900 - 2015).

Los tipos de sismos presentes Chile se clasifican de la siguiente manera:

- a) **Sismos costa afuera:** Estos sismos pueden tener magnitudes cercanas a 6° Mw y no presentarían efectos en zonas pobladas, ya que estos ocurren en áreas de mar adentro.

- b) **Sismos asociados al contacto interplaca:** Corresponden a sismos asociados a la liberación de energía acumulada por la convergencia de placas, como lo ocurrido en Chile el año 2010 y que afectan a todo el borde costero de Chile.
- c) **Sismos intraplaca de profundidad intermedia:** Son aquellos que se generan por el fracturamiento tensional de la placa de Nazca, esto quiere decir que la plaza se fractura por su propio peso.
- d) **Sismos superficiales intraplaca:** Este tipo de sismo está asociado a fallas superficiales (fallas de tipo Normal, inversa y de rumbo). Se producen por el esfuerzo intraplaca que esta inducido por la subducción, este tipo de sismo esta también asociado con la generación de relieve. Ejemplo de ello es lo ocurrido en el año 2007 en el Fiordo Aysén y que gatillo el deslizamiento que provoco un tsunami.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

Las características geológicas y geomorfológicas de la ciudad de Antofagasta responden en primer lugar a su ubicación, la cual se emplaza sobre una angosta franja entre el abrupto escarpe costero del límite occidental de la Cordillera de la Costa (Formación La Negra) y la línea de costa, presentando un ancho variable que va entre los 100 metros para el sector de Caleta Coloso (Sur), mientras en el sector de la quebrada Las Conchas (Norte) la ciudad alcanza 3 Km de ancho. Asimismo, su altitud promedio es aproximadamente de 250 msnm (metros sobre el nivel medio del mar) al pie del acantilado costero. Por otro lado, la franja costera se constituye por cuatro niveles escalonados de terrazas marinas de sedimentos (*Wave-Built terrace*) del Pleistoceno que están sobre la Formaciones La Negra y La Portada (Fig. 2), en ellas se deposita una coalescencia de abanicos aluviales del Pleistoceno y Holoceno, caracterizados por presentar una matriz de mayor granulometría, dada la menor disponibilidad de sedimentos cólicos en las áreas de drenaje (Vargas et al., 2000; Basso, 2007).

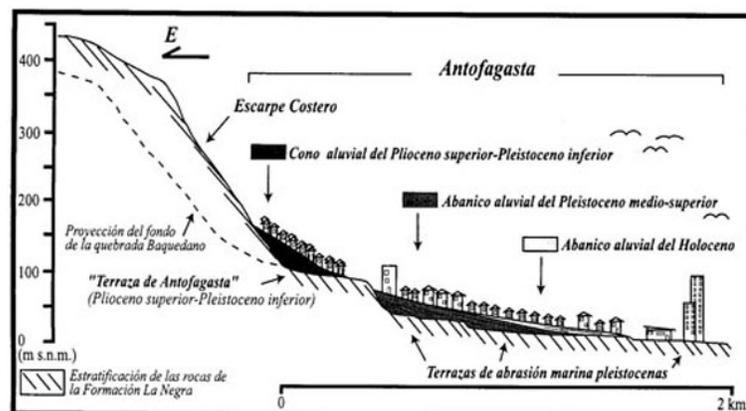


Figura 2 Perfil transversal ciudad de Antofagasta (Vargas et al., 2000).

Estos abanicos aluviales reciben aportes de una serie de quebradas mayores que drenan desde la Cordillera de la Costa, siendo las más importantes las quebradas de La Chimba (25,6 km²), Salar del Carmen (33 km²), La Cadena (21 km²) y La Negra (43 km²). Quebradas menores como Farellones (3.8 km²), El Ancla (1.3 km²), Baquedano (0.6 km²), Uribe (0.5 km²) y El Toro (3.2 Km²), que llegan hacia la ciudad presentan una menor tamaño areal pero están asociadas a un fuerte desnivel topográfico relacionado al escarpe costero. De acuerdo con Vargas et al. (2000), esta característica confiere gran energía a los flujos aluviales, aspecto potenciado por la presencia de bloques que son aportados desde la Formación La Negra con su fuerte manteo (Oeste), además del fracturamiento de sus estratos volcánicos, generando así un mayor nivel de peligrosidad de los aluviones (flujos de detritos) que bajan hacia la ciudad, como lo ocurrido en junio de 1991.

Dentro de las características tanto geológicas como geomorfológicas de la ciudad de Antofagasta, es posible encontrar al norte (Quebrada Bonilla) y sur (Quebradas Caliche y La Negra) de la ciudad, depósitos eólicos activos del Holoceno los cuales aportan arena a nuevos abanicos y depósitos aluviales permitiendo que estos tengan una matriz más fina en comparación con los abanicos aluviales Pleistocenos (Vargas et al., 2000).

3.2. AMENAZA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMINOS Y DESPRENDIMIENTO

En función del DEM utilizado para la franja donde se emplaza el área urbana de la comuna de Antofagasta se generó la carta de susceptibilidad de remociones en masa para determinar desprendimientos y deslizamientos de material desde la ladera occidental de la Cordillera de la Costa correspondiente a la Formación La Negra. El flanco occidental presenta una situación mayoritariamente de susceptibilidad de Moderada a Alta respecto a la generación de desprendimientos y deslizamientos de material. En cuanto a la susceptibilidad Alta, esta se presenta al interior de las quebradas y en la zona norte de la ciudad donde coincide con las laderas de mayor grado de pendientes (Fig. 3).

Al analizar la situación de los campamentos Villa Constancia Nueva 2, René Schneider II y Macro Campamento Los Arenales, todos se emplazan en proximidad a laderas cordilleranas (Fig. 4 y 5). Sin embargo, en el caso de **Los Arenales, este se encuentra separado de la ladera por un extenso abanico aluvial que, al estar cubierto por un manto eólico no consolidado, es más propenso a deslizamientos de tierra y flujos aluviales producidos por lluvias intensas. Asimismo, en la parte alta de la ladera se presenta una cornisa estructural favorecida por la disposición de los estratos de la Formación La Negra, donde se posibilita el desprendimiento de rocas hacia las partes bajas.**

Como muestra la **Figura 6 el campamento Los Arenales tiene una susceptibilidad baja a desprendimientos y deslizamientos, en tanto existe una pendiente entre suave a moderada (hasta 10° de inclinación). No obstante, la zona de las viviendas más cercanas a la ladera, ubicadas entre la zona media y sur, se aproximan a un área de susceptibilidad alta a muy alta, vinculada con una pendiente muy fuerte a escarpada (20 a 45° de inclinación), debido a la presencia de un lóbulo de cono coluvial.**

