

# Revelando el riesgo sísmico en el piedemonte de Santiago, Chile. Análisis multicriterio para la determinación de vulnerabilidad en la Falla San Ramón (FSR)<sup>1</sup>

## Revealing the seismic risk in the piedemont of Santiago, Chile. Multi-criteria analysis for the determination of vulnerability in the San Ramón fault (FSR)

Jorge Inzulza Contardo<sup>2</sup> , Miguel Curihuinca Curihuinca<sup>3</sup> ,  
Gabriel Easton Vargas<sup>4</sup>  y Sonia Pérez Tello<sup>5</sup> 

### RESUMEN

Habitar el territorio de manera sostenible es un gran desafío en la actualidad, considerando la relación entre el medio construido con el natural y, más aún, si ellos se encuentran afectos a algún tipo de riesgo natural. Santiago de Chile ha experimentado una acelerada urbanización en su piedemonte andino en las últimas décadas identificándose, al menos, seis comunas - Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto - con áreas residenciales e infraestructura crítica emplazadas en la Falla San Ramón (FSR) y en su área de riesgo directo, a las cuales se añaden Pirque y Lo Barnechea. El presente trabajo identifica la habitabilidad dentro de esta área de riesgo por medio de un levantamiento georreferenciado y análisis multicriterio con índice físico, socioeconómico, de asentamientos e instalaciones críticas, que entregan como resultado, un panorama metropolitano de vulnerabilidad. Se concluye que el conocimiento de la habitabilidad y vulnerabilidad en torno a la Falla San Ramón permite avanzar en una visión más sistémica e integrada del piedemonte para su inclusión en instrumentos normativos y nuevas investigaciones que incluyan la gestión de riesgo de nivel comunal.

**Palabras clave:** habitabilidad, riesgo sísmico, vulnerabilidad, planificación urbana, Santiago, Falla San Ramón

<sup>1</sup> Este artículo cuenta con el apoyo del proyecto Fondecyt Regular N°1190734 "¿Planificación urbana en riesgo? Prácticas socio espaciales de comunidades en el piedemonte de Santiago, Chile y su incidencia en la Falla de San Ramón (FSR) como nuevo escenario de riesgo sísmico y sostenibilidad", financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), Chile.

<sup>2</sup> Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Correo electrónico: jinzulza@uchilefau.cl

<sup>3</sup> Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Correo electrónico: miguel.curihuinca@ug.uchile.cl

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Correo electrónico: geaston@ing.uchile.cl

<sup>5</sup> Doctora en Psicología Social y del Desarrollo Universidad de Chile, Santiago, Chile. Profesora Asistente. Facultad de Ciencias Sociales. Correo electrónico: sonperez@u.uchile.cl

### ABSTRACT

Inhabiting the territory in a sustainable way is a great challenge nowadays by considering the relationship between the built environment and the natural environment and, even more, if they are affected by some type of natural risk. Santiago de Chile has showed an accelerated urbanization in its Andean foothills in recent decades, identifying at least 6 districts - Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida and Puente Alto - with residential areas and critical infrastructure located in the San Ramón fault (FSR) and in its direct risk area, in addition to Pirque and Lo Barnechea. The paper identifies levels of habitability within this risk area through a georeferenced survey and a multi-criteria analysis including physical, socioeconomic, settlements and critical infrastructure index, which provide a metropolitan scenario of vulnerability as a result. It is concluded that the knowledge of the habitability around the San Ramón fault is instructive to advance in strategic urban planning that incorporates this type of geological risk. It is concluded that the knowledge of the habitability and vulnerability around the San Ramón Fault contribute to a more systemic and integrated vision of the piedmont and thus to be included in normative instruments and new investigations that can include risk management at the community level.

**Keywords:** habitability, seismic risk, vulnerability, urban planning, Santiago, San Ramón fault

Nos encontramos en un momento histórico que muestra, por una parte, un incremento del impacto de eventos naturales catastróficos que pueden transformarse en desastres socio-naturales a nivel global como terremotos y maremotos. De un total de 89 eventos entre 1900-2014, 71 mega terremotos de  $M_w$  8.0 o mayor, han ocurrido entre 1900 y 2004, lo que supone una recurrencia de 0,68 por año, y 18 eventos entre 2004 y 2014, es decir, 1,8 por año (Lay, 2015; USGS, 2013). Y, por otra parte, según datos oficiales del Banco Mundial (2016), se puede apreciar el aumento sostenido de la urbanización en el mundo llegando a un 54,2% de población urbana en 2016, con un preocupante incremento de la población expuesta a la amenaza de fallas activas, en especial, en los países en vías de desarrollo (Tucker, 2013). Si a ello le sumamos que el Cinturón de Fuego del Pacífico es la macro-zona que absorbe la mayor cantidad de estos eventos (80% de los terremotos más devastadores de la historia), y Chile se inscribe dentro de esta región tectónica (CORFO, 1962), con un terremoto cada 50 años (Ruiz & Madariaga, 2018), la necesidad de abordar ambas problemáticas -terremotos y urbanización- de una manera sistémica, resulta crucial.

Por lo anterior, habitar el territorio de manera sostenible es un desafío permanente, considerando la relación entre el medio construido con el natural y, más aún, si ellos se encuentran afectados a alguno de los riesgos naturales antes descritos. La Región Metropolitana de Santiago de Chile, con una población de 7.112.808 de habitantes (INE, 2017), se ubica en el valle central, a los pies del flanco occidental de la Cordillera Principal de los Andes, uno de los cordones montañosos más activos del planeta. Este piedemonte ha experimentado una expansión urbana sin precedentes en las últimas cinco décadas, generando un aumento de la exposición de sus habitantes ante riesgos socio-naturales, en particular, los de origen geológico, con la posibilidad de terremotos corticales asociados a la Falla San Ramón (FSR) sobre la cual se ha alcanzado, en la actualidad, una urbanización de un 55% de su traza con distintos tipos de edificaciones (Easton *et al.*, 2018).

El presente trabajo aborda la acelerada urbanización que ha sufrido el piedemonte andino de Santiago de Chile en las últimas décadas, identificando para ello la habitabilidad que existe en el área de riesgo directo de la Falla San Ramón a lo largo de las comunas de Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto, con sus áreas residenciales e infraestructura críticas.

Este escenario urbano dentro de la Falla San Ramón y su área de influencia directa como amenaza, se aleja de una visión sistémica e integrada del territorio que se planifica incluyendo este tipo de riesgo geológico. En ese sentido, son menos las experiencias focalizadas en las consecuencias socioeconómicas como Hussain *et al.* (2020), o culturales y psicosociales de las comunidades afectadas, en especial de los residentes originarios, incorporando marcos de acción de planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo para confrontar terremotos (EERI, 2010; PNUD, 2004). Y aún menos, es posible encontrar investigaciones que se focalicen en evaluación de riesgo, actitud cívica y estrategias de resiliencia de la comunidad (UN-Habitat, 2018; Allan *et al.*, 2013; Moser & Stein 2010).

## Habitabilidad y vulnerabilidad frente a riesgo sísmico

Históricamente, los habitantes se han relacionado con su entorno construido y natural según las condiciones o formas específicas que definen su manera de habitar el territorio. Estas condiciones se asumen en la habitabilidad, cuya capacidad es entendida para la presente investigación, desde un enfoque residencial para asegurar las condiciones mínimas de salud y confort en los edificios, su aislamiento térmico y acústico, y de la salubridad (Castro, 1999). Sin embargo, las condiciones mínimas no solo dependen de factores humanos como los activos culturales construidos en la historia de la localidad, y sus hábitos y valores en torno a la forma de habitar (Aliste, 2001); sino que se remiten, incluso, a la conformación geológica y geográfica del territorio.

En ese sentido, la naturaleza del territorio cobra mayor importancia al considerar los tipos de urbanización que se han generado a través de tiempo. Mansilla (2011) plantea que, desde los orígenes de la urbanización en Latinoamérica:

“la gran mayoría de las grandes ciudades [fueron] asentadas en lugares inadecuados [riesgosos], ya sea en faldas de volcanes, en suelos saturados de agua, en las márgenes de ríos, franjas costeras o fallas sísmicas activas [...] y, estas condiciones de riesgo se han venido agudizando por el incremento acelerado de elementos expuestos (físicos y humanos), pero también por una radical transformación del territorio” (2011:20).

A esta condición basal del suelo, Wamsler (2007) añade que desde “el periodo de la colonia, una planificación deficiente promovió fuertemente la vulnerabilidad de las ciudades latinoamericanas [las cuales] comúnmente fueron emplazadas por razones de acceso económico y producción más que factores de seguridad, transformándolas en casos de riesgo” (2007:25). Por su parte, Chardón (2002) señala que la ciudad latinoamericana, en su evolución histórica, no ha tenido la capacidad de absorber el crecimiento vegetativo, principalmente por el importante éxodo rural, mostrando la edificación de un hábitat precario y marginal concentrado en barrios subnormales o espontáneos (tugurios).

Esta situación puede ser más preocupante cuando se desarrolla sobre espacios considerados inadecuados para la construcción, ya que son insalubres o peligrosos. En este sentido, las ciudades latinoamericanas parecen ser estar más expuestas que las europeas frente a los efectos de reemplazo que nuevos proyectos de vivienda y edificios corporativos hacen sobre las propiedades residenciales afectas a la reconstrucción post-desastres (Vargas *et al.*, 2011; Onestini, 2011).