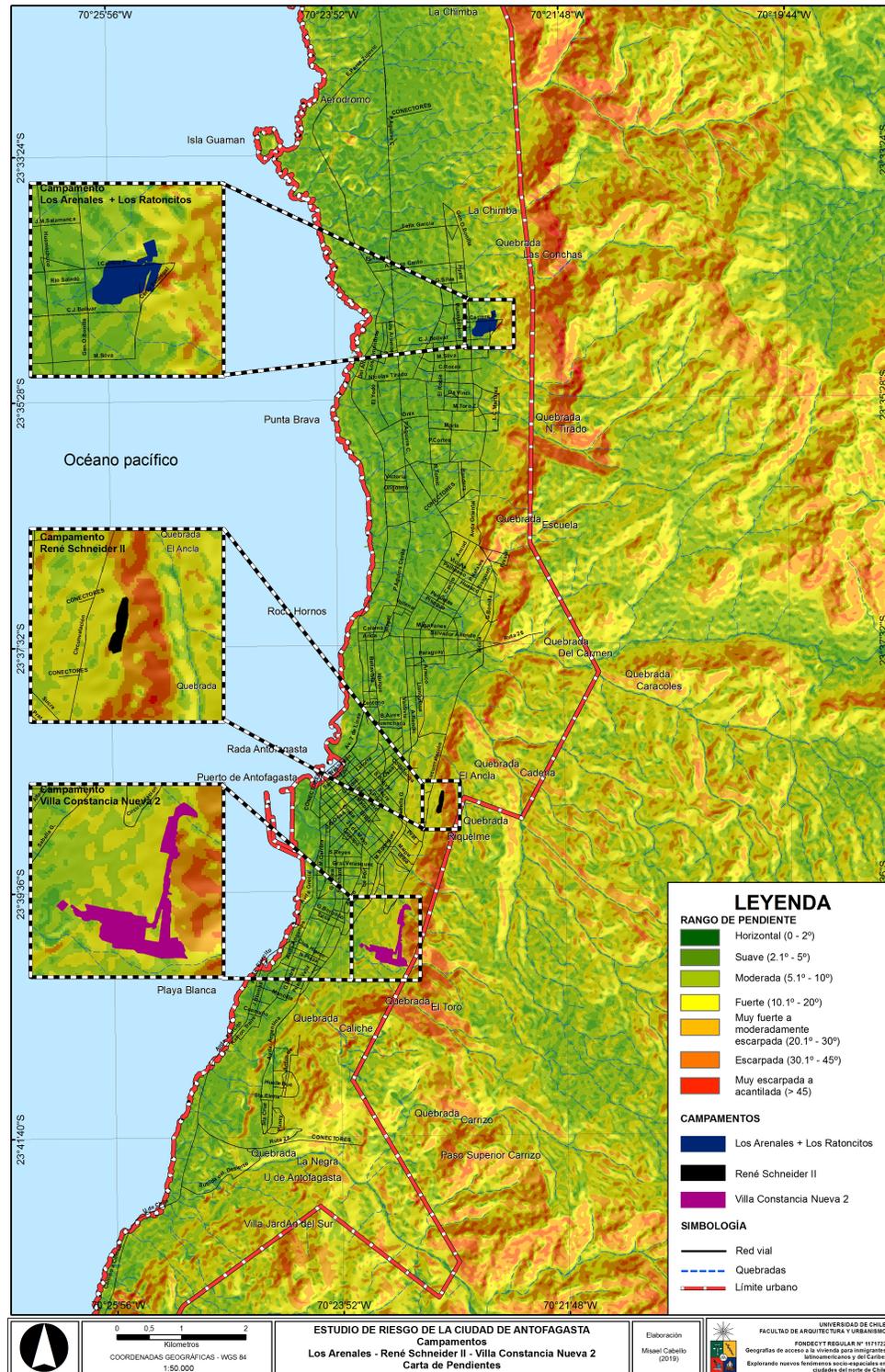


Figura 3. Carta de pendientes ciudad de Antofagasta.

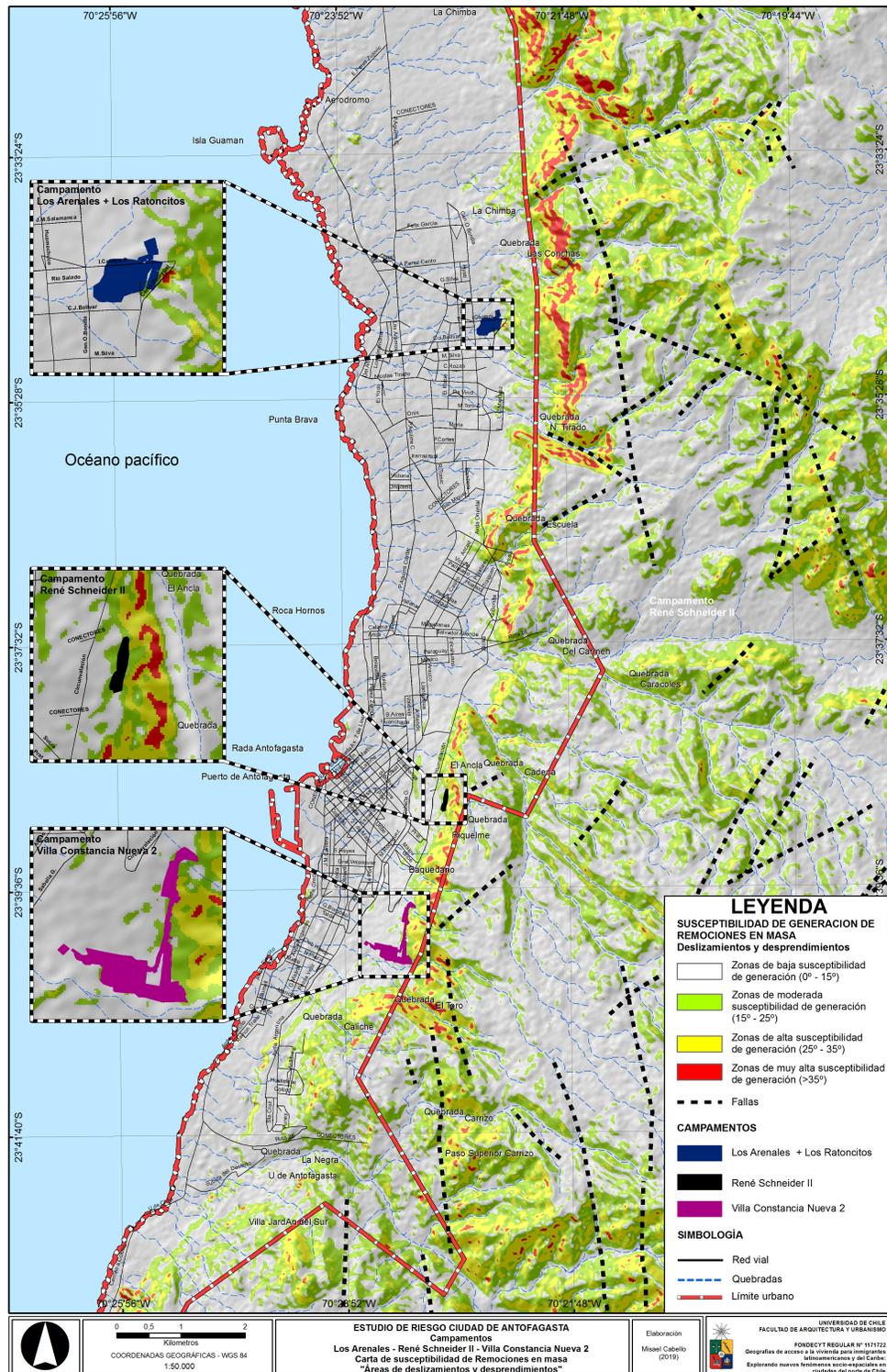


Figura 4. Carta de susceptibilidad de riesgo de remociones en masa de tipo deslizamiento y desprendimientos.

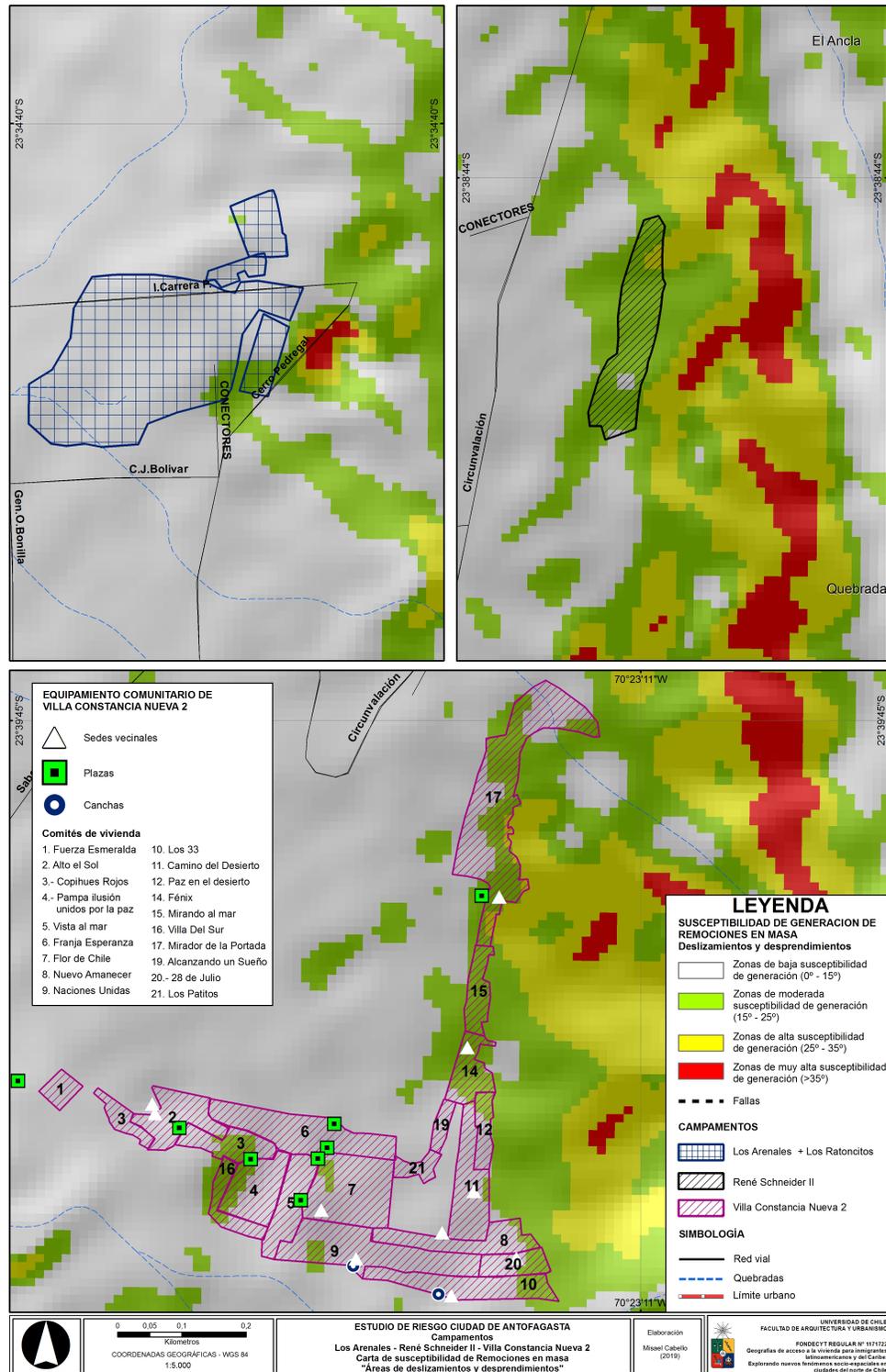


Figura 5. Carta de susceptibilidad de deslizamientos y desprendimientos de Los Arenales, René Schneider II y Villa Constancia Nueva 2.

Pese a la condición de algunas viviendas ubicada en los sectores altos del Macrocampamento Los Arenales, llama la atención la forma de comprensión de los riesgos, ya que éstos responden a modelaciones y a hechos reales. Por ende, el Estado no debería haber construido el **Condominio Altos del Arenal** (Ver Figura 6). Esta zona residencial se encuentra habitada por los miembros de los Ex Comités de Vivienda “Hermanos por un Sueño” y “Ratoncitos”, Altos del Arenal corresponde a un Condominio Habitacional evaluado y aprobado por el Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) de la Región de Antofagasta en el año 2017 (SERVIU, 2017).

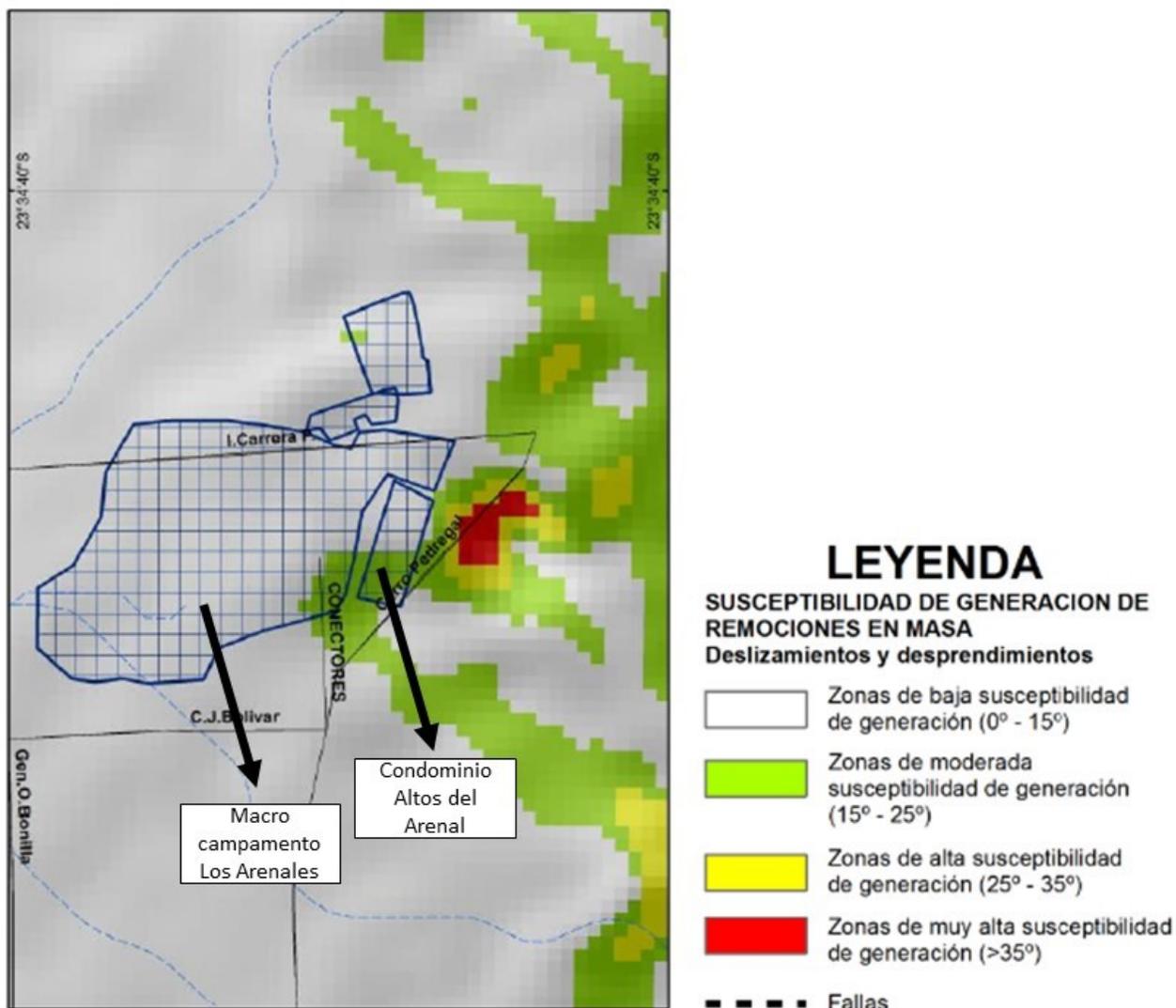


Figura 6 – Susceptibilidad de deslizamiento y desprendimiento, Condominio Altos del Arenal
Fuente: Cabello (2019) – Fondecyt Regular 1171722

La ejecución del proyecto Condominio Altos del Arenal se enmarcó en el Convenio de Programación 2013-2025 “Más viviendas y mejores barrios para la región de Antofagasta”, con el cual se construyeron 50 departamentos

de 62 m², generando una edificación en altura de seis pisos aproximadamente (GORE Antofagasta, 2017). En este caso, los vecinos inscritos en el Programa Campamentos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo accedieron a los departamentos mediante el Subsidio Fondo Solidario de Elección de Vivienda D.S. 49 (SERVIU, 2017), mecanismo formal de acceso a la propiedad. En ello, el aspecto clave de analizar refiere a su localización.