De esta forma, la historia de relación entre las comunidades y su entorno habitable puede entonces estar particularmente presente en las actuales condiciones de habitabilidad que busquen enfrentar la vulnerabilidad ante amenazas naturales como una actividad volcánica, deslizamiento, inundación, u otro evento que puede terminar en un evento catastrófico. Además, Winchester (2008) agrega que “la formación de asentamientos precarios en grandes ciudades ha reforzado los procesos de exclusión urbana y social, ha estimulado los conflictos en el uso del suelo en los planes de desarrollo urbano y ha obstaculizado los procesos de mejoramiento” (2008:35).

Se puede señalar entonces que la habitabilidad y la vulnerabilidad de una comunidad expuesta ante una amenaza natural están directamente relacionadas. Esta última condición, la vulnerabilidad, se expresa como:

“una situación en donde las personas no disponen de bienes (tangibles e intangibles) que permitan superar una crisis o contrarrestar sus efectos en el bienestar y la calidad de vida, provocando un sentimiento de inseguridad, que tiene características específicas en situaciones de desastres” (Easton *et al.*, 2018:8).

Es por ello que una mirada sistémica del territorio, que contemple la identificación de los modos de habitar de las localidades y sus niveles de vulnerabilidad ante escenarios de amenaza y reducción del riesgo de desastres, cobra especial interés (CNID, 2016; Davoudi & Porter, 2012).

### *El riesgo sísmico en la planificación urbana*

La mayoría de los investigadores concentrados en estrategias urbanas de reconstrucción coinciden que, desde los años 90, estos procesos se ven como una oportunidad para invertir en proyectos nuevos bajo la fuerza del mercado y con especulación inmobiliaria (Ciper, 2010), más que la implementación de estrategias para enfrentar adecuadamente los efectos físicos, sociales, culturales y psicológicos (UNDP, 2013; Alexander, 2012; Mansilla, 2011; Naciones Unidas, 2010). En general, parece no existir una conciencia del “riesgo de desastre en la planificación urbana ni regional, [ni en] la regulación del crecimiento urbano” (PNUD, 2004:88).

Wamsler (2007) ratifica esta aseveración señalando que “publicaciones que incluyan la adaptación de planificación para el desarrollo de asentamientos que están sujetos a desastre son una excepción [y] principalmente son enfocados en los aspectos puramente físicos/estructurales del medioambiente construido” (2007:26). Y especialmente “donde ‘lo temporal’ a menudo se transforma o se extiende a ‘décadas’, y donde lo ‘transicional’ se deja finalmente como una modificación permanente” (Ozerdem & Rufini, 2013:136). “Esto a menudo significa el no considerar las condiciones pre-existentes de riesgo de desastre y de este modo ignorar efectivamente el riesgo de futuros desastres” (IRP, 2007:2).

Además, este escenario puede ser aún complejo cuando las amenazas que provienen de fallas corticales e invisibilizadas, como la Falla San Ramón, parecen desestimarse por las mayores tasas de recurrencia de grandes terremotos que caracterizan a este tipo de estructuras geológicas corticales (Vargas *et al.*, 2014), respecto de aquellos que ocurren en el contacto entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica (Ruiz & Madariaga, 2018), lo cual redundaría en una falsa sensación de aparente inactividad y, luego, una falsa sensación de seguridad.

De esta forma, la reconstrucción como causa de un evento catastrófico puede entenderse erróneamente (o únicamente) como una respuesta rápida al daño físico con provisión de vivienda (MINVU, 2013) y recuperación de servicios básicos (suministro de agua, electricidad, conectividad primaria, etc.). Se requiere, por tanto, enfoques normativos más holísticos que provengan del estudio que estime en qué medida la sociedad es capaz de absorber la ocurrencia del fenómeno natural, de oponerle resistencia y de adaptarse a él; o, llegado el caso, medir el nivel de daños y de perturbación consecutivo al fenómeno (Chardón, 2002).

En la actualidad, existen diversos estamentos legales y normativos vigentes que permiten una visión más sistemática sobre el tema y realzan la importancia de asumir el riesgo de desastres en la planificación urbana con un rol protagónico en la comunidad, en sus capacidades resilientes y activos culturales (Inzulza-Contardo & Morán-Figueroa, 2017). Tal es el caso del Marco de Sendai 2015-2030 que complementa el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 (UNISDR, 2007), la Nueva Agenda Urbana de ONU Habitat III 2016 (Naciones Unidas, 2017), la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018, 2018a) y la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (ONEMI, 2020) con su Plan Estratégico Nacional 2020-2030 para Chile, entre otros.

La expansión acelerada de la ciudad de Santiago, principalmente desde los años 80 hacia el borde oriente del valle central, se puede evidenciar con la disparidad de las condiciones de habitabilidad en las seis comunas antes mencionadas - Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto - asentadas sobre los 30 kilómetros de extensión aproximada de la Falla San Ramón. Esta situación que difiere en las condiciones de habitabilidad puede, además, relacionarse con una vulnerabilidad mayor de algunas de sus comunidades, dificultando con ello, una adecuada reducción del riesgo (Pérez-Tello, 2016; Olshansky & Chang, 2009).

Si bien no existen mediciones comparables sobre vulnerabilidad social en todas las comunas, la disparidad se observa en la medición de pobreza multidimensional en cuatro de ellas (Las Condes, Peñalolén, La Florida y Puente Alto) a través de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional CASEN 2015, específicamente en indicadores como seguridad social, educación, salud, habitabilidad y entorno, redes y cohesión social (MDS, 2016). Aquí se observan inequidades en las capacidades con que puedan contar sus habitantes para hacer uso de su espacio habitable de una manera que les permita afrontar un posible desastre ocasionado por la amenaza y, sobre todo, para reconstruir sus proyectos de vida.

En lo que a habitabilidad se refiere, existen condiciones de hacinamiento, precariedad o mal estado de las viviendas en el 20% de los hogares de Peñalolén, La Florida y Puente Alto; mientras que en Las Condes existen en solo el 3,5%. Además, se concentran problemas de contaminación medioambiental, equipamiento básico o demora en el transporte en el 17,1% de los hogares de una sola de las comunas. Esta situación dispar se traduce en distintas prácticas socio espaciales en el modo de habitar el piedemonte respecto a niveles de pobreza, activos sociales y tipologías edificatorias para enfrentar y reducir el riesgo de desastre socio-natural representado por la Falla San Ramón.

La pregunta que guía el trabajo es si ¿es posible obtener un panorama metropolitano que permita entender la vulnerabilidad del piedemonte de Santiago de manera multi-dimensional y con datos e índices más precisos sobre las distintas dimensiones desde las comunas expuestas a la

Falla San Ramón? Lo anterior, más aún considerando el crecimiento urbano que ha experimentado este territorio como resultado una dispar distribución territorial de la población y con diferencias en la posibilidad de adaptación y respuesta de los habitantes ante la potencial activación de la Falla San Ramón.

Además, es importante reforzar que la vulnerabilidad se transfiere más allá de la exclusión social, que no se limita al acceso a los beneficios que la ciudad ofrece, sino también a la participación en las decisiones que afectan a la ciudad. Por tanto, las capacidades con que cuenten los habitantes para hacer uso de sus condiciones de habitabilidad en función de prevenir, responder y recuperarse de una situación de desastre, es crucial (Cardona, 1996; Maskrey, 1993; Cutter et al., 2003).

## El piedemonte de Santiago y la Falla San Ramón

El piedemonte de Santiago supone el límite oriente de la ciudad, de norte a sur. Según cifras del Censo 2017, la población del Gran Santiago alcanzaba a 6,1 millones de habitantes (aproximado), lo que corresponde a un incremento de un 12,2% con respecto al Censo 2002 (INE, 2017), lo cual demuestra un crecimiento más estancado respecto de la medición anterior, que alcanzó un 14,8%. Según los resultados del Censo 2017, el crecimiento de la población se distribuyó, principalmente, en las comunas de la zona sur. El área urbana del Gran Santiago se incrementó de 64.140 hectáreas en 2002 a 78.252 hectáreas para el año 2017, representando un aumento del 22%.

Así, es posible observar cómo la urbanización en las comunas del sector nororiente como Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes y el sector de Puente Alto, alcanzaron en conjunto, entre 25% y 31% de territorio urbanizado en los años 1994 y 2003, respectivamente, con la posibilidad de un máximo territorio urbanizable cercano al 75% del largo total de la traza de la Falla San Ramón, al considerar lo establecido por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Así, es posible observar un sector oriente de Santiago cuya urbanización ocupaba alrededor de un 31% de la traza de la Falla San Ramón en el año 2003, con un rápido incremento de hasta 53% en el año 2013, alcanzando un 55% el año 2017 (Easton et al., 2018).

Según el Censo 2017, las seis comunas que son materia de análisis de la presente investigación concentran a un total de 1.649.630 personas, lo que representa un 9,4% del total País (17.574.003 de personas) y un 23,2% de la población de la Región Metropolitana (7.112.808 de personas). A nivel comunal, las comunas que concentran la mayor población son las comunas de Puente Alto (34,4%); seguido de La Florida (22,2%), Las Condes (17,9%) y Peñalolén (14,6%). Se debe señalar que en las comunas de la Florida y Puente Alto fue censada población rural en cifras muy menores de 117 y 12 personas respectivamente. El resto de las comunas mencionadas son completamente urbanas. A nivel de superficie, la comuna de Las Condes tiene la mayor superficie (27,2%), seguida de Puente Alto (24,3%), La Florida (19,5%), y Peñalolén (14,7%).

## La Falla San Ramón (FSR) y su urbanización heterogénea

La Falla San Ramón (FSR) es un sistema de falla cuaternaria y activa de orientación general N-S, mecanismo inverso y vergencia al oeste (Armijo *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2014). La FSR se posiciona en el límite entre la Depresión Intermedia y la Cordillera Principal, a lo largo del piedemonte en los faldeos cordilleranos de la zona oriente de Santiago, manteniendo principalmente un rumbo N-S, con variaciones en algunos tramos a NNW-SSE (Figura N°1). Afecta a rocas cenozoicas de las formaciones Abanico y Farellones, como también a rocas plutónicas ubicadas en el frente cordillerano, montándolas sobre sedimentos no consolidados de edad cuaternaria que constituyen el relleno y la superficie del piedemonte y valle de Santiago. En el piedemonte cordillerano, la falla se manifiesta a través de conspicuos escarpes geomorfológicos (Rauld, 2002; 2011), consistentes con su estructura inversa a escala cortical (Armijo *et al.*, 2010), así como con evidencias de actividad y ruptura en superficie en los últimos 17.000 y 8.000 años (Vargas *et al.*, 2014).

### Figura N°1.

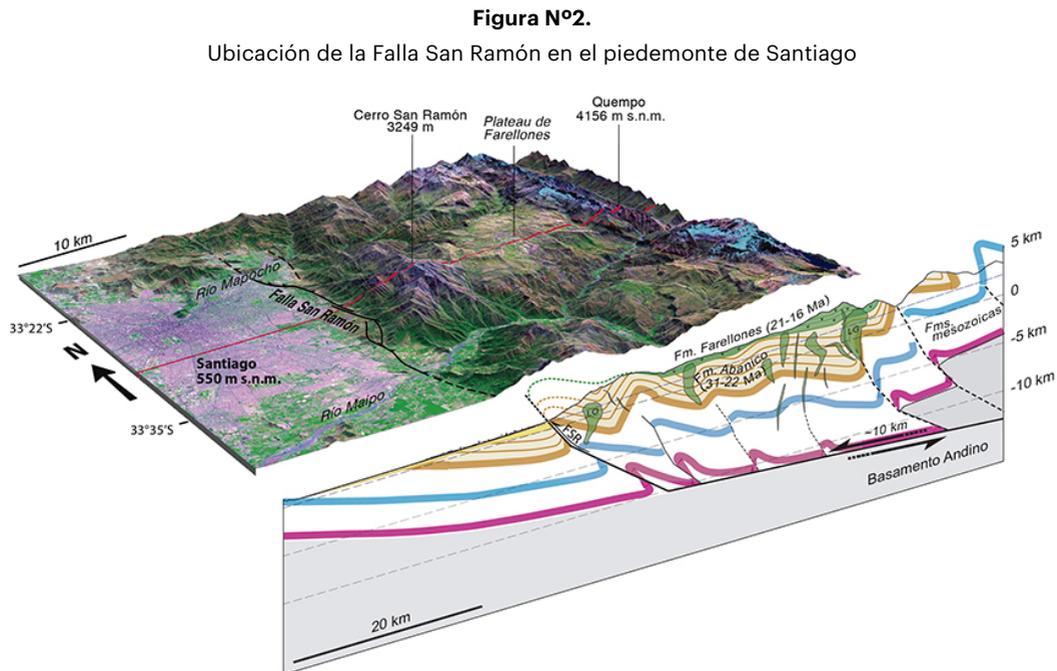
Imagen del piedemonte de Santiago como fondo de figura y relación con la ciudad



Fuente: Archivo autores

A nivel geológico, “la traza de la falla se ha definido a partir del estudio de escarpes morfológicos y rasgos estructurales asociados a la misma, entre los ríos Mapocho y Maipo” (Vargas & Rebolledo, 2012, p 854). La FSR se compone de tres subsegmentos principales de 10-15 km de largo que se vinculan entre sí a través de zonas de traspaso, en las cuales es posible observar trazas paralelas u oblicuas del sistema de la falla principal” (Armijo *et al.*, 2010) (Figura N°2). A partir de estudios geomorfológicos y estructurales de rocas y depósitos afectados por la Falla San Ramón, se han estimado tasas de deslizamiento promedio del orden de 0,13 mm/año a 0,40 mm/año en las últimas decenas a cientos de miles años (Armijo *et al.*, 2010). Más recientemente, a partir del estudio de trincheras paleosismológicas que permitieron la observación directa de esta falla

afectando capas de sedimento del suelo de Santiago, se pueden estimar tasas de 0,5-0,6 mm/año para el desplazamiento en superficie de esta estructura geológica en los últimos 8.000 y 17.000 años (Vargas *et al.*, 2014).



Fuente: Easton *et al.* (2018), Armijo *et al.* (2010)

En términos de riesgo, en Easton *et al.* (2018) se recopilan los principales antecedentes publicados en los estudios tectónicos y paleosismológicos previos (Rauld, 2002; Armijo *et al.*, 2010; Rauld, 2011; Vargas y Rebolledo, 2012; Vargas *et al.*, 2014). Por una parte, la FSR podría generar sismos mayores con magnitudes esperables para grandes terremotos de entre  $M_w$  7.2 – 7.5, lo que produciría aceleraciones del suelo localmente muy superiores a las generadas en Santiago por el terremoto del Maule en 2010. A lo anterior, se suma la posibilidad de ruptura en superficie, tal como muestra el registro paleosismológico (hace 17.000 y 8.000 años), con desplazamientos de entre 4 a 5 m -y levantamientos de 2 a 3 m- del bloque cordillerano sobre la Depresión Central a lo largo de la traza de la falla.

Factores que incrementan el nivel de riesgo al interior del área de estudio, son, de acuerdo a Easton *et al.* (2018):

- “la habitabilidad, con condiciones de hacinamiento, precariedad o mal estado de las viviendas en cerca del 20% de los hogares de tres de las comunas, y la vulnerabilidad social por problemas de contaminación medioambiental, carencia de equipamiento básico o demora en el transporte, situaciones que afectan al 17,1% de los hogares en Puente Alto” (Easton *et al.*, 2018:8).

Lo anterior se vuelve más complejo cuando, además, las personas no gozan en su vida cotidiana de los soportes sociales necesarios para la circulación de información, bienes o servicios.

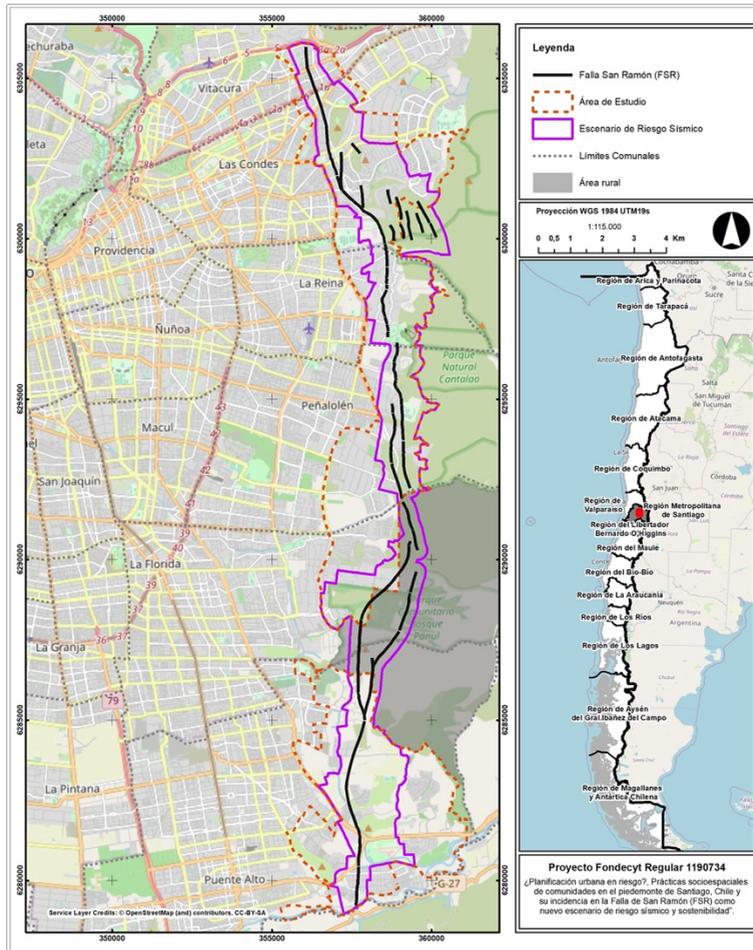
## Metodología

El presente trabajo identifica la habitabilidad dentro del área de influencia o riesgo directo de la Falla San Ramón para las comunas de Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto. Para determinar esta área de estudio (Figura N°3), se considera la caracterización estadística de la población y vivienda que habita en el área colindante de la FSR, que proviene de la información estadística del Censo 2017 y su determinación con la base de datos a nivel geográfico de zona o localidad (INE, 2017). En particular, se decidió usar el nivel de zona censal el cual “corresponde a la división del distrito censal urbano y área urbana de los distritos censales mixtos, formada por un conglomerado de manzanas, cuya finalidad es facilitar la organización, control y levantamiento del censo” INE (2017, p.7). De este modo, el área de influencia o riesgo directo definida en este estudio debe entenderse como una unidad que facilita el análisis urbano y de vulnerabilidad socioeconómica en la zona más cercana a la traza de la Falla San Ramón, pero que de ningún modo excluye el resto del valle de Santiago ni el frente cordillerano como áreas de riesgo ante su potencial activación.

Para la determinación de la habitabilidad en la FSR, se aplicó un análisis multi-criterio con una selección de indicadores que emanaron de un panel de expertos constituidos por profesionales en temas de análisis de riesgos naturales y de vulnerabilidad socioeconómica. Se entrevistó a Rodrigo Rauld, Doctor en Geología; Pablo Sarricolea, Doctor en Geografía; Anne-Catherine Chardon, Doctora en Geografía; Miguel Contreras, Doctor en Geografía y Jorge Inzulza, Doctor en Urbanismo. Desde este panel de expertos se logra, por una parte, controlar el nivel de incertidumbre del método de análisis multi-criterio (Mendoza *et al.*, 2019) y, por otra, obtener la priorización jerárquica de los indicadores a utilizar según sus características de vulnerabilidad.