Como muestran las **Figuras 7 y 8, el Condominio Alto del Arenal, siendo una edificación formal reciente, se encuentra emplazado en una primera línea de riesgo.** Por un lado, presenta una susceptibilidad Moderada a Alta respecto a la amenaza de desprendimientos y deslizamientos de material. Mientras, por otro lado, tiene una compleja situación de amenaza a flujos de barro y detritos, en tanto, el inmueble se encuentra rodeado por dos áreas de susceptibilidad Alta, además que la mitad del edificio se localiza en la trayectoria de depósitos aluviales históricos.



*Figura 7 – Condominio Altos del Arenal y Macro Campamento Los Arenales
Fuente: Equipo Fondecyt Regular 1171722*

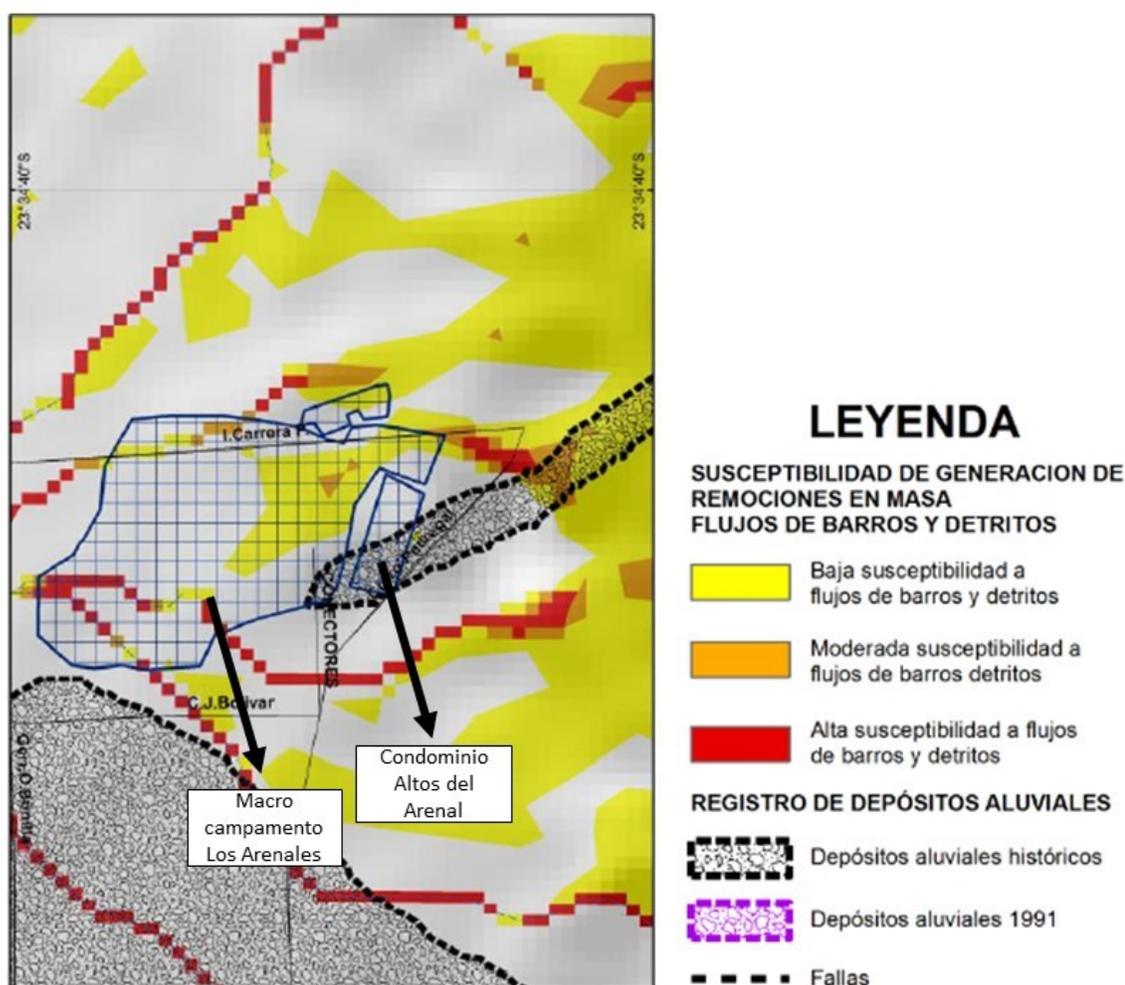


Figura 8 – Susceptibilidad de flujo de detrito y barro, Condominio Altos del Arenal
Fuente: Cabello (2019) – Fondecyt Regular 1171722

Considerando las Figuras 6, 7 y 8 interpelamos la necesidad de debatir cuáles son los elementos que el Estado y el PRC contempla al considerar el riesgo, y el área de influencia de éstos. Las actuales condiciones de habitabilidad exigen modernizar la comprensión del riesgo de desastres, trabajando en medidas que prevengan el riesgo y no lo evadan.

Por otro lado, el campamento René Schneider II se localiza mayoritariamente sobre depósitos coluviales distales caracterizados por ser sedimentos gruesos y angulosos (mayores a 6,4 cm), no obstante, las viviendas al sur del asentamiento se emplazan sobre un depósito aluvial que fue activado por el último aluvión del año 1991. De acuerdo con la Figura 4, este asentamiento se localiza en un área de moderada susceptibilidad a desprendimientos y deslizamientos, factor asociado a pendientes entre 15 a 25° de inclinación (Fig. 3 y 5). Pese a ello, su ladera próxima presenta una susceptibilidad alta a muy alta, en tanto, su zona media y alta posee pendientes escarpadas a muy escarpadas, otorgando una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de deslizamientos.

Asimismo, en algunos sectores al norte del campamento se observan afloramientos de roca que forman cornisas estructurales de la Formación La Negra, donde es probable el desprendimiento de rocas hacia la parte baja afectando a viviendas que se encuentren en su trayectoria. Un signo de la influencia de la pendiente se observa en lo largo de la ladera, donde existe una cobertura coluvial de *rill* o regueros asociados a las marcas de erosión lineal por acción de las precipitaciones, que en la parte baja de ladera presentan depósitos aluviales retrabajados en contacto con las viviendas (Fig. 9 a y b).



Figura 9. Ladera campamento René Schneider II. En la imagen (a) se observa viviendas ubicadas sobre la ladera y evidenciando una fuerte pendiente por sobre los 15° y hasta más de 35°, también se presentan las marcas de la erosión lineal correspondientes a regueros causados por lluvias que inciden los sedimentos no consolidados de los depósitos coluviales. La imagen (b) muestra la parte baja de la ladera donde las viviendas se construyen sobre depósitos coluviales no consolidados. Asimismo, se reconoce la matriz de sedimentos finos y clastos angulosos. Se evidencia la fragilidad de las construcciones expuestas a probables eventos de deslizamientos de detritos o caída de rocas.

En el caso de Villa Constancia Nueva 2, este asentamiento se encuentra en contacto con la ladera al norte de la quebrada El Toro. Las viviendas de este asentamiento se ubican sobre depósitos aluviales episódicos del cuaternario. Sin embargo, algunos inmuebles se emplazan específicamente sobre conos coluviales no consolidados, facilitando la inestabilidad de estas morfologías por las pendientes fuertes a escarpadas (20 a 45° de inclinación), permitiendo el desencadenamiento de deslizamientos, lo que sumado a intensas lluvias, amplifican esta probabilidad. A diferencia del asentamiento anterior se observan menos sectores con presencia de cornisas donde se pueden desprender o caer rocas, sin embargo, la nula distancia entre las viviendas y la ladera hace que la caída de rocas sobre personas o viviendas sea un punto por considerar.

En cuanto al nivel de susceptibilidad de Villa Constancia Nueva 2 se localiza mayoritariamente en áreas de baja susceptibilidad, no obstante, las viviendas ubicadas a lo largo de la ladera se encuentran en un área de moderada susceptibilidad, sobre fuertes pendientes (10 a 20° de inclinación). Igualmente, ladera arriba el nivel de susceptibilidad aumenta de moderado a alto, incluyendo algunos sectores de muy alta susceptibilidad (Fig. 4 y 5) que se asocian a cornisas estructurales donde la caída de rocas es más probable. Sobre el área mayoritaria de la ladera (alta susceptibilidad) es más probable eventos de deslizamientos de detritos, los cuales se depositarían en la parte baja de la ladera afectando a las viviendas aledañas, e incluso, a la parte más baja de la ciudad.

Un posible factor del desencadenamiento de desprendimientos o deslizamientos refiere a los terremotos que han afectado esta zona costera, donde en los últimos años se han registrados un poco más de 1000 sismos de

magnitudes (Mw) entre 5 a 8 grados (Anexo 1). Sumado a este factor se presentan las características estructurales del flanco cordillerano occidental, donde la presencia de fallas y fracturamiento estructurales (diaclasas), afectan un área circundante de unos 200 metros, donde el alto fracturamiento de las rocas permiten que los diversos fragmentos generados sean más propensos a ser removidos y depositados en las partes bajas de las laderas. Aquel factor condicionante se vincula con la presencia de depósitos coluviales (conos y taludes) y depósitos eólicos para la generación mayoritaria de deslizamientos de detritos.

3.3. AMENAZAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE FLUJOS DE BARRO Y DETRITOS

Otro tipo de remoción en masa desencadenadas al interior de la ciudad de Antofagasta corresponde a flujos aluvionales asociados a depósitos de barro y detritos. Como señala Vargas et al. (2000) y Falcón et al. (2014), la ciudad se ha visto afectada durante el siglo XX por 5 eventos (1930; 1940; 1982; 1987 y 1991), siendo el evento de 18 de junio de 1991 el último experimentado por la ciudad, donde precipitaciones intensas con montos de 42 mm en dos días activaron las quebradas arrastrando sedimentos que alcanzaron entre 1,7 y 2 metros de espesor de barro y lodo. Este evento registró un número de 92 víctimas fatales y 16 desaparecidos (Figura 10).

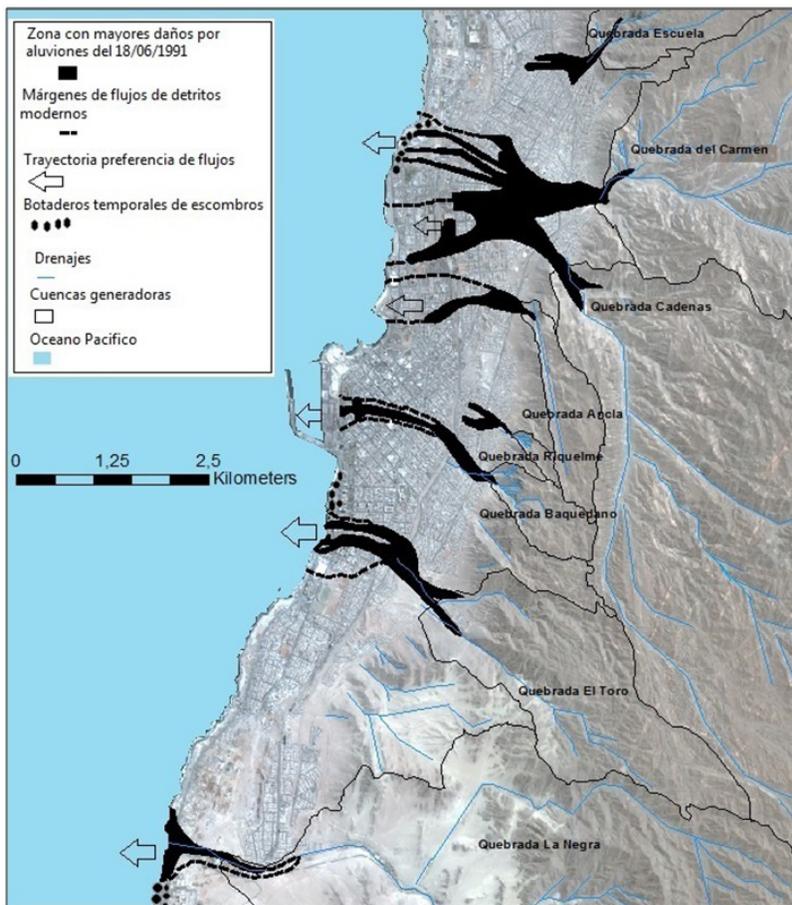


Figura 10. Flujos aluvionales del evento del 18 de junio de 1991. (Falcón et al., 2014).

Respecto a **Villa Constancia Nueva 2** este asentamiento es adyacente a la quebrada El Toro, mientras se ubica a 3,5 km al norte de la quebrada La Negra, dos quebradas que se activaron para el evento de 1991, y cuyo depósito aluvional llegó hasta la costa (Fig. 10). En función de la carta geológica de la ciudad de Antofagasta elaborada por Basso (2007), **Villa Constancia Nueva 2 se emplaza sobre distintos episodios aluviales ocurridos durante el Cuaternario, especialmente en el Holoceno, evidenciando la recurrencia de estos eventos que están asociados a las condiciones litológicas (sedimentos heterométricos no consolidados) y climáticas (precipitaciones intensas asociadas al ENSO fase cálida o El Niño).** De acuerdo con la carta de susceptibilidad de flujos de detrito y barros, en el sector de Villa Constancia Nueva 2 se puede observar que gran parte del asentamiento se encuentra en área de susceptibilidad Baja a Moderada de generación de flujos aluvionales de detríticos y de barros (Fig. 12 y 13). Sin embargo, esta área está asociada principalmente al flanco colindante de la ladera, donde la pendiente, micro cuencas y los depósitos coluviales coalescentes serían los principales factores que contribuyen a portar sedimentos para futuros flujos aluvionales que pueden ser amortiguados por el trabajo que se realiza en torno a Quebrada El Toro y La Negra.

a)

b)



Figura 11. Villa Constancia Nueva 2. (a) Construcción de piscinas decantadoras para mitigar aluviones. **(b)** Imagen de quebrada cercana a Villa Constancia Nueva 2, donde se observan clastos de diferentes granulometrías, así como también las laderas con materia no consolidado. Estas quebradas deben ser tratadas por el gobierno local y autoridades competentes para reducir riesgos de desastres que pueden afectar a toda la ciudad.