Figura N°3.

Área de estudio: piedemonte de Santiago afecto a la Falla San Ramón



Fuente: Elaboración autores

Para ello se utilizó el método de Jerarquía Analítica (Saaty, 1980) como una herramienta de ayuda en la toma de decisiones. Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso (Osorio y Orejuela, 2008). Este método:

“utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior. Cuando las prioridades de los elementos en cada nivel se tienen definidas, se agregan para obtener las prioridades globales frente al objetivo principal” (Osorio & Orejuela, 2008:248).

La comparación al interior de la matriz se realiza con la escala de jerarquía que evalúa con escala de 1 a 9, donde 1 es igualmente importante, y 9 es extremadamente importante.

Los resultados de la priorización jerárquica obtenida a través de la opinión de expertos, fue procesada a través del software *Expert Choice*, software para la toma de decisiones a través de jerarquía analítica. Finalmente, los pesos jerárquicos fueron otorgados a cada variable y procesados con ARCGIS 10.5, obteniendo un mapa de grados de vulnerabilidad (Cuadro N°1).

**Cuadro N°1.**

Variables, indicadores y fuentes de información para el índice de vulnerabilidad

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Resultado</b>
<b>Características Físicas</b>	- Geológicas - Sismológicas - Respuesta sísmica	Procesamiento de variables según peso relativo	<b>Índice Físico</b>
<b>Características Socioeconómicas</b>	- Población total - Densidad población - Dependencia económica - Hacinamiento - Nivel educacional jefe de hogar - Valor fiscal del terreno - Ingreso Promedio de hogares - Grupos socioeconómicos		<b>Índice Socioeconómico</b>
<b>Características Asentamiento</b>	- Tipo de vivienda - Tipo construcción - Altura construcción - Materialidad - Seguridad		<b>Índice Asentamiento</b>
<b>Características Infraestructura Crítica</b>	- Distancia IC a Falla San Ramón - Población flotante en IC - Presencia de población infantil o con movilidad reducida - IC cuenta con plan de emergencia (oficial, municipal)		<b>Índice Infraestructura Crítica</b>
<b>Peso Jerárquico entre variables</b>	- Análisis jerárquico de variables	Panel de expertos	<b>Análisis jerárquico de variables</b>
<b>Vulnerabilidad de los habitantes</b>	- Índice general - Análisis Multicriterio	Procesamiento de variables según peso relativo de cada índice	<b>Mapa Distribución de sectores según resiliencia o vulnerabilidad.</b>

Fuente: Elaboración autores

Para la determinación de la habitabilidad en la FSR, se estableció el análisis multi-criterio con índices físico, socioeconómico, de asentamientos e instalaciones críticas; para generar un panorama metropolitano de vulnerabilidad social.

## Índice Físico

El análisis jerárquico de variables dio como resultado que, del indicador del medio físico, las aquellas con mayor peso resultaron ser “Distancia a Falla San Ramón” y “Respuesta sísmica del suelo”, con un 81% del indicador. Por lo que se considerarán estas variables y sus pesos relativos en la construcción del índice.

Para la variable “Distancia a Falla San Ramón”, la reclasificación de esta variable, se realiza en función del estudio “Riesgo y modificación PRMS Falla San Ramón” (SEREMI & MINVU, 2012), en el que se clasifica el nivel de riesgo asociado a la aceleración máxima en la horizontal (PGA), ante un posible evento generado por la FSR. Para la variable “Respuesta Sísmica del Suelo”: La reclasificación de estas variables se realizó en función de SERNAGEOMIN (2003) “Respuesta Sísmica de la Cuenca de Santiago, Región Metropolitana de Santiago”.

## Índice Socioeconómico

Con respecto al índice socioeconómico, como resultado del proceso analítico jerárquico (AHP), fue posible determinar que las variables con mayor peso en la toma de decisiones correspondían a: “Hacinamiento”, “Nivel educacional jefe de hogar”, “Ingreso promedio de hogares”, y “Grupos socioeconómicos”, variables que en conjunto representan un 88% del peso relativo del indicador.

En una segunda etapa se consideró que las variables “Nivel educacional del Jefe de Hogar”, “Ingreso Promedio de Hogares” y “Grupo Socioeconómico”, son variables que están relacionadas con la capacidad de los hogares de hacer frente a las circunstancias, a las formas en que las personas utilizan los recursos y capacidades disponibles para enfrentar las condiciones adversas. Por lo que se procedió a reclasificar estas variables según los Cuadros N°2, N°3 y N°4, respectivamente.

En cambio, la variable “Hacinamiento”, registra 1.438 hogares al interior del área de estudio, lo que corresponde a un 3,25% del total de hogares, por su bajo peso como variable, no fue considerada en la construcción del índice.

**Cuadro N°2.**

Reclasificación Nivel Educativo JH

<b>Variables</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Reclasificación</b>
Educación Universitaria	Riesgo menor	1
Educación Media, Técnico superior	Riesgo medio	3
Educación Básica	Riesgo mayor	7

Fuente: Elaboración autores

**Cuadro N°3.**

Reclasificación Ingreso Promedio de hogares

<b>Variables</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Reclasificación</b>
Mayor a \$3.000.000	Riesgo menor	1
Entre \$3.000.000 - \$1.000.000	Riesgo medio	3
Entre \$1.000.000 - \$201.000	Riesgo medio mayor	7
Menor a \$201.000	Riesgo mayor	10

Fuente: Elaboración autores

**Cuadro N°4.**

Reclasificación Grupo Socioeconómico

<b>Variables</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Reclasificación</b>
C1a	Riesgo menor	1
C2	Riesgo medio	3
C3	Riesgo mayor	7

Fuente: Elaboración autores

### *Índice de Asentamientos*

En el indicador de asentamiento, las variables con mayor peso resultaron “Materialidad” y “Altura de la construcción”, con un 60%; por lo que se consideraran estas variables y sus pesos relativos en la construcción del índice. Considerando que solo un 0,6% de las viviendas se clasifican como viviendas irrecuperables, un 2,5 como viviendas recuperables, y un 96,9% como de materialidad aceptable, no se considera la variable “Materialidad de la Vivienda” en la construcción del índice.

Las variables “Tipo de vivienda”, “Tipo de construcción” y “Altura de construcción” se relacionan con la interacción entre un grupo con recursos necesarios como para enfrentar una situación de riesgo sísmico, mientras que grupos vulnerables generan un escenario en donde las personas que no disponen de bienes (tangibles e intangibles) que les permitan superar una crisis o contrarrestar sus efectos en el bienestar, se les produce un sentimiento de inseguridad en situaciones de desastres.

### *Índice de Instalaciones Críticas*

En el indicador de instalaciones críticas, las variables con mayor peso resultaron ser “Distancia IC a Falla San Ramón” y “Población flotante en IC”, con un 74% del indicador; por lo que se consideraran estas variables y sus pesos relativos en la construcción del índice. La reclasificación de esta variable se realiza considerando el análisis de “Infraestructura crítica” en relación a los usuarios, anteriormente descrito, y su resultado se presenta en el Cuadro N°5.

**Cuadro N°5.**  
Reclasificación Instalaciones Críticas

<b>Variables</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Reclasificación</b>
Distancia a FSR mayor a 300m / Población entre 0 – 300	Riesgo menor	1
Distancia a FSR 100m – 299 m / Población entre 300 – 7.000	Riesgo medio	3
Distancia a FSR menor a 100m / Población mayor a 7.000	Riesgo mayor	7

Fuente: Elaboración autores

## Resultados y Discusión

### *Evaluando la vulnerabilidad del area de estudio en riesgo*

Tal como se señaló anteriormente, el área de estudio está formada por las zonas censales de seis comunas (Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto), incluyendo una distancia lineal aproximada o mayor de 300 metros con respecto al emplazamiento de la Falla San Ramón. En relación con la amenaza que representa la posibilidad de ruptura en superficie ante la potencial activación de la Falla San Ramón, se ha considerado una franja de unos 300 metros de ancho ubicada en torno a la traza de esta falla como una zona de búfer o influencia directa (Seremi Minvu RM, 2012; Easton *et al.*, 2018), a lo cual se añade, en este trabajo, un área mayor que coincide y se articula con el área urbana y principales elementos como línea oficial de calles o predial para su articulación con las zonas censales. Además, en la definición del área de estudio se consideraron solo las entidades pobladas urbanas, ya que la población rural censada arrojó un valor bajo, disperso y presente solo en dos entidades rurales que en su posición se alejaban de los 300 metros de la FSR.

En el área de estudio se registraron un total de 152.308 personas (ver Cuadro N°6), según el cálculo en base a las Zonas Censales establecidas en el Censo 2017, lo que representa un 2,1% del total de la población de la Región Metropolitana de Santiago (7.112.808 personas) y un 9,2% de la población total de las seis comunas analizadas (1.649.630 personas).