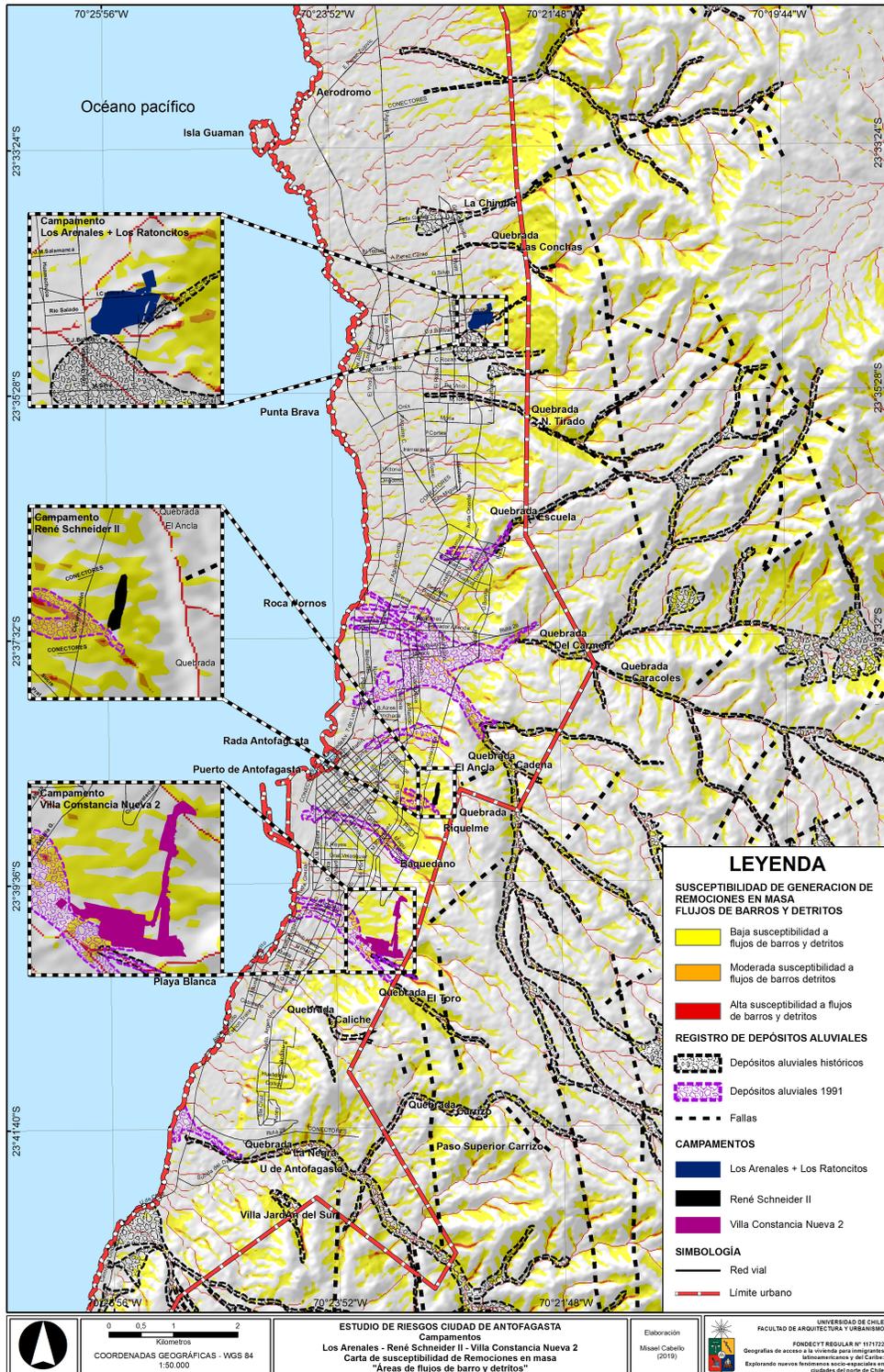


Figura 12 Carta de susceptibilidad de riesgo de remociones en masa de tipo flujo de detrito y barro

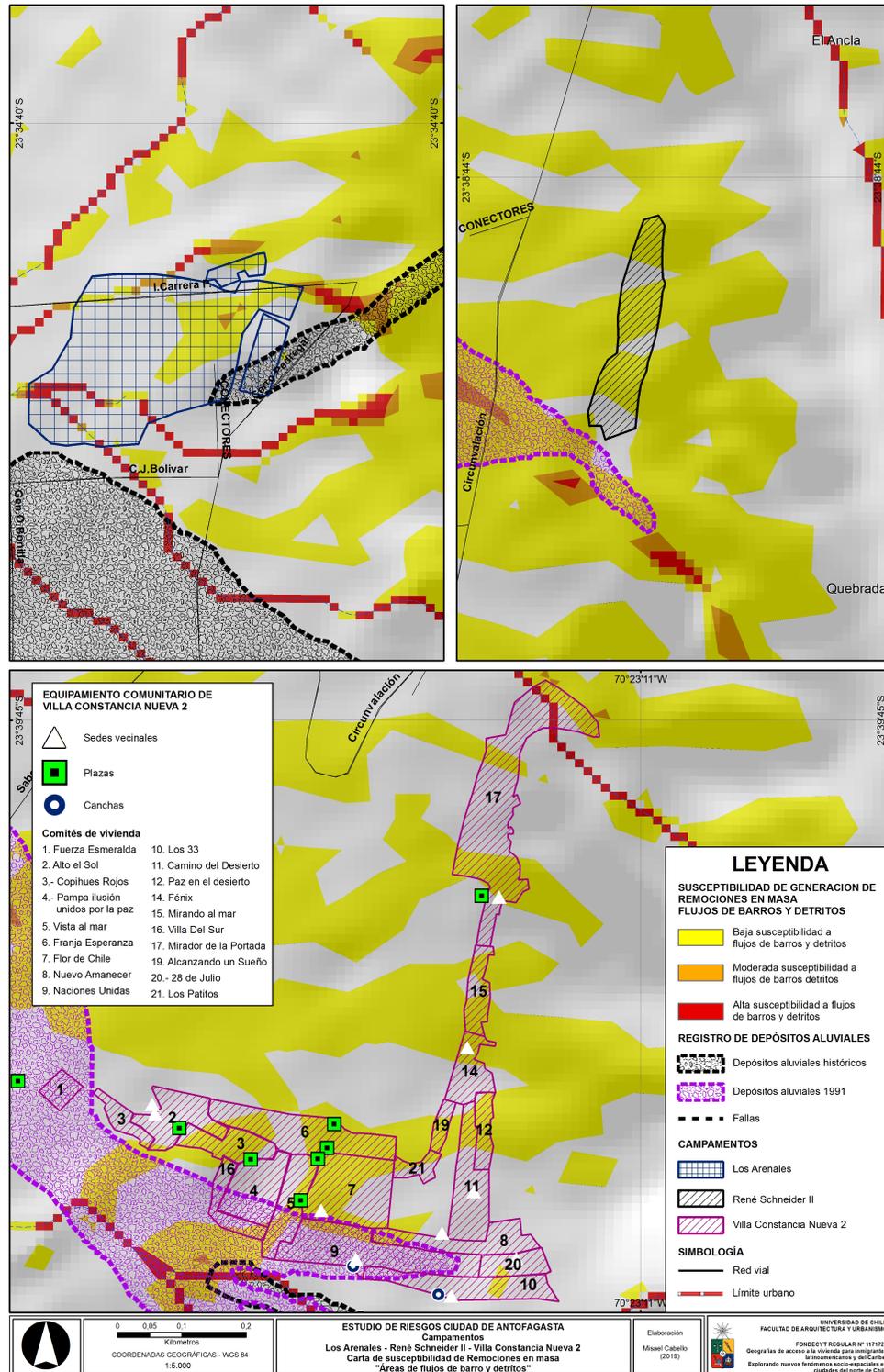


Figura 13 Carta de susceptibilidad de flujo de detrito y barro para los proyectos Los Arenales, René Schneider II y Villa Constancia Nueva 2.

A su vez, es necesario que el Estado trabaje medidas de reducción de riesgos de desastres en las quebradas que se encuentran en El Toro y La Negra.

En cuanto al área próxima a la quebrada El Toro, existe una susceptibilidad Moderada a Alta, especialmente asociada al canal principal de la quebrada y del abanico aluvial. Se debe señalar que la quebrada está siendo intervenida estructuralmente mediante la construcción de piscinas decantadoras para mitigar el impacto de futuros aluviones (Fig. 11a).

Relacionado a los asentamientos Villa Constancia Nueva 2 y Los Arenales, la generación de flujos aluvionales está asociado, como se señaló anteriormente, a los depósitos no consolidados de un extenso abanico aluvial cubierto por un manto eólico, así como también a micro cuencas que aportan material a futuros flujos. Por esta condición, Los Arenales se encuentra clasificado en una Baja a Moderada susceptibilidad de generación de flujos (Fig. 12 y 13). Como se observa en la cartografía, en proximidad aparece un área de Alta susceptibilidad de generación de flujos, por ende, los sedimentos que se muevan por la ladera pasarán por el asentamiento canalizándose hacia los sectores bajos poblados. Este flujo no solo arrastraría sedimentos, sino también podría llevar materiales de las viviendas.