**Cuadro N°6.**  
Población total a nivel de zonas censales

<b>Comunas del Área de estudio</b>	<b>Población total en zonas censales seleccionadas</b>	<b>Distribución %</b>
Vitacura	10.650	7,0
Las Condes	60.958	40,0
La Reina	11.476	7,5
La Florida	10.043	6,6
Peñalolén	18.897	12,4
Puente Alto	40.284	26,4
Total general	152.308	100,0

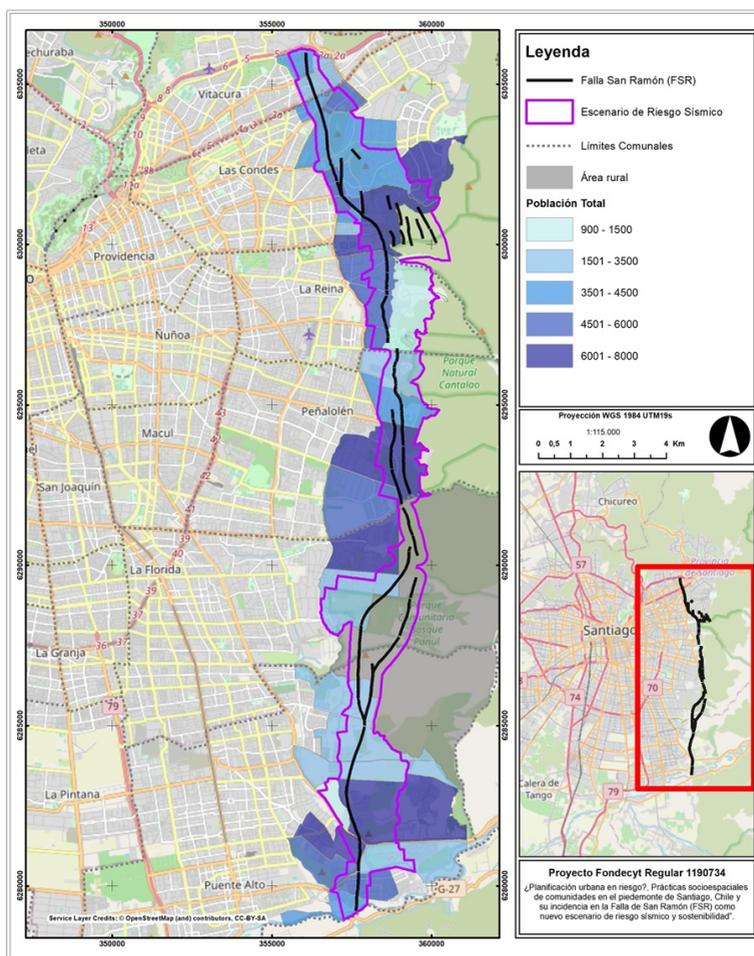
Fuente: Elaborado en base a INE (2017).

De esta forma, fue posible obtener la cartografía base (Figura N°4), la cual muestra la población total por zona censal como área de estudio y, dentro de ella, el escenario de riesgo sísmico que representa el *buffer* de la FSR. Específicamente, las comunas que concentran la mayor población respecto del total de las comunas consideradas son aquellas de Las Condes (40%), Puente Alto (26,4%) y Peñalolén (12,4%).

Respecto al nivel educacional del “Jefe de hogar”, en términos generales, el principal nivel es Profesional (11,4%); seguido de Científico Humanista (11,9%), Magister (11,4%), Técnico Superior (10%) y Técnica profesional (9,7%). (Figura N°5) los resultados arrojan que Vitacura presenta dos Niveles Educativos del “Jefe de hogar”: Profesional (56,4%) y Magister (18%), mientras que Las Condes presenta un escenario distribuido en diferentes niveles educacionales principales con Profesional (39,4%), Magister (12,4%), Científico Humanista (12,1%), Educación Básica (8,7%), Técnica Profesional (8,6%) y Técnico Superior (8,2%).

**Figura N°4.**

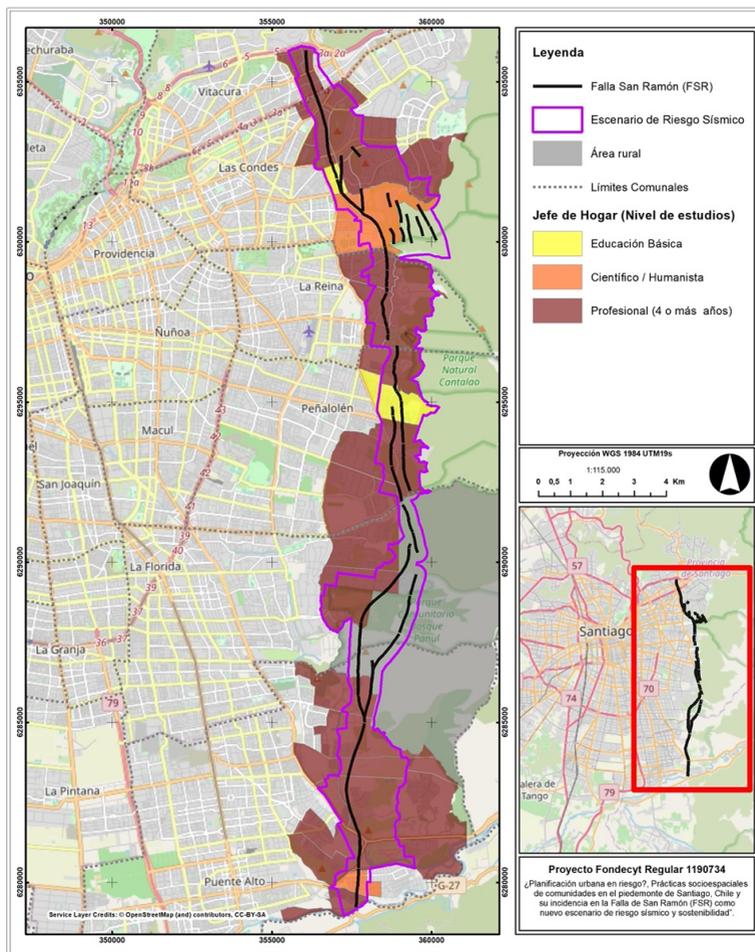
Población total en Falla San Ramón por zona censal



Fuente: Elaboración autores en base a Curihuinca (2020).

Por su parte, La Reina presenta dos Niveles Educativos del “Jefe de hogar”: Profesional (54,4%) y Magister (24,7%). La Florida presenta tres niveles educativos del “Jefe de hogar”: Profesional (60,8%), Magister (13,6%) y Técnico Superior (8,4%). Peñalolén presenta un escenario distribuido en diversos niveles educativos, con Profesional (37,8%), Científico Humanista (14,6%), Educación Básica (14%), Magister (12,9%) y Técnica Profesional (9,8%). Mientras que, en Puente Alto, los niveles educativos son Profesional (39,8%), Técnico Superior (16,4%), Científico Humanista (16,2%), y Técnica Profesional (15,7%).

**Figura N°5**  
Nivel de estudio del jefe de hogar en Falla San Ramón



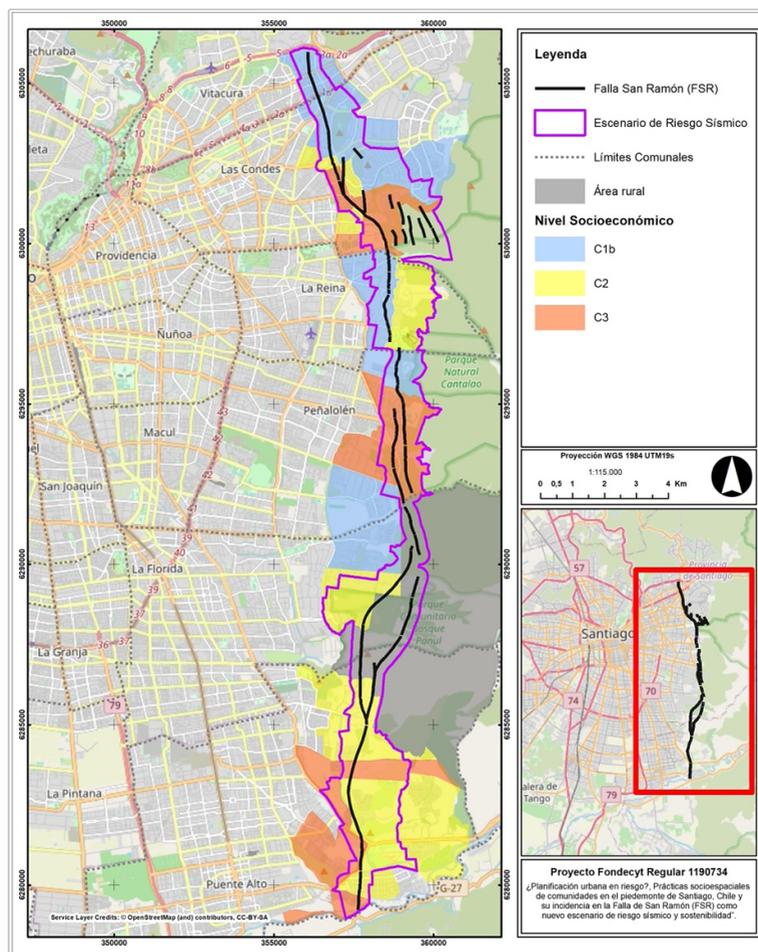
Fuente: Elaboración autores en base a Curihuinca (2020).

Respecto a los datos de hogares entregados por la Encuesta Origen Destino (2014), los rangos de ingresos por hogar se distribuyen entre los rangos menor a \$200.000 a \$10.000.000. Es posible apreciar que la distribución de ingresos es heterogénea considerando las comunas involucradas, con rangos obtenidos de ingresos promedios por hogar de \$200.000 a \$7.000.000 para Vitacura; \$200.000 a \$10.000.000 para Las Condes; \$200.000 a \$7.000.000 en La Reina;

\$200.000 a \$5.000.000 en La Florida; menor de \$200.000 a \$5.000.000 en Peñalolén; y menor de \$200.000 a \$3.000.000 para Puente Alto.

Generando un cruce entre el nivel educacional del “Jefe de hogar” y los ingresos de hogares de la Encuesta Origen Destino (2014), fue posible realizar una clasificación por grupo socioeconómicos a nivel de zona censal. Al observar la Figura N°6, se aprecia que las clases socioeconómicas presentes en el área de estudio son C1b, C2 y C3. A nivel comunal, la distribución de grupos socioeconómicos es heterogénea, con rangos de Vitacura: C1b; Las Condes: C1b, C2 y C3; La Reina: C1b y C2; La Florida: C1b y C2; Peñalolén: C1b y C3; y Puente Alto: C2 y C3.

**Figura N°6.**  
Nivel socioeconómico en Falla San Ramón



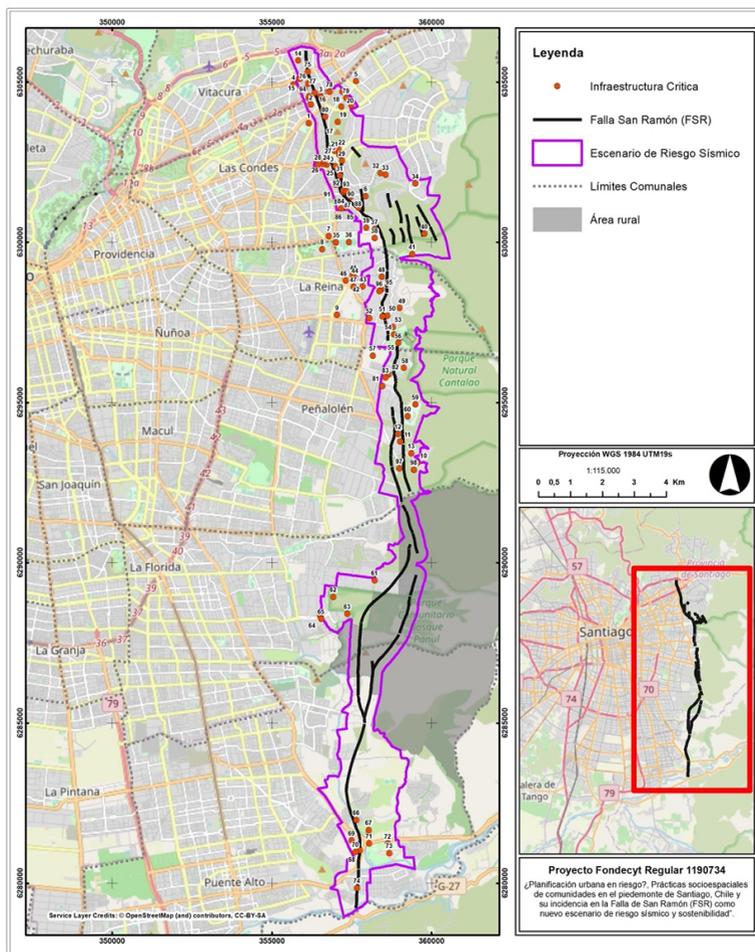
Fuente: Elaboración autores en base a Curihuinca (2020).

Respecto a la presencia de infraestructura crítica se identificaron 79 edificaciones, entre las que destacan hospitales, clínicas, universidades, colegios, malls y áreas de recreación. Estas infraestructuras críticas por su distancia a la FSR se agrupan en 19 en los primeros 100 metros

desde la FSR; 38 en el rango de 0 a 200m a la FSR; y 55 instalaciones críticas en el rango de 0 a 300 metros desde la FSR. Al considerar a la infraestructura crítica (IC) en un rango de 700m a la FSR; e identificando la población flotante asociada a esta IC, se determinó que estas instalaciones aportan una población cercana a 110.000 personas a la potencial afectada.

Posteriormente, la Infraestructura Crítica fue codificada considerando tanto la distancia a la FSR como su población flotante. Como resultado, se clasificaron las instalaciones con Riesgo mayor (como la Universidad Adolfo Ibáñez - Campus Peñalolén) con infraestructura que se ubica a menos de 100 metros del emplazamiento de la FSR, y con una población potencial de 10.908 personas; Riesgo mayor para el Liceo Politécnico Los Dominicos, Colegio La Virgen de Pompeya, a una distancia menor de 50 metros y una población flotante aproximada a las 1.500 personas. Se determinó un nivel de Riesgo mayor para el mall Alto Las Condes con una distancia de 300 metros aproximados a la FSR y con una población flotante de aproximadamente 75.000 personas diarias.

**Figura N°7.**  
Infraestructura crítica en Falla San Ramón



ID	INFRAESTRUCTURA	DISTANCIA	ID	INFRAESTRUCTURA	DISTANCIA
1	Hospital FACH	480	50	Colegio Santo Domingo Padres Dominicanos	112
2	Mall Alto Las Condes	240	51	Colegio Santo Domingo Padres Dominicanos	38
3	Club Palestino	140	52	British Royal School	444
4	Club Sirio Unido	547	53	Club Deportivo Nacional	195
5	Clinica Las Condes	1333	54	Estadio Municipal de La Reina	188
6	Hospital Dipreca	118	55	Media Luna parque Mahuida	251
7	Portal La Reina	1250	56	Parque Mahuida	99
8	Parque Alberto Hurtado	1684	57	Escuela de Telecomunicaciones del Ejercito	663
9	Hospital Militar de Santiago	1439	58	Club Militar de Campo Peñalolen	297
10	UAI Campus Peñalolen	436	59	Templo Bahai	441
11	UAI Campus Peñalolen	93	60	Magnus Club	179
12	UAI Campus Peñalolen	116	61	Santa Sofia de Lo Cañas	486
13	UAI Campus Peñalolen	252	62	Parque comunitario Bosque Panul	1104
14	Colegio Sagrados Corazones de Manquehue	252	63	Colegio Pablo Apostol	488
15	Totus Express	299	64	Jardin Infantil Antu Mahuida	1286
16	Casas Lo Matta	0	65	Parroquia	1245
17	Observatorio Cerro Calan	408	66	Parque Montecandino	85
18	Estadio Carabineros de Chile	646	67	Cerro la Virgen	335
19	Academia de Ciencias Policiales	950	68	Complejo Deportivo MOP	0
20	Santuario Schoenslatt	820	69	Planta Aguas Andinas	247
21	Comisaria Los Dominicanos	211	70	Balneario Municipal de Puente Alto	138
22	Colegio San Francisco del Alba	201	71	Subcomisaria Las Viscachas	293
23	Club de Tenis El Alba	48	72	Club de campo Las Viscachas	872
24	Pueblo Los Dominicanos	154	73	Autodromo Las Viscachas	921
25	Iglesia Los Dominicanos	231	74	Escuela de Parvulos y Especial Marta Hi	12
26	Los Dominicanos	220	75	Plaza La Uaveria	23
27	Colegio La Virgen de Pompeya	42	76	Plaza	96
28	Plaza Los Dominicanos	404	77	Plaza Tampa	250
29	Area Verde Juegos	30	78	Parroquia Santa Maria de Las Condes	445
30	Parque Glorias del Ejercito	86	79	Los Niños de Nazareth	867
31	Estadio Municipal de Las Condes	34	80	Plaza Arequipa	66
32	Colegio Wenlock School	659	81	Colegio Epullay	393
33	Plaza Las Condesas	573	82	Jardin Infantil Akeiae	159
34	Colegio Padre Hurtado y Juanita de los Andes	661	83	Colegio SEK Austral	284
35	Ciudad Deportiva Ivan Zamorano	1226	84	Liceo Juan Pablo II de Las Condes	335
36	Club Oriente de Futbol	975	85	Multicancha Manuel Rodriguez	28
37	Media Luna Las Condes	124	86	Estadio Municipal Patricia	205
38	Centro de Estudios Nucleares	218	87	Brigada Investigadora de Robos	159
39	Centro de Espiritualidad Marista	310	88	Policlínico Anibal Aristia	121
40	Subestación Los Almendros	63	89	Escuela Especial Rotario Paul Harris	116
41	Parque Natural Aguas de Ramón	326	90	Liceo Politécnico Los Dominicanos	41
42	Colegio Eñevan	689	91	Jardin Infantil Pehuenches	89
43	PDI LACRIM	744	92	Jardin Infantil El Sauce	59
44	Parroquia Leonardo Murialdo	988	93	Jardin Infantil Carmelita Carvajal	142
45	Escuela Basica Leonardo Murialdo	1067	94	Clinica psiquiatrica Pocuro	206
46	Uder	1274	95	Casa Activa del Adulto Mayor	160
47	Centro Integral Diurno del Adulto Mayor	1018	96	Clinica Instituto El Cedro	226
48	Escuela Basica Madrigal	166	97	Media Luna de Peñalolen	141
49	Casa de campo La Reyna	516	98	Botanico Centro de Eventos	318

Fuente: Elaboración autores en base a Curihuinca (2020).