En cuanto al campamento René Schneider II (Fig. 14 y 15), este presenta una baja susceptibilidad de flujos de detritos y barros. No obstante, el área sur del campamento y sus viviendas asociadas se localizan sobre un abanico aluvial que presenta incisiones sobre su superficie, generando canales que pueden haber sido realizados por el evento de 1991, en tanto al sur del campamento se encuentra la Quebrada Riquelme. Esta quebrada se activó con el evento de 1991, por lo cual presenta depósitos aluviales, sin embargo, hoy se encuentra tapada por la presencia de viviendas de otro campamento. Por otro lado, hacia el norte del campamento René Schneider II aparecen tres incisiones sobre los depósitos coluviales, que en la parte baja de la ladera presentan depósitos aluviales (Fig. 13).

Se debe tener presente que ya han pasado 28 años del aluvión de 1991, por lo cual las quebradas presentan una acumulación considerable de material sedimentario de diversos tamaños o granulometrías (Fig. 13). Este sería preparado para ser transportados por precipitaciones iguales o superiores a las de 1991 (42 mm en 2 días), o como las ocurridas en Chañaral en el año 2015 (24,3 mm en 3 días). Asimismo, al igual en la susceptibilidad de desprendimiento y deslizamientos, la cercanía de fallas geológicas y la fragmentación de roca circundante (menor a 200 metros), genera un aumento superficial de las rocas de ladera, siendo favorable a la acción desencadenante de precipitaciones extremas que arrastraría los diversos sedimentos que conforman flujos de detritos o de barros.

Al observar las viviendas localizadas en el sector de René Schneider II, en especial aquellas próximas a la ladera, se observa algunas acciones propias de los residentes, quienes muestran un cierto nivel de conocimiento de las amenazas naturales que pueden presentarse. Como se evidencia en la Figura 16 (a) y (b), intervenciones como la construcción de niveles aterrizados donde se emplazan las viviendas, además de la utilización de varios neumáticos apilados ayudaría a estabilizar de alguna manera las laderas, siendo medidas de mitigación, tal como se observan en la ciudad de Constitución con viviendas localizadas en laderas y quebradas intervenidas artificialmente.

En el mismo contexto, la Figura 16 (c) muestra otras medidas de protección ante la ocurrencia de eventos desde las laderas, entre ellos, edificar las viviendas en altura con pilares de madera de aproximadamente 2 metros, cuya estructura de palafito permitiría que materiales provenientes de la ladera pasen por debajo y no dañen a las viviendas. Ahora bien, al no considerar la pendiente y el volumen de eventos anteriores como el de 1991, estas medidas de construcción no permiten confiar la eficiencia ante algún tipo de remociones en masa.

a)



b)



c)



Figura 16. René Schneider II. La imagen (a) corresponde a un corte transversal del lóbulo del abanico aluvial, donde se observa la forma cóncava y los materiales que lo conforman como son las rocas sub angulosas y la matriz fina. Así mismo la imagen (a) y la imagen (b) muestra intervenciones realizadas por los propios residentes, como la construcción de terrazas y la aplicación de medidas de protección (mitigación) como es la utilización de neumáticos para estabilizar de alguna manera la ladera. La imagen (c) muestra otra medida de protección correspondiente a colocar las viviendas en altura mediante pilares de madera de aproximadamente 2 metros (palafitos), para que los materiales provenientes de la ladera pasen por debajo y no afecten las viviendas.

Observando las figuras de susceptibilidad de riesgo de remociones en masa de tipo flujo de detrito y barro y desprendimiento, concluimos que si bien son situaciones complejas no son exclusivas a los campamentos, ya que **la geografía de toda la ciudad tiene diversidad de riesgos, y en casos como el aluvión de 1991 los efectos son observables en la ciudad formal, entre las quebradas La Escuela, El Toro y La Negra como graficamos en la Figura .10**

El estudio realizado por Vargas et al (2000) concluye que “los sectores más afectados por los aluviones en 1991 fueron aquellos ubicados pendiente debajo de la desembocadura de las quebradas de mayor hoya hidrográfica, pero también de las quebradas menores que desembocan directamente en sector central de la ciudad” (p.163). Frente a esto, nos cuestionamos por qué darle la condición de riesgo solo a los sectores altos de la ciudad donde habitan familias más vulnerables. Cómo se atienden el riesgo en toda la ciudad y en sentido oriente – poniente, con un PRC definido transversalmente? Existen zonas sin riesgo en la ciudad de Antofagasta donde erradicar a familias que estén dispuestas a no coexistir con algún riesgo? Las respuestas son necesarias, evitando así, desalojos brutales que tienen como fundamento la construcción sociopolítica del riesgo.

3.4. DEFINIENDO LAS REMOCIONES EN MASA

Tratar de definir el concepto de remociones en masa y las diversas tipología que la incluyen se encuentran diversas definiciones, sin embargo, en término simple las remociones en masa hace referencia a una variedad de procesos que generan movimientos lentos o rápidos de un determinado volumen de suelo, roca o una combinación de ambos desde las laderas de los cuerpos montañosos (Cordilleras, cerros, etc.), donde estos materiales se mueven desde las partes más altas de las laderas hacia las partes más bajas, por lo cual estos procesos indican que son el resultado directo de la gravedad. Estos procesos pueden ser desencadenados o gatillados por factores externos que producen un aumento en la tensión como son las variaciones en las condiciones hidrogeológicas, meteorológicas, sismos o alteraciones en la geometría de las laderas. Los factores internos (inherentes) de los materiales son aquellos que disminuyen la resistencia de los materiales como son las características litológicas, estructura (fallas, diaclasas, pliegues, etc.) e hidrogeológico.

Así como las remociones en masa tienen factores desencadenantes, también presentan factores condicionantes, estos son aquéllos que generan una situación potencialmente inestable, siendo principalmente las características geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, factores que actúan en el control de la susceptibilidad en una zona a generar remoción en masa. La susceptibilidad se entiende como la potencialidad de una ladera a ser afectada por un proceso determinado, en este caso a un tipo de remociones en masa. Dentro de los factores condicionantes se consideran los factores antrópicos como la intervención de las laderas y cuencas hidrográficas.

Existen varias clasificaciones para los distintos proceso de remoción en masa, siendo las más aceptada y aplicada a nivel internacional la basada en los mecanismos del movimiento planteada por VARNES (1978), y CRUDEN & VARNES (1996), fundamentada en la naturaleza del material movilizado (Roca, detritos o suelo) y el tipo de movimiento (Fig. 17): desprendimientos o caídas; deslizamientos (*slides*); flujos (*flows*); volcamientos (*toppling*); extensiones laterales o propagación (*spreads*); y complejos (*complex*). Para el caso de este estudio se definen los movimientos de desprendimiento y flujos de detritos y barros.

Los **desprendimientos o caída** de material, son aquellos movimientos en caída libre (gravedad) donde uno o varios bloques de roca o suelo son desprendidos (suelta) desde la parte alta de la ladera. Una vez que el material cae hacia la parte baja de la ladera por el aire mediante caída libre, rebotando o rodando.

Los desprendimientos se generan por factores desencadenantes asociados a cambios en la roca como la infiltración de agua en grietas, termoclastía (cambio brusco en la temperatura), meteorización y sismos, entre otros, todo esto influyen fuertemente en factores condicionantes propios de las laderas, como son las pendientes pronunciadas (generalmente mayores a 30°) y las presencia de fracturamiento de las rocas del macizo.

Los **deslizamientos** son movimientos en la ladera consistente en un desplazamiento de un segmento a lo largo de una o varias superficies de la ladera (superficie de falla), que pueden detectarse fácilmente dentro de una zona relativamente delgada, este movimiento puede ser progresivo ya que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la ladera. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias o masas semi-independientes. Los deslizamientos se dividen en dos subtipos, rotacionales y traslacionales. Los *Deslizamientos Rotacionales*, son aquellos donde el terreno experimenta un giro de la masa deslizada, este tipo de deslizamiento son susceptibles a la reactivación. Los *Deslizamientos Traslacionales*, son aquellas masas que se desliza hacia afuera o hacia abajo casi sin movimiento de rotación.