## Panorama de vulnerabilidad desde el análisis multicriterio

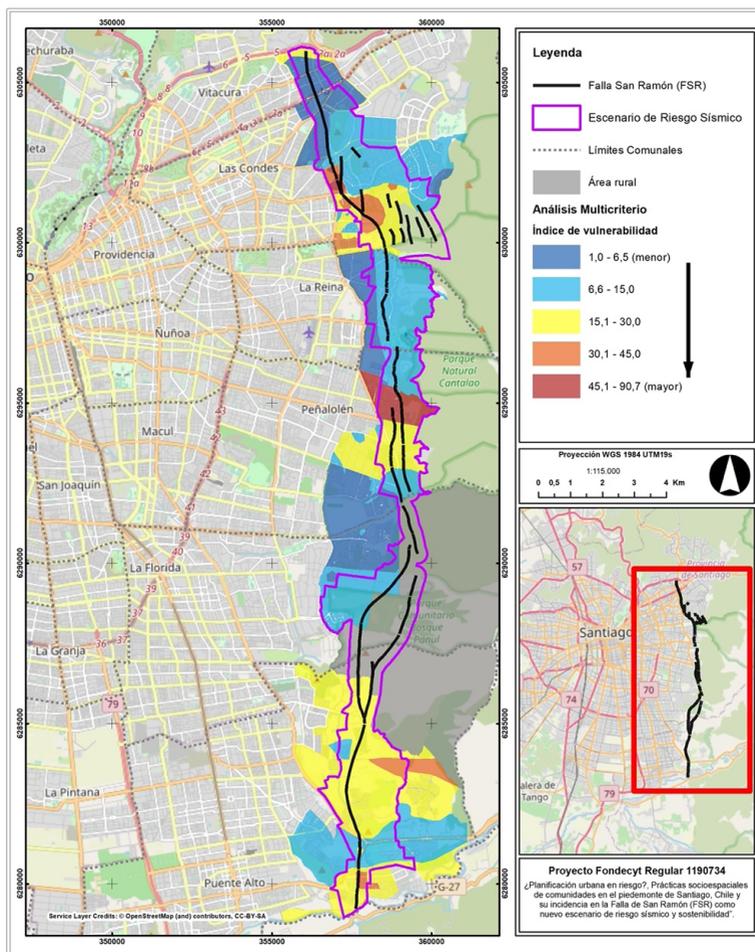
Como resultado del análisis multicriterio se han comparado los cuatro índices analizados, considerando el índice físico con un peso de 0,2; el índice socioeconómico con 0,24; el índice de asentamiento con 0,25 y el índice de instalaciones críticas con 0,31. Como resultado de esta categorización, se presenta la Figura N° 8, en la que se puede apreciar un panorama metropolitano de vulnerabilidad y, en particular, los sectores con color rojo que se identifican como más críticos: uno en la comuna de Las Condes y el segundo en la comuna de Peñalolén. Este último sector posee una mayor superficie vulnerable (45,1 – 90,7) que abarca el ancho del área de estu-

dio, contrastando, además, con las zonas al sur de la comuna de Peñalolén con valores menores (zona amarilla 15,1 – 30,0 y zona azul 1,0 – 6,5).

De esta forma, el análisis multicriterio (que considera más de 20 indicadores agrupados) entrega una mirada de la vulnerabilidad que se considera como una primera aproximación para entender el riesgo que representa la Falla San Ramón, dada la complejidad territorial del piedemonte de Santiago. Sin duda que, dentro de cada zona de mayor vulnerabilidad se revela además una mayor complejidad del territorio si se consideran, por ejemplo, los grupos sociales que allí habitan con niveles socioeconómicos distintos y tipologías de vivienda relacionadas a infraestructura crítica específica.

**Figura N°8.**

Determinación de vulnerabilidad en Falla San Ramón en base a análisis multicriterio



Fuente: elaboración autores en base a Curihuinca (2020).

En ese sentido, la habitabilidad del piedemonte requiere de una mirada más específica que podría ser abordada en el nivel comunal para entender con mayor precisión como se compone el territorio habitado y siguiendo normas urbanísticas específicas de cada uno de los seis municipios que han sido considerados en el presente trabajo. Sin perjuicio de lo anterior, lo interesante de esta primera aproximación es que se puede desmitificar que la condición socioeconómica no necesariamente implica una respuesta más resiliente, sino que requiere de un análisis más pormenorizado del territorio donde se habita incluyendo el comportamiento humano o riesgo antropoceno (Keys *et al*, 2019) y su relación entre el medio construido con el natural.

## Conclusión

La presente investigación ha podido revelar un tipo de riesgo latente hoy en día en el piedemonte de Santiago, donde la Falla San Ramón atrae cada vez más la atención de los especialistas en materia de riesgo sísmico y sus implicancias en el desarrollo urbano. Lo anterior, más aún, cuando, a partir de su reconocimiento geológico, el riesgo en este territorio está íntimamente ligado con el tipo de habitabilidad y la vulnerabilidad resultante, lo cual se ha demostrado por medio de un análisis multicriterio con una visión panorámica a nivel metropolitano. Sin embargo, esta primera mirada de la vulnerabilidad requiere de una bajada al territorio comunal donde es posible incluir otros indicadores territoriales que se adicione a los agrupados en la presente investigación, e involucren las singularidades de cada comuna y la relación entre ellas (por ejemplo, entre los límites comunales) Es por ello que en una etapa posterior, se recomienda profundizar el menor o menor grado de vulnerabilidad con otras variables que permitan incluir análisis socio-espaciales con mayor detalle e identificando las comunidades implícitas y sus interacciones con conductas más resilientes.

De esta forma, la relación entre el medio construido y el natural requiere de otros matices, lo que podría ser asumido por cada una de las seis comunas que se han incluido en este análisis, agregando un tipo de caracterización de los diferentes hogares y su vida cotidiana que le entregue al índice de vulnerabilidad la componente y caracterización socio espacial específica. El avanzar en este tipo de análisis sobre la problemática de la Falla San Ramón, debería permear en las capas de planificación urbana con una mirada más estratégica y resiliente del territorio, considerando, por ejemplo, tanto las instalaciones críticas como la cantidad de población fija y flotante, para determinar planes de diseño urbano que incluyan vías de evacuación, zonas de seguridad y otros elementos que convivan en este territorio en riesgo.

En ese sentido y, en concordancia con la planificación urbana y sus niveles de acción, los resultados obtenidos aquí podrían extrapolarse a lo que el Plan Regulador Metropolitano de Santiago debiera tener en su actuación regional. Particularmente, este plan recoge lo concerniente a zonas de riesgo, de modo tal que en uno de sus artículos (2.1.17), la OGUC señala que “En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos” (MINVU, 1992), siendo de responsabilidad del Estado, a través del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, la permanente revisión, actualización y aplicación de este instrumento. De lo anterior resulta que la autoridad tiene los elementos normativos necesarios para avanzar, desde esa perspectiva, en la urgente gestión del riesgo de la Falla San Ramón, en pos de una ciudad más resiliente y sostenible.

## Referencias

- ALEXANDER, D. Disasters: lessons learned?, *Journal of Geography and Natural Disasters*, 2012, N°1, p. 1-2. doi: 10.4172/2167-0587.1000e102
- ALISTE, E. Sustainability and territory: An approach to shape development from the perspective of the imaginary, *Global Sustainability*, 2015, p. 119-135. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16477-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16477-9_7)
- ALLAN, P., BRYANT, M., WIRSCHING, C., GARCIA, D. & RODRÍGUEZ; M. The Influence of Urban Morphology on the Resilience of Cities Following an Earthquake, *Journal of Urban Design*, 2013, Vol. 18, N°2, p. 242-262. <https://doi.org/10.1080/13574809.2013.772881>
- ARMIJO, R., RAULD, R. THIELE, R., VARGAS, G., CAMPOS, J., LACASSIN, R. & KAUSE, E. The West Andean Thrust, the San Ramón Fault, and the seismic hazard for Santiago, Chile. *Tectonics* 2010, N° 29, TC2007, p.1-34. <https://doi.org/10.1029/2008TC002427>
- BANCO MUNDIAL. Población Urbana 1960-2016. (Consulta: 10/04/2022). <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>, 2016.
- CARDONA, O. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. En: María Fernández (Comp.). *Ciudades en Riesgo*. Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina, 1996, p. 54-74.
- CASTRO, M. E. Habitabilidad, medio ambiente y ciudad. En: 2° Congreso Latinoamericano: El habitar, una orientación para la investigación proyectual (Buenos Aires, 6-9 de octubre de 1999). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires - Universidad Autónoma Metropolitana de México, 1999.
- CHARDON, AC. *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales. El ejemplo andino de Manizales*. Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 2002.
- CNID, CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO. Hacia un Chile resiliente frente a desastres: una oportunidad. Estrategia nacional de investigación, desarrollo e innovación para un Chile resiliente frente a desastres de origen natural. Santiago: CREDEN, 2016. (Consulta: 10/04/2022). <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2017/01/INFORME-DESASTRES-NATURALES.pdf>
- CORFO, CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN. *Geografía Económica de Chile*. (1950-1962). Volumen III. Santiago, Chile: Editorial Universitaria, 1962.
- CURIHUINCA, M. Modos de habitar un escenario de riesgo sísmico. El caso de la Falla San Ramón en el piedemonte de Santiago, Chile. Tesis de Magister en Urbanismo, Universidad de Chile, 2020.
- CUTTER, S.L., BORUFF, B.J. & SHIRLEY, W.L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science, Quarterly*, 2003, N° 84, p.242-226. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

DAVOUDI, S. & PORTER, L. Applying the Resilience Perspective to Planning: Critical Thoughts from Theory and Practice. *Interface. Planning Theory & Practice*, 2012, N° 13, N°2, p. 299–333. <https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124>

EASTON, G., INZULZA, J., PEREZ, S., EJSMENTEWICZ & JIMENEZ, C. Urbanización fallada? La Falla San Ramón como nuevo escenario de riesgo sísmico y la sostenibilidad de Santiago, Chile, *Revista de Urbanismo*, 2018, N° 38, p. 1-20. doi:10.5354/0717-5051.2018.48216

EERI, EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE. The 27 February 2010 Central South Chile Earthquake: Emerging Research Needs and Opportunities. Workshop Report, Oakland, California 94612-1934, 2010. (Consulta: 10/04/2022). [https://eeri.org/images/archived/wp-content/uploads/store/Free%20PDF%20Downloads/Chile-Workshop-Report\\_FINAL.pdf](https://eeri.org/images/archived/wp-content/uploads/store/Free%20PDF%20Downloads/Chile-Workshop-Report_FINAL.pdf)

HUSSAIN, E., ELLIOTT, J., SILVA, V., VILLAR-VEGA, M. & KANE, D. Contrasting seismic risk for Santiago, Chile, from near-field and distant earthquake sources. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2020, N°20 p. 1533-1555. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-1533-2020>

INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Síntesis de Resultados. CENSO 2017. Disponible en <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>, 2017

INZULZA-CONTARDO, J. & MORAN-FIGUEROA, P. Towards an analytical framework based on the principles of Civic Design. The case of post-earthquake Talca, Chile 2010–2016, *Cities*, 2017, N°72, B, p. 356-368. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.09.012>

IRP, INTERNATIONAL RECOVERY PLATFORM. A Strategic Framework. 2007. (Consulta: 10/04/2022). [www.recoveryplatform.org/](http://www.recoveryplatform.org/)

KEYS, P., GALAZ, V., DYER, M., MATHHEWS, N., FOLKE, C., NYSTROM, N. & CORNELL, S. Anthropocene risk, *Nature Sustainability*, 2019, N°2 p. 667–673. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0327-x>

LAY, T. The surge of great earthquakes from 2004 to 2014. *Earth and Planetary Science Letters*, 2015, N° 409, p. 133-146. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.10.047>

MANSILLA, E. Riesgo Urbano y Políticas Públicas en América Latina: La Irregularidad y el Acceso al Suelo. GAR 2011, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*, 2010. (Consulta: 10/04/2022) [https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Mansilla\\_2010.pdf](https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Mansilla_2010.pdf).

MASKREY, A. Los Desastres No Son Naturales. Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina, 1993. (Consulta: 10/04/2022). <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>

MDS, MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL. CASEN 2015. Ampliando la mirada sobre la pobreza y la desigualdad. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional. Metodologías, diagnóstico y desafíos para Chile y sus territorios (2006-2015). Santiago: Subsecretaría de Evaluación So-

cial, 2016. (Consulta: 10/04/2022). [http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/pobreza/AMPLIANDO\\_LA\\_MIRADA\\_SOBRE\\_LA\\_POBREZA\\_Y\\_LA\\_DESIGUALDAD.pdf](http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/pobreza/AMPLIANDO_LA_MIRADA_SOBRE_LA_POBREZA_Y_LA_DESIGUALDAD.pdf)

MENDOZA, A., SOLANO, C., PALENCIA, D. & GARCÍA, D. Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 2019, N°27(3), p.348-360. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>

MINVU, MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Avance en la entrega de soluciones habitacionales. Programa de Reconstrucción en Vivienda, Informe Marzo, 2013. (Consulta: 10/04/2022). [http://documentos.minvu.cl/otros\\_contenidos/informes\\_dipres/Documents/GLOSA%2003%20LETRA%20H\)%20-%201ER.%20TRIM.%202021.pdf](http://documentos.minvu.cl/otros_contenidos/informes_dipres/Documents/GLOSA%2003%20LETRA%20H)%20-%201ER.%20TRIM.%202021.pdf)

MINVU, MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Artículo 2.1.17 del Decreto N° 47 que fija el nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. Santiago: MINVU, 1992. (Consulta: 10/04/2022). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201>

MOSER, C. & STEIN, A. Implementing Urban Participatory Climate Change Adaptation Appraisals: A Methodological Guideline. Global Urban Research Centre Working Paper No. 5, The University of Manchester, 2010. (Consulta: 10/04/2022). [http://hummedia.manchester.ac.uk/institutes/mui/gurg/working\\_papers/GURC\\_wp5\\_web\\_000.pdf](http://hummedia.manchester.ac.uk/institutes/mui/gurg/working_papers/GURC_wp5_web_000.pdf)

NACIONES UNIDAS. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2018. (Consulta: 10/04/2022). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

NACIONES UNIDAS. Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2018<sup>a</sup>. (Consulta: 10/04/2022). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42144/2/S1800033\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42144/2/S1800033_es.pdf)

NACIONES UNIDAS. Terremoto en Chile Una primera mirada al 10 de marzo de 2010. Unidad de evaluación de desastres. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2010. (Consulta: 10/04/2022). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32838/S2010542\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32838/S2010542_es.pdf)

OLSHANSKY, R. & CHANG, S. Chapter 2. Planning for disaster recovery: emerging research needs and challenges. En Blanco, H., Alberti, M., Olshansky, R., Stephanie Chang, R., Wheeler, S., Randolph, J., London, J., Hollander, J., Pallagst, M., Schwarz, T., Popper, F., Parnell, S., Pieterse, E. & Watson, V. Shaken, shrinking, hot, impoverished, and informal: Emerging research agendas in planning, *Progress in Planning*, 2009, N° 72, p. 195-250. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2009.09.001>

ONEMI, OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA DE CHILE. Plan Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Plan Estratégico 2020-2030. Ministerio de Interior y Seguridad Pública, 2020. (Consulta: 10/04/2022). [https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/bitstream/handle/123456789/4110/PoliticaNacional\\_2020%28principal%29.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/bitstream/handle/123456789/4110/PoliticaNacional_2020%28principal%29.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

ONESTINI, M. Water Quality and Health in Poor Urban Areas of Latin America, *International Journal of Water Resources Development*, 2011, N° 27(1), p. 219-226. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.537244>

OSORIO, J. & OREJUELA J. El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*, 2008, N° 2(39). <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3217/1849>

OZERDEM, A. & RUFINI, G. L'Aquila's reconstruction challenges: has Italy learned from its previous earthquake disasters?, *Disasters*, 2013, N° 37(1), p. 119-143. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2012.01296.x>

PÉREZ-TELLO, S. Vulnerabilidades territoriales y desastres socionaturales. En Rebolledo, L. *Pensar Chile desde las Ciencias Sociales y las Humanidades*. Santiago: Editorial Universitaria, 2016.

PNUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Un informe mundial. La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el Desarrollo, Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación. EE.UU.: John S. Swift Co, 2004. (Consulta: 10/04/2022). [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr\\_esp\\_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr_esp_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf)

RAULD, R. Análisis morfoestructural del frente cordillerano de Santiago Oriente, entre el río Mapocho y la Quebrada de Macul. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, 2002

RAULD, R. Deformación cortical y peligro sísmico asociado a la falla San Ramón en el frente cordillerano de Santiago, Chile Central (33°S). Tesis de Doctorado en Ciencias, Mención Geología. Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2011.

RUIZ, S. & MADARIAGA, R. Historical and recent large megathrust earthquakes in Chile, *Tectonophysics*, 2018, N° 733, p. 37-56. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.01.015>

SAATY, T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. EEUU: McGraw-Hill International Book Company, 1980.

SEREMI MINVU RM, SECRETARÍA MINISTERIAL METROPOLITANA DE VIVIENDA Y URBANISMO. Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón (ID No640-27-LP10), Informe Etapa 3. Santiago: Territorio y Ciudad Consultores, 2012.

SERNAGEOMIN. Respuesta Sísmica de la Cuenca de Santiago. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Ambiental. Escala 1:100.000, 2003. (Consulta: 10/04/2022). <https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/index.asp?param=o%AD%88%92bl%99%8Co%5E&Op=3>

TUCKER, B. Reducing Earthquake Risk, *Science* 2013, N° 341(6150), p. 1070-1072. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1239236>

UN-HABITAT. City Resilience Profiling Tool. Guide, 2018. (Consulta: 10/04/2022). <http://urbanresiliencehub.org/wp-content/uploads/2018/07/CRPT-Guide-18.07-Pages.pdf>

UNISDR, UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters. Geneva: International Strategy for Disaster Reduction, 2017. (Consulta: 10/04/2022). <https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>

UNDP, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Understanding Social Conflict in Latin America. Bolivia: Fundación UNIR – UNDP, 2013. (Consulta: 10/04/2022). <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Understanding%20Social%20Conflict%20in%20Latin%20America%202013%20ENG.pdf>

USGS, U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Natural Hazards, 2013. (Consulta: 10/04/2022). [http://www.usgs.gov/natural\\_hazards/](http://www.usgs.gov/natural_hazards/)

VARGAS, G., FARIAS, M., CARRETIER, S., TASSARA, A., BAIZE, S. & MELNICK, D. Coastal uplift and tsunami effects associated to the 2010 M(w)8.8 Maule earthquake in Central Chile, *Andean Geology*, 2011, N° 38(1), p. 219-238. <http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV38n1-a12>

VARGAS, G., KLINGER, Y., ROCKWELL, T.K., FORMAN, S.L., REBOLLEDO, S., BAIZE, S., LACASSIN, R. & ARMIJO, R. Probing large intraplate earthquakes at the west flank of the Andes. *Geology*, N° 42(12)1083-1086, 2014. <https://doi.org/10.1130/G35741.1>

VARGAS, G. & REBOLLEDO, S. Paleo sismología de la Falla San Ramón e implicancias para el peligro sísmico de Santiago. Congreso Geológico Chileno, 13, Antofagasta, Chile, 05-09 agosto, 2012, pp.854-856.

WAMSLER, C. Bridging the gaps: stakeholder-based strategies for risk reduction and financing for the urban poor, *Environment and Urbanization*, 2007, N° 19, p. 115-142. <https://doi.org/10.1177/0956247807077029>

WINCHESTER, L. (2008). La dimensión económica de la pobreza y precariedad urbana en las ciudades latinoamericanas: Implicaciones para las políticas del habitat. *Eure*, 2007, 34(103), p. 27-47. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612008000300002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612008000300002)