Los factores desencadenantes están asociados a precipitaciones intensas y/o continuas, sísmicos y actividad antrópica. Los factores condicionantes son las propiedades inherentes al suelo y la roca; como el tipo de roca, estructurales, grado de alteración y meteorización, así como también el grado de pendiente, exposición, curvatura de la ladera, tipo de vegetación, el grado de humedad en los suelos y rocas, y la posición del nivel freático.

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		Rock fall	Debris fall Scree Debris cone	Earth fall Colluvium Debris cone
	TOPPLES	Rock topple	Debris topple Debris cone	Earth topple Debris cone
SLIDES	Rotational	Single rotational slide (slump) Failure surface	Multiple rotational slide Crown Head Scarp Minor Scarp Failure surface	Successive rotational slides
	Translational (Planar)	Rock slide	Debris slide	Earth slide
SPREADS				Earth spread e.g. cambering and valley bulging
FLOWS	Solifluction flows (Periglacial debris flows)		Debris flow	Earth flow (mud flow)
COMPLEX	e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Figura 17 Tipologías de remociones en masa (VARNES, 1978 y CRUDEN & VARNES, 1996).

Los flujos aquellos movimientos propios de materiales sin cohesión, como son los suelos susceptibles que experimentan una pérdida de resistencia, donde los materiales involucrados actúan temporalmente como un fluido (velocidad, viscosidad, etc.) y experimentando una deformación continua, sin presentar una rotura definida. Los flujos que afecta a una masa de suelo (detritos y/o barro), donde el material está saturado con agua, donde la concentración de las partículas se comporta mecánicamente tendiendo un comportamiento de un fluido plástico-viscoso. Si la concentración de sólidos es menor a 50%, se les suele llamar “flujos hiper-concentrados” y por sobre 50%, el comportamiento es netamente el de un fluido viscoso. Los flujos pueden ser lentos o rápidos y los

puede haber de roca, de detritos o suelo. En cuanto a los flujos, de detritos como de barro, son movimientos rápidos, en el que predominan las arenas, gravas y bloques.

4. SUGERENCIAS Y CONCLUSIONES

Antofagasta está caracterizado por múltiples tipos de desastres que exigen a las autoridades hacer propuestas diferenciadas, considerando las particulares de cada sector. Revisando las consecuencias del aluvión de 1991, existen zonas al interior de la ciudad que presentan altos riesgos de desastre. Por tanto, es necesario cuestionar cómo se construye políticamente el riesgo de desastre y qué respuestas concretas está realizando el gobierno local con otras instituciones del Estado. Si bien no descartamos todos los riesgos develados anteriormente, existe una ceguera al desconocer otros tipos de riesgos como tsunamis y riesgos aluvionales en la ciudad formal, la regulada, la con Plan Regulador. Creemos que el Estado debe construir habitats dignos los que requieren: a) medidas de mitigación frente al desastre; b) Capacitación de la comunidad frente a todos los tipos de desastres que existe; c) Desclazar el sentido del riesgo, dejando de apartar a las clases altas y medias altas que también habitan en otros riesgos de desastres; y d) evitar trasladar a las familias de un riesgo de desastre a otro, especialmente en ciudades regiones como Antofagasta cuyos recursos y reservas de suelo podrían favorecer una construcción social y justa del riesgo.

Considerando que las condiciones actuales en que habita la comunidad, y luego de haber estudiado las cartas elaboradas por este equipo, para evitar las consecuencias de cualquier tipo de desastres (aluvión, incendio, tsunami, terremotos, etc), proponemos orientaciones generales que cualquier habitante de la ciudad de Antofagasta debiese emprender al verse afectado por algún desastre.

4.1. EDUCARSE EN TORNO A LOS MÚLTIPLES RIESGOS DE DESASTRES EN LA CIUDAD Y SUS ESPACIOS DE HÁBITAT

Como equipo hemos desarrollado algunos talleres de capacitación en cuanto a la reducción de riesgo de desastres y consideramos que aún es necesario que los líderes de cada campamento transmitan la información a toda la comunidad, respecto a los riesgos a los que están sometidos y los mecanismos de reducción de desastres que ellos debiesen acordar con las autoridades, con bomberos por ejemplo, y otras instituciones que podrían orientarlos a un diseño sustentable que prevenga cualquier tipo de riesgo.

Nos preocupa un riesgo más latente y al parecer de menor preocupación: riesgo de incendios. Este último tiende a ser invisibilizado por las autoridades y se configura como el riesgo más latente respecto a otros.

Sugerencias que se deben debatir y profundizar con profesionales competentes a los temas:

1. Manejo de quebradas interiores, ya que el MOP está construyendo piscinas aluvionales. El manejo podría involucrar limpieza regular de las quebradas menores, especialmente las que están en proximidad a viviendas
2. Plantación de especies herbáceas y arbustivas en torno a las quebradas menores, y alrededor a las viviendas, con la finalidad de estabilizar laderas. Por ejemplo, especies como la Ambrosia, Cristaria, entre otras. No obstante, se sugiere buscar consejo en algún experto como arquitectos paisajistas, agrónomos, o bien, alguien de personal de Medio Ambiente de la Municipalidad de Antofagasta, respecto a las especies resistentes a características climáticas y cumplan la función de absorber agua naturalmente y reducir el riesgo de aluvión

3. Hacer surcos en la tierra que ayuden a circular el agua en caso de riesgo aluvional
4. Evitar la acumulación de basura y escombros en torno a las quebradas y las calles
5. Organizar con la comunidad y profesionales expertos, vías y protocolos de evacuación en caso de algún evento

4.2. TRABAJO COMUNITARIO CONSTANTE

El trabajo comunitario también es clave. Lo anterior implica trabajar con todos y todas las vecinas, escapando de discursos racistas que consideran que habitar dignamente solo le corresponde a algunos. En la medida que las comunidades fortalezcan sus avances en cuanto a diálogo; medidas de evacuación frente a determinados riesgos, trabajo constante para educarse frente al riesgo; entre otros, podrá establecer mejores diálogos que dignifiquen su habitar.

5. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Basso, M. (2007). Geología del área urbana de la ciudad de Antofagasta, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, N° 109, 32 p., 1 mapa escala 1:50.000. Santiago. ISSN 0717-7283. Inscripción N° 167.968.

Börgel, R. (1983): *Geomorfología de Chile. Tomo II*. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar, 182 págs.

Centeno, J., Fraile, M., Otero, M., Pividal, A. (1994): *Geomorfología práctica: ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental*. Madrid, Rueda, 66p.

Ciren (2003). Estudio Agrológico Región de los Ríos. Publicación Ciren N°123. ISBN 956-7153-48-5.

Díez-Herrero, A., Lain-Huerta, L., & Llorente-Isidro, M. (2008): *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración*. Madrid. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Riesgos Geológicos/Geotecnia n° 1, 190p.

Falcón, .F., Arenas, M., Carrasco, R., Fernández, J., Gajardo, A., Huerta, S., Marín, M., Merino, A., Mourgues, F., Pérez, Y. y Vaccaro, H. (2014). *Geología para el ordenamiento territorial: área de Antofagasta, Región de Antofagasta*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 19. 6 mapas escala 1:50.000. Santiago.

Servicio Sismológico Universidad de Chile: <http://ssn.dgf.uchile.cl/home/terrem.html>

Vargas, Gabriel, Ortlieb, Luc, & Rutllant, José. (2000). Aluviones históricos en Antofagasta y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur. *Revista geológica de Chile*, 27(2), 157-176. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-02082000000200002>

United States Geological Survey; <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

ANEXO 1. CARTA DE TERREMOTOS EN LA REGIÓN. 1990-2015. IZQUIERDA TERREMOTOS DE MAGNITUD 2 A 4 MW; DERECHA TERREMOTOS DE MAGNITUD 5 A 8 MW.